

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS.**

**MARCOS ROBERTO AMANCIO PASCOAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - polo 09 UFERSA - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz

MOSSORÓ  
FEVEREIRO DE 2016



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**MARCOS ROBERTO AMANCIO PASCOAL**

**FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA  
DIDÁTICA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 09 UFERSA, campus Mossoró, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: 26/02/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz

Presidente da banca - UERN

Prof. Dr. Gilvan Luiz Borba

Examinador externo - UFRN

Prof. Dr. Geovani Ferreira Barbosa

Examinador interno - UFERSA

Profa. Dra. Jusciane da Costa e Silva

Examinador interno - UFERSA

MOSSORÓ- RN

FEVEREIRO DE 2016

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei n° 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei n° 9.610/1996. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

P281f Pascoal, Marcos Roberto Amancio.  
Física no Ensino Fundamental: uma proposta de  
sequência didática sobre circuitos elétricos. /  
Marcos Roberto Amancio Pascoal. - 2016.  
82 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em ,  
2016.

1. circuitos elétricos. 2. ensino fundamental.  
3. aprendizagem significativa. I. Ruiz, Prof. Dr.  
Carlos Antonio López, orient. II. Título.

o serviço de geração automática de ficha catalográfica para trabalhos de conclusão de curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o sistema de bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos cursos de graduação e programas de pós-graduação da universidade.

Aos amores da minha vida, Gabrielle  
Mesquita de Sousa e Lara Mesquita de  
Sousa Pascoal.

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Antonio Osana Pascoal e Maria Euvalda Amancio Pascoal, por terem conduzido meus passos e sempre zelado por minha educação.

À Gabrielle Mesquita de Sousa, minha dedicada esposa, e à Lara Mesquita de Sousa Pascoal, minha filha amada, pela compreensão nos momentos em que estive ausente e por todos as felicidades que vocês me proporcionam.

Ao criador do universo que concebeu uma natureza tão perfeita e cheia de mistérios para serem estudados.

Ao meu orientador Carlos Antonio López Ruiz, pelos seus valiosos ensinamentos e por sua paciência e simplicidade.

Aos professores do MNPEF do Polo UFERSA, pelo empenho e dedicação às aulas ministradas.

Aos meus colegas de turma por todos os momentos de descontração e estudos. Em especial, aos colegas de viagem Carlos Ronelli, Getúlio Marcos, Luis Fernando, Geovane Pessoa e Paulo Victor, que a amizade continue.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro por meio da bolsa concedida.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela coordenação deste Programa de Mestrado.

Ao Professor Marcos Antonio Bezerra da Costa, diretor da Escola Jenny Gomes, por autorizar nosso trabalho nesta escola.

À minha professora e amiga Marta Colaço por suas sugestões importantes que ajudaram a superar minhas dificuldades.

À tia Ivaneide Grizente, pela sua contribuição e apoio para a realização dessa pesquisa.

A todos os amigos e familiares que me incentivaram com palavras de força na elaboração deste trabalho.

*Se o conhecimento pode criar  
problemas, não é através da ignorância  
que podemos solucioná-los.*

*(Isaac Asimov)*

## **RESUMO**

### **FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE CIRCUITOS ELÉTRICOS**

**MARCOS ROBERTO AMANCIO PASCOAL**

Orientador:

Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz.

O presente trabalho trata da elaboração de uma proposta de sequência didática para o estudo de circuitos elétricos no nono ano do Ensino Fundamental. No seu planejamento utilizamos como referencial teórico documentos legais como a LDB, as recomendações presentes nos PCNs e aspectos das teorias da aprendizagem significativa de Ausubel, da mediação sócio cultural de Vygotsky e dos campos conceituais de Vergnaud. Atendendo a esse referencial teórico foi feito um levantamento do conhecimento prévio dos alunos, utilizado no planejamento e implementação da proposta de intervenção em sala de aula. São apresentadas atividades investigativas, contemplando a construção experimental e virtual de circuitos elétricos, utilizando o software gratuito PHET (Physics Education Technology). Conceitos tais como intensidade de corrente elétrica, voltagem e resistência, entre outros, são abordados de maneira eminentemente qualitativa. A importância atribuída pelos alunos ao estudo da energia elétrica, como eixo indispensável para o funcionamento do mundo moderno, trouxe forte motivação para a realização do presente trabalho.

Palavras-chave: circuitos elétricos, ensino fundamental, aprendizagem significativa.

## **ABSTRACT**

### **PHYSICS IN THE ELEMENTARY SCHOOL: A PROPOSAL FOR TEACHING SEQUENCE OF ELECTRICAL CIRCUITS**

**MARCOS ROBERTO AMANCIO PASCOAL**

Supervisor:

Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz.

This paper deals with the preparation of a proposal of didactic sequence for the study of electrical circuits in the ninth year of elementary school. In its planning used as a theoretical legal documents as the LDB, these recommendations in the PCNs and aspects of theories of meaningful learning of Ausubel, the socio-cultural mediation Vygotsky and conceptual fields of Vergnaud. Given this theoretical framework it was made a survey of students' prior knowledge used in planning and implementation of intervention proposed in the classroom. Investigative activities are presented, considering the experimental and computational modeling of electrical circuits using the free software PHET (Physics Education Technology). Concepts such as intensity of electric current, voltage and resistance, among others, are dealt with highly qualitative way. The importance attributed by the students to the study of electricity as an essential axis for the functioning of the modern world, brought strong motivation to carry out this work.

Keywords: electrical circuits, elementary school, meaningful learning.

## Sumário

INTRODUÇÃO.....	01
1. AS CIÊNCIAS NATURAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL.....	03
1.1 O Ensino Fundamental.....	03
1.2 Os conteúdos no Ensino Fundamental.....	08
1.3 Os conteúdos atitudinais no ensino de ciências.....	11
1.4 Os conteúdos procedimentais no ensino de ciências.....	14
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa.....	16
2.2 A Teoria da Mediação Sócio cultural.....	20
2.3 A Teoria dos Campos Conceituais.....	24
3. PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	27
3.1 Planejamento da sequência didática.....	27
3.2 Implementação da Sequência Didática.....	31
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
APÊNDICE A - O Produto.....	54
APÊNDICE B - Questionário pré-teste.....	67
APÊNDICE C - Elementos de circuitos elétricos.....	69
APÊNDICE D - Guia de trabalho para laboratório de ciências.....	70
APÊNDICE E - Guia de trabalho para construção virtual de circuitos elétricos, usando o PHET.....	74
APÊNDICE F - Questionário avaliativo pós-teste.....	77
ANEXO A - Termo de concessão para utilização de imagem.....	82

## **Introdução**

A Física é uma construção humana que constitui ferramenta importante para satisfazer as demandas da sociedade. Seu estudo torna a natureza compreensível e possibilita o desenvolvimento de tecnologias que nos proporcionam conforto, qualidade de vida e outras facilidades. Apesar da importância desta disciplina, seu ensino não tem despertado o interesse dos estudantes, evidenciando uma distância cada vez maior entre o que é ensinado em sala de aula e o mundo real. Muitos alunos concluem o ensino fundamental, carregando conceitos distantes do conhecimento científico.

As principais publicações nacionais, tais como a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) apontam a necessidade de traçar novas estratégias de aprendizagem, pois o cenário educacional evidencia um ensino descontextualizado, carente de significado, resumido à aplicação mecânica de equações e leis e à realização de exercícios repetitivos que pouco contribuem para a formação do espírito científico do indivíduo. Um ensino dirigido somente pela narrativa do professor, que não privilegia a atividade do aluno, não parece ser bom. Para que o conhecimento tenha significado para o sujeito, deve ser dado em atividade, em interação com o meio e com outros indivíduos.

O presente trabalho, estruturado em introdução, três capítulos e considerações finais, trata do desenvolvimento de uma proposta de sequência didática para o ensino de conceitos de corrente elétrica, voltagem e resistência elétrica, através do estudo de circuitos elétricos de corrente contínua. Foi aplicado em uma turma do nono ano do Ensino Fundamental, no ano letivo de 2015, na Escola Estadual Jenny Gomes na cidade de Fortaleza, estado do Ceará.

A caracterização do ensino de Ciências Naturais no Ensino Fundamental é feita no primeiro capítulo, com base na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) de 1998. São considerados aspectos tais como o posicionamento crítico dos estudantes e o desenvolvimento do pensamento lógico no questionamento da realidade, além da estratégia de contextualização na qual o sujeito atribui significados às situações de aprendizagem. Por meio das competências e habilidades delineadas nos PCNs, além dos conteúdos conceituais presentes no currículo, são discutidos os conteúdos atitudinais que despertam no aluno, um comportamento de indagação e os conteúdos procedimentais que consideram os processos relacionados com o saber fazer científico.

No segundo capítulo é apresentado o suporte teórico para a fundamentação deste trabalho. Justifica-se a divisão da turma em grupos, atendendo à teoria da mediação de Vygotsky. Os momentos de interação, a troca de experiências, a partilha de ideias, saberes e outros elementos de contextos sociais vividos acontecem sob a mediação do professor que deve oportunizar momentos de aprendizagem dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal dos alunos. A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel nos permite compreender as dimensões do processo de aprendizagem através da interação entre os conceitos prévios dos alunos, denominados pelo autor de subsunçores, e os novos conceitos adquiridos que devem assumir significado relevante em sua estrutura cognitiva. A partir das ideias de campo conceitual de Vergnaud elaboram-se situações para que os alunos encontrem sentido nos conceitos discutidos.

No terceiro capítulo é detalhado o processo de planejamento e desenvolvimento da sequência, além das dificuldades encontradas. Levam-se em consideração as recomendações dos PCNs e aspectos das teorias de aprendizagem apresentadas no capítulo anterior. Apresenta-se o contexto de aplicação da sequência, preocupando-se em reunir as ideias prévias dos alunos relacionadas aos temas: energia elétrica, condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica. Essas ideias são importantes para as discussões que seguem, a partir da utilização de material em texto e vídeo. Assim, novos saberes são incorporados para as aulas posteriores, voltadas à experimentação real e virtual.

Na manipulação dos materiais necessários à montagem dos circuitos elétricos trabalhados no Laboratório de Ciências, com base na guia de trabalho (Apêndice D), os alunos evidenciam suas habilidades investigativas, além de conteúdos procedimentais no processo de construção dos circuitos. No Laboratório de Informática da escola, com base na guia de trabalho (Apêndice E), acontecem as aulas de simulação computacional de circuitos elétricos onde são exploradas propriedades microscópicas dos circuitos e as relações entre grandezas físicas, tais como voltagem, corrente e resistência elétrica. Prossegue-se com uma aula para sistematizar os conceitos tratados e resolver possíveis conflitos conceituais. Finaliza-se a implementação da sequência didática com a aplicação de um questionário avaliativo (Apêndice F) para destacar pontos relevantes deste processo de aprendizagem.

A descrição detalhada do produto educacional produzido neste trabalho de mestrado esta disponível no Apêndice A com todas as instruções para que seja utilizado como material instrucional autoconsistente.

## CAPÍTULO 1

### AS CIÊNCIAS NATURAIS NO ENSINO FUNDAMENTAL

#### 1.1 O ENSINO FUNDAMENTAL

De acordo com a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB/96 (BRASIL, 1996) o Ensino Fundamental, obrigatório e com duração de 9 (nove) anos, a partir dos 6 (seis) anos de idade, junto com a Educação Infantil e o Ensino Médio é parte integrante da Educação Básica. Seu objetivo é estabelecido no artigo 32 da referida lei: “*a formação básica do cidadão, mediante*”:

[...] o desenvolvimento da capacidade de aprender, tendo como meios básicos o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo; [...] a compreensão do ambiente natural e social, do sistema político, da tecnologia, das artes e dos valores em que se fundamenta a sociedade; [...] a aquisição de conhecimentos e habilidades e a formação de atitudes e valores; [...] o fortalecimento dos vínculos de família, dos laços de solidariedade humana e de tolerância recíproca em que se assenta a vida social. (BRASIL, 1996, p.22)

O Ensino Fundamental possui uma base curricular nacional comum, complementada de acordo com as especificidades sócio culturais e econômicas de cada região. É regularmente ministrado em língua portuguesa, garantido o direito das comunidades indígenas de usar sua própria língua. Esta concebido em duas fases com características próprias, designadas por Anos iniciais do Ensino Fundamental, com duração de cinco anos, abrangendo da primeira à quinta séries e Anos finais do Ensino Fundamental, com duração de quatro anos, contemplando da sexta à nona séries. Cada ano letivo suporta uma carga horária de oitocentas horas, distribuídas em duzentos dias letivos (BRASIL, 2013).

A LDB/96 dispõe que os conteúdos do Ensino Fundamental deverão abordar, obrigatoriamente, estudos da “língua portuguesa, da matemática, do conhecimento do mundo físico e natural e da realidade social e política, especialmente do Brasil,” além do ensino de arte, educação física, ensino religioso e a partir da quinta série, será incluída, pelo menos, uma língua estrangeira moderna.

Consciente de que o cumprimento da LDB/96 pressupõe uma verdadeira revolução educacional no país, o Ministério da Educação, em 1998, publicou os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCNs (BRASIL, 1998). Eles pretendem orientar os professores, do ponto de vista

didático pedagógico, para que as finalidades da Educação Básica, declaradas nessa lei, sejam alcançadas. Nesse sentido, estruturam uma base curricular nacional comum para os ensinos fundamental e médio, em termos de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos educandos para a prática da cidadania, através de determinados conteúdos de ensino.

Acompanhando o estabelecido na LDB/96, os PCNs apresentam como objetivos do Ensino Fundamental:

[...] compreender a cidadania como participação social e política, assim como exercício de direitos e deveres [...]; posicionar-se de maneira crítica, responsável e construtiva [...]; construir progressivamente a noção de identidade nacional e pessoal [...]; conhecer e valorizar a pluralidade do patrimônio sociocultural brasileiro [...]; perceber-se integrante, dependente e agente transformador do ambiente [...]; agir com perseverança na busca de conhecimento e no exercício da cidadania; conhecer o próprio corpo e dele cuidar, valorizando e adotando hábitos saudáveis [...]; utilizar as diferentes linguagens [...] para produzir, expressar e comunicar suas ideias [...]; saber utilizar diferentes fontes de informação e recursos tecnológicos para adquirir e construir conhecimentos; questionar a realidade formulando-se problemas e tratando de resolvê-los, utilizando para isso o pensamento lógico, a criatividade, a intuição, a capacidade de análise crítica [...]; (PCN, 1998a, p.55)

Com a formação das competências e habilidades sugeridas nos PCNs, o Ensino Fundamental deverá inserir o estudante no exercício da cidadania, valorizando a participação do indivíduo no contexto social e político, desenvolvendo a prática do respeito mútuo, da tolerância e da solidariedade. Nesse sentido, pretende-se que o aluno adquira um posicionamento crítico e responsável sobre as situações e conflitos presentes em sua realidade, buscando o desenvolvimento de aspectos sociais e culturais de maneira a construir sua identidade. Reconhecendo-se como agente modificador, o indivíduo pode colaborar com a conservação do meio ambiente, desenvolvendo a prática de hábitos saudáveis, optando por uma melhor qualidade de vida. O sujeito deve aprender a confiar em suas capacidades cognitivas e construir relações pessoais, em busca de melhor inserção social.

Através do desenvolvimento de diversas linguagens visando a expressão e a comunicação de intenções, o estudante elabora seus conhecimentos partido da pesquisa em diversas fontes, usando as tecnologias disponíveis e o pensamento lógico, tornando-se capaz de questionar as realidades do meio em que esta inserido, verificando problemas e oferecendo alternativas de solução.

Os PCNs organizam as áreas de conhecimento dos ensinos fundamental e médio seguindo diretrizes gerais dispostas no artigo 26 da LDB/96. Seguindo essas diretrizes e

visando a formação do currículo para o Ensino Fundamental são apresentados os seguintes pressupostos das áreas:

- A língua portuguesa evidencia a necessidade de ampliar o domínio da língua e da linguagem como aprendizagens básicas essenciais para o desenvolvimento da autonomia do indivíduo;
- A matemática esta presente na realidade das pessoas em suas relações sociais e de trabalho, a partir do cálculo, da quantificação e da interpretação de gráficos e mapas;
- A Geografia como conhecimento do mundo físico, compreende o espaço geográfico e sua realidade social e política;
- As Ciências Naturais proporcionam aos alunos conhecimentos científico-tecnológicos, possibilitando uma compreensão de mundo que os torne capazes de analisar situações e entender, pelo menos em parte, os acontecimentos do mundo científico;
- O ensino de história do Brasil propõe estudos sobre diferenças e semelhanças entre culturas, incentivando a construção de relações entre presente e passado;
- O ensino da arte pretende levar as artes visuais, a dança, a música e o teatro para a escola;
- A educação física introduz o movimento do corpo com o propósito de lazer e de manutenção da saúde;
- A língua estrangeira como uma maneira de melhorar a percepção do estudante e ampliar suas condições de agir no mundo social, participando das mais diversas experiências humanas;
- Os temas transversais se encontram dentro das propostas dos PCNs, constituindo novas demandas da sociedade e problemas sociais relacionados à saúde, ética, meio ambiente, pluralidade cultural, orientação sexual, trabalho e consumo.

Essas áreas de conhecimento foram selecionadas pela sua relevância social, contemplando a formação plena dos alunos, além de serem potencialmente significativas para desenvolver as competências e habilidades esperadas e alcançar os objetivos propostos.

Em particular, a área de Ciências Naturais possibilita aos alunos compreender a natureza e suas transformações, propiciando uma conduta reflexiva, investigativa e crítica em relação aos processos tecnológicos, seus avanços e implicações sócio culturais. Para tanto, é importante refletir sobre o papel que se dá aos estudantes no processo de ensino aprendizagem, privilegiando a criação de situações de aprendizagem que impliquem na ativa participação dos alunos.

Nesse sentido, os PCNs não são omissos. Eles tentam esboçar relações desejáveis entre professor e aluno no processo de ensino aprendizagem.

[...] “No processo da problematização os estudantes farão tentativas de explicação segundo suas vivências, e isso pode ser insuficiente para a situação em estudo. Conflitos de compreensão e de explicação podem acontecer no processo. A participação do professor passa a ser fundamental para que as vivências e conhecimentos atinjam novo patamar, mais próximos das explicações próprias da Ciência. Cabe a ele trazer os conceitos científicos para o contexto, a fim de que contribuam no entendimento da situação e na resolução dos problemas constituídos no processo.” (PCN, 1998b, pág. 119)

Além da problematização, outra estratégia a ser considerada no ensino de ciências é a contextualização. Ela chama a atenção para que aos conceitos científicos, considerando o conhecimento prévio dos alunos, sejam atribuídos significados em um amplo espectro de situações de aprendizagem. Na escolha dessas situações de aprendizagem é importante contemplar os interesses e possíveis motivações dos alunos. Como assinala Sasseron (2010):

[...] é necessário preparar os estudantes para reconhecer informações, discriminar e selecionar aquelas que são relevantes para sua vida, perceber como certos acontecimentos têm relações e interagem com seu cotidiano, ser capaz de analisar e tomar decisões sobre assuntos que possam afetá-los de algum modo.[...] (Ibidem, p.2)

O estudo de ciências no Ensino Fundamental deve ser útil não somente para diminuir as dificuldades de aprendizagem dos conceitos científicos no Ensino Médio, mas também para desenvolver habilidades que serão necessárias para a formação cultural e profissional do indivíduo. Por meio do estudo de ciências, o aluno deve desenvolver a capacidade de reconhecer que os assuntos estudados na sala de aula estão presentes no contexto de sua realidade. No dizer de Sasseron (Ibidem):

[...] não basta mais que os alunos saibam apenas certos conteúdos escolares; é preciso formá-los para que sejam capazes de conhecer esses conteúdos, reconhecê-los em seu cotidiano, construir novos conhecimentos a partir de sua vivência e utilizá-los em situações com as quais possam se defrontar ao longo de sua vida. [...] (Ibidem, p.5)

Ao final do Ensino Fundamental, espera-se que a área de Ciências Naturais tenha propiciado que os estudantes sejam capazes de:

[...] compreender a natureza como um todo dinâmico e o ser humano, em sociedade, como agente de transformações do mundo em que vive [...]; compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica [...]; identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida [...]; compreender a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, sabendo elaborar juízo sobre riscos e benefícios das práticas científico-tecnológicas; compreender a saúde pessoal, social e ambiental [...]; formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos das Ciências Naturais, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado escolar; saber utilizar conceitos científicos básicos, associados a energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida; saber combinar leituras, observações, experimentações [...]; valorizar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para a construção coletiva do conhecimento. (PCN, 1998b, p.33)

Assim sendo, o ensino de ciências provocaria uma mudança na visão de mundo do aluno. Seu olhar sobre a natureza, na sua relação com a sociedade, deixaria de ser apenas contemplativo, passando a ser impregnado de um espírito reflexivo e investigativo, motivado por um propósito de inteligibilidade, visando a transformação do mundo. Ele conseguiria compreender que a Ciência não é neutra, isto é, esta ligada a aspectos de caráter econômico, social, político e cultural. Entenderia as relações, sócio culturalmente contextualizadas, entre o conhecimento científico e os produtos tecnológicos. Poderia refletir sobre possíveis soluções para problemas do cotidiano, seja a partir de conhecimentos relacionados às transformações de energia e matéria, seja através de atitudes voltadas para a manutenção da saúde individual e coletiva. Aprenderia formas de convivência social, através do trabalho em equipe no desenvolvimento de projetos de pesquisa e compartilhando vivências numa atmosfera crítico/construtiva.

Esses objetivos do Ensino Fundamental atribuídos à área de Ciências Naturais são detalhados em cada ciclo. Assim, na nona série, na qual os estudantes já contam com habilidades intelectuais mais consolidadas nos assuntos científicos, maior capacidade de estabelecer relações complexas e raciocínios abstratos, além de compreender as explicações mais formais da linguagem científica (TEIXEIRA, 2011), eles contemplam:

- A relação entre as necessidades do ser humano e da sociedade em que esta inserido, com o conhecimento científico, ou seja, entender como o desenvolvimento científico poderia atender essas exigências;
- Compreender o progresso tecnológico e os processos de transformação da energia e da matéria além de suas relações com os recursos do ambiente e com a vida;
- Considerar a utilização de modelos científicos para as mais diversas explicações construídas pela ciência;
- Realização de estudos individuais e cooperativos com outros colegas, relacionando as informações obtidas por meio de tabelas, gráficos e esquemas;
- Estudo das teorias geocêntrica e heliocêntrica sobre o movimento dos corpos celestes, sua relevância histórica e a quebra de paradigmas;
- Compreender a evolução dos seres vivos associando-a aos períodos de formação da Terra;
- Investigar as transformações da natureza que acontecem de forma espontânea e as provocadas pela ação do homem, reconhecendo a importância de preservar o meio ambiente;
- Estudar o corpo humano e a criação de medidas de prevenção de doenças e incentivo à saúde;
- Conhecer os aspectos da reprodução humana e meios contraceptivos.

## 1.2 OS CONTEÚDOS NO ENSINO FUNDAMENTAL

Após apresentar os objetivos do Ensino Fundamental, os PCN abordam os conteúdos de ensino, conceituando-os como meios para alcançar tais objetivos. Enfatizam que os conteúdos não constituem objetivos de ensino em si. E que o desafio das diferentes redes de ensino consiste em saber selecionar aqueles conteúdos que melhor contribuem para alcançar os objetivos da Educação Básica. Para sintonizar os conteúdos com os objetivos de ensino a tipologia dos primeiros é ampliada. Além dos conteúdos conceituais são contemplados também os procedimentais e atitudinais.

Nesse mesmo sentido, Zabala (1998) assinala que:

[...] Devemos nos desprender da leitura restrita do termo “conteúdo” e entendê-lo como tudo quanto se tem que aprender para alcançar determinados objetivos que não apenas abrangem as capacidades cognitivas, como também incluem as demais

capacidades. Deste modo, os conteúdos de aprendizagem não se reduzem unicamente às contribuições das disciplinas ou matérias tradicionais. Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e inserção social (Ibidem, p.30)

Os PCNs apresentam os conteúdos de Ciências Naturais para o Ensino Fundamental em forma de temas, que são estruturados em torno de quatro eixos a saber: (i) Terra e Universo, (ii) Vida e Ambiente, (iii) Ser Humano e Saúde, (iv) Tecnologia e Sociedade. Essa estrutura tem como finalidade *“evitar a excessiva fragmentação de objetivos e conteúdos e tornar possível uma abordagem menos parcelada dos conhecimentos.”* (PCN, 1998a, p.52). As Diretrizes Curriculares Municipais (TEIXEIRA, 2011), para o ensino de Ciências Naturais do 1º ao 9º ano do Ensino Fundamental no Município de Fortaleza também adotam os eixos temáticos propostos nos PCNs, não apresentando, portanto, como componentes curriculares específicos as disciplinas de Física, Química e Biologia como acontece no Ensino Médio. Porém, não será difícil perceber a seguir que conteúdos, tradicionalmente vinculados a estas disciplinas, são contemplados nos quatro eixos temáticos.

No eixo temático Terra e Universo explora-se a concepção de um universo infinito, adquirindo-se noções sobre as distâncias entre os corpos celestes e compreendendo a força gravitacional como uma interação fundamental que predomina sobre o movimento de todos os corpos do universo. Abordam-se as estações do ano, associando-as à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da sua órbita na translação do planeta em torno do Sol. Estudam-se os movimentos das placas tectônicas e a composição do planeta Terra. Discute-se a mudança no pensamento ocidental devido ao abandono do modelo geocêntrico e à adoção do modelo heliocêntrico do sistema solar. Neste eixo temático há espaço para discutir a natureza do conhecimento científico, sua contextualização sócio cultural, seu caráter provisório e paradigmático, sua relação com a tecnologia, entre outras coisas.

No eixo temático Vida e Ambiente discute-se como estão relacionados os diferentes fenômenos que envolvem o ar, a água, o solo, a luz, o calor e os seres vivos e quais as implicações sobre a dinâmica do planeta. Estuda-se a teoria da evolução dos seres vivos, juntamente com a história geológica do planeta. Abordam-se os processos de combustão, fotossíntese, respiração celular e outros fenômenos físico-químicos. Introduzem-se os conceitos de substância, mistura e reação química, propiciando o entendimento da

constituição da matéria a partir de certas partículas fundamentais. Presta-se atenção às transformações de energia e de matéria a partir da análise das cadeias alimentares.

O estudo do eixo temático Ser Humano e Saúde introduz as principais funções e sistemas do organismo humano, incluindo a organização do nível celular, a identificação de processos celulares como a respiração, síntese e eliminação de substâncias e o conceito de metabolismo. Apresenta-se o estudo dos processos de reprodução e as formas de transmissão das doenças sexualmente transmissíveis. Mostra-se a importância da vacinação e do sistema imunológico que constitui a defesa do nosso organismo. Não é difícil perceber neste eixo temático a presença marcante de assuntos relacionados à Biologia.

O eixo temático Tecnologia e Sociedade amplia o conhecimento sobre a produção tecnológica e o consumo de recursos naturais. Analisam-se os modos de obtenção de energia através do funcionamento de diferentes usinas, retomando assuntos sobre transformações de matéria e energia compreendidas nos processos tecnológicos. Traz-se a discussão sobre o uso consciente dos recursos naturais, a avaliação dos benefícios e prejuízos para a vida das pessoas e os impactos para o meio ambiente a partir do desenvolvimento de tecnologias ligadas à indústria, agricultura, transporte, etc. Destaca-se a importância da mineração para a obtenção de matéria-prima essencial à produção industrial e para geração de energia a partir do carvão mineral, gás natural e petróleo. Nessa lógica, deve-se compreender que os avanços tecnológicos acontecem no sentido de atender às necessidades humanas. O estudo deste eixo temático propicia o desenvolvimento de valores e atitudes com respeito à natureza do conhecimento científico, à aprendizagem de ciências e às relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Nele, a presença de assuntos intimamente relacionados com o saber da Física é significativa, como por exemplo, os processos de produção de energia e sua obtenção por diferentes tecnologias.

No presente trabalho pretendemos mostrar as potencialidades deste eixo temático - Tecnologia e Sociedade - para o desenvolvimento de estudos de Física, não apresentados nele de maneira explícita. Para tanto, como veremos mais na frente, relatamos a implementação de uma sequência didática sobre circuitos elétricos.

No planejamento dessa sequência didática levamos em consideração os resultados das pesquisas em ensino de ciências, alguns dos quais já foram mencionados acima, quando discutíamos os objetivos e conteúdos do Ensino Fundamental. Essas pesquisas em ensino de ciências propõem a realização de trabalhos que sejam colaborativos, em que o aluno seja ouvido pelo professor e pelos outros colegas do grupo, trabalhos que abram espaço para a

formulação de hipóteses e para que os alunos pensem maneiras de testá-las, tirando as próprias conclusões. Sugerem que o papel do professor não deve ser limitado a proferir conceitos que estão nos livros didáticos ou na internet, nem a dar respostas prontas. Ser professor é muito mais que isso, é saber conceber situações problemáticas abertas que propiciem a aprendizagem de forma significativa. Não é somente o aluno que deve estar pré-disposto a aprender, mas também o professor deve refletir sobre seus métodos e estratégias de ensino.

Novas estratégias de ensino deverão ser construídas, inspiradas na crítica do que se convencionou em chamar ensino tradicional, centrado nos conteúdos conceituais e no treino dos alunos para a mecanização do uso de algoritmos e equações. Nesse ensino tradicional, o conhecimento científico é transmitido por meio da explicação do professor, restando ao aluno, apenas a função de escutar e copiar (POZO, 2009).

O material instrucional produzido no âmbito de estudos deste mestrado, pretende superar uma concepção tradicional de ensino, visando despertar no aluno, um comportamento de indagação a partir de situações inovadoras. Os momentos vivenciados, além de trazer conhecimentos disciplinares, procuram iniciar o estudante em um mundo de investigação e descoberta, contando com a atitude cooperativa dos colegas e a participação ativa nas discussões mediadas pelo professor. Nesse contexto, a mudança de postura por parte do professor e dos alunos é de fundamental importância para o sucesso do aprendizado.

### 1.3 OS CONTEÚDOS ATITUDINAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

As aspirações acima mencionadas, norteadoras do planejamento da sequência didática estão intimamente relacionadas com a concepção de conteúdo atitudinal. Os PCN para os ensinos Fundamental e Médio concedem a esse tipo de conteúdo bastante importância, particularmente no Ensino Fundamental. Isso, porque formar atitudes que propiciem a educação científica no início da instrução escolar é mais fácil que tentar mudar atitudes, oriundas de outros espaços formativos que a dificultam.

Professores experientes sabem que a formação de conceitos científicos implica no uso de procedimentos e privilegia determinadas atitudes (ROSÁRIO *et al*, 2013). A separação dos conteúdos em conceituais, procedimentais e atitudinais representa um pertinente recurso analítico e didático que pretende superar uma tradição de ensino centralizada apenas nos conteúdos conceituais. Portanto, a maneira como o professor apresenta em sala de aula os temas de estudo, tem a capacidade de formar nos alunos, conteúdos atitudinais que podem influenciar nas condutas dos mesmos. O aprendizado de atitudes leva o aluno a uma maior

disposição para cooperar com o professor e com seus colegas ajudando a resolver os problemas da nossa realidade educacional (POZO, 2009).

Para superar as fragilidades do ensino tradicional, um dos grandes desafios é gerar mudanças de atitudes que promovam a curiosidade e o interesse pela ciência. Nas palavras de Pozo (Ibidem), uma das metas do currículo de ciências para a educação em atitudes, deve ser *“promover nos alunos certos valores relacionados com a natureza da ciência e suas implicações sociais.”* (Ibidem, p.33). O comportamento dos estudantes em sala, muitas vezes inclui a passividade e a indiferença, isso pelo fato dos professores não oportunizarem espaços de participação autônoma, muitas vezes *“não valorizamos suas próprias ideias ou então consideramos que elas não passam de erros conceituais.”* (Ibidem, p.34)

As mudanças de atitudes dizem respeito não apenas aos alunos, mas também aos professores. E isso implica em superar desafios. Um deles, assinalado nos PCNs, está relacionado com a necessidade de se aprofundar no estudo da História e da Filosofia das Ciências. Esse campo de conhecimentos permite entender melhor a natureza e as características do conhecimento científico. Propicia a superação por parte dos professores, de concepções alternativas ingênuas sobre a natureza da ciência, reveladas na pesquisa em ensino de ciências, que repercutem negativamente no seu ensino na Educação Básica.

As atitudes com respeito à ciência promovem nos alunos hábitos para que enxerguem os problemas relacionados à sua natureza como construção social do conhecimento, despertando a atitude crítica e reflexiva, estimulando uma concepção histórica do conhecimento científico. As teorias científicas, juntamente com seus conceitos e leis, são construções humanas que modelam a estrutura do mundo. Os conhecimentos incorporados nessas teorias possibilitam a construção de uma nova cultura educacional que transforma a mente do aprendiz, fazendo com que ele se aproprie dos produtos e processos culturais (Ibidem, 2009).

As atitudes em relação ao estudo de ciências também devem ser consideradas no seu ensino. O aluno deve aprender a ciência de forma construtiva, atribuindo significados aos princípios, teorias, leis e conceitos objeto de estudo. E essa atribuição de significados deve ser propiciada nos mais variados contextos de aprendizagem possíveis, levando em consideração a história de vida dos alunos, formadora de seus conhecimentos prévios. Acredita-se que assim atuando no processo de ensino aprendizagem, o aluno adquire interesse pela ciência, eleva sua autoestima, confirmando suas capacidades para aprender de forma colaborativa com seus colegas e professores. Na implementação da sequência didática incentiva-se tal

comportamento dos alunos. Criam-se situações de aprendizagem desafiadoras, tanto do ponto de vista do conteúdo conceitual, relacionado aos circuitos elétricos, quanto do conteúdo procedimental implícito nas experimentações real e virtual.

Outro aspecto relacionado com o conteúdo atitudinal no ensino de ciências tem a ver com as implicações sociais da ciência – a influência que os artefatos e concepções científicas exercem sobre nossa vida em sociedade. Tornar explícita essa influência com as vantagens e possíveis perigos que a caracterizam é também um dos objetivos da educação científica no Ensino Fundamental, pelas razões anteriormente mencionadas. Nesse sentido, a realização de intervenções em sala de aula utilizando o referencial teórico e as experiências da dimensão CTSA - que no Ensino de Ciências é conhecida como Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - constitui boa opção didático pedagógica.

A motivação é uma condição indispensável para provocar mudança de atitudes. E, a sua falta é um diagnóstico preciso para os problemas apresentados na aprendizagem dos alunos. Pozo afirma que *“sem motivação não há aprendizagem escolar”* (2009, pag. 40). Mas, que motivos ou justificativas são oferecidos aos alunos para que eles se esforcem em aprender ciências? A responsabilidade sobre o fracasso da aprendizagem não deve ser atribuída somente aos alunos, visto que, os resultados apresentados são reflexo do ensino recebido. O ensino não consiste apenas no ato de ensinar em si, mas na mobilização para a aprendizagem.

Na análise de Pozo sobre as causas da aprendizagem deficiente de ciências, coloca-se a seguinte reflexão: os alunos não aprendem porque não estão motivados ou será que não estão motivados porque não aprendem? Numa análise mais complexa, a motivação é concebida não só como uma causa dos problemas de aprendizagem, mas também como uma consequência. Para Claxton (1984, *apud.* 2009, p.41) *“motivar é mudar as prioridades de uma pessoa, suas atitudes perante a aprendizagem”*.

Para muitos professores, gerar motivação é uma tarefa impossível. Mas então como fazer para motivar? Como fazer para gerar interesse nos alunos? A realidade do sistema educacional ainda é mais seletiva do que formativa. E a forma de motivação usada para trabalhar com os alunos ainda se baseia no tradicional sistema de prêmios e castigos. Segundo Pozo, *“a verdadeira motivação pela ciência é descobrir o interesse, o valor de aproximar-se do mundo, indagando sobre sua estrutura e natureza, descobrir o interesse de fazer-se perguntas e procurar as próprias respostas”* (Ibidem, p. 43).

A atitude que mobiliza para a aprendizagem deve ser o desejo que o aluno sente pelo seu objeto de estudo. Isso faz com que ele queira compreender aquilo que estuda, dando-lhe significado. Para Novak e Gowin, (1984, *apud*. Ibidem, pag. 43) “*os motivos intrínsecos ou o desejo de aprender estão tipicamente mais vinculados com um aprendizado construtivo, à procura do significado e do sentido daquilo que fazemos*”.

Uma estratégia de motivação deve identificar o que é interessante para o aluno, propiciar um trabalho colaborativo, onde o aluno possa mostrar sua autonomia e sua participação ativa. “*A motivação não é algo que está ou não está no aluno, mas que é resultado da interação social na sala de aula*” (Ibidem, p.44). Dessa forma, para gerar um interesse intrínseco pela ciência é necessário fomentar um ensino que produza novas atitudes e prioridades para o aluno.

#### 1.4 OS CONTEÚDOS PROCEDIMENTAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma das fragilidades do ensino tradicional de ciências tem sido a desmedida preocupação com os produtos – conceitos, leis, teorias, fórmulas, etc. – em detrimento dos processos constitutivos desses produtos. Esse tipo de ensino não valoriza ou desconhece os resultados da pesquisa em ensino de ciência que mostram a impossibilidade de seu ensino sem considerar determinados processos e procedimentos. Na melhor das ocasiões, o ensino tradicional deixa implícita essa dimensão do saber científico. Para tornar explícita e se aprofundar na natureza dessa dimensão processual/procedimental do conhecimento científico, na didática das ciências se introduz o conceito de conteúdo procedimental. Ele diz respeito aos processos relacionados com um saber fazer. Portanto, trata-se de um conteúdo fundamental que deve estar incluído nos currículos de ciências. Assim, por exemplo, um dos pilares da educação na contemporaneidade: aprender a aprender, implica no domínio de procedimentos relacionados com a busca, processamento e uso da informação. Aprender ciências é também descobrir procedimentos para a sua aprendizagem, transformando conhecimentos conceituais em sequências de ações dirigidas a alcançar um objetivo (COLL e VALLS, 1992).

Pozo (Ibidem) destaca dois tipos de procedimentos: as técnicas e as estratégias. As técnicas são ações automáticas decorrentes da repetição. Enquanto as estratégias requerem decisões planejadas sobre ações que serão tomadas. As estratégias são constituídas de técnicas e o êxito obtido na aplicação de uma estratégia depende do controle da técnica utilizada. Porém, no ensino de conteúdos procedimentais a ênfase deve recair nas estratégias. Esse

posicionamento teórico, quando incorporado na reflexão sobre uma das atividades mais comuns no ensino de ciência: a resolução de problemas, alerta para o uso indiscriminado de determinados algoritmos de solução sem a devida contextualização e atribuição de significados.

Como foi indicado anteriormente, os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais andam juntos. Procedimentos não se aprendem em abstrato. Eles são inerentes a determinados domínios de conhecimento conceitual. Por isso, não existem estratégias para resolver qualquer tipo de problema. Há estratégias específicas para determinadas classes de problemas. No que diz respeito à relação do conteúdo procedimental com o atitudinal, uma forte motivação intrínseca sempre vai favorecer, significativamente, qualquer tipo de aprendizagem. “O desejo de aprender é uma condição essencial para que o aluno se envolva em uma aprendizagem autônoma e tome decisões estratégicas a respeito de seu aprendizado” (Ibidem, pag. 51).

Para facilitar o trabalho dos professores com os conteúdos procedimentais, Pozo e Postigo (1994, *apud*. Ibidem) propõem uma classificação destes, contemplando: a aquisição de informação, a interpretação da informação, a análise da informação e realização de inferências, a compreensão e organização conceitual da informação e a comunicação da informação (Ibidem). À luz do vasto campo de procedimentos a serem ensinados, independentemente das possíveis limitações dessa classificação, ela tem o valor de sugerir aos professores, certo nível de prioridades na escolha desses conteúdos. Uma vez definido o conteúdo procedimental a ser ensinado, cabe ao professor elaborar as situações de aprendizagem que melhor o veiculam.

No planejamento da sequência didática considera-se o acima exposto sobre os conteúdos procedimentais. Observa-se, a seguir, que as situações de aprendizagem foram concebidas de forma a privilegiar estratégias para lidar com circuitos elétricos, utilizando as construções experimental e virtual.

## **CAPÍTULO 2**

### **FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Elementos da fundamentação teórica desta dissertação já foram apresentados no primeiro capítulo ao abordar o ensino das ciências da natureza no Ensino Fundamental. Eles dizem respeito, fundamentalmente, a duas importantes categorias didáticas – objetivos e conteúdos de ensino. Mesmo assim, dedica-se este segundo capítulo a explicitar três referenciais teóricos que nortearam nosso trabalho, indo além da reflexão sobre essas categorias didáticas: a teoria da aprendizagem significativa, de David Ausubel; a teoria da mediação sociocultural, de Lev Vygotsky e a teoria dos campos conceituais, de Gérard Vergnaud. Na teoria de Ausubel considera-se a importância da existência dos conhecimentos prévios dos alunos e as conexões estabelecidas entre estes conceitos iniciais, denominados pelo autor de subsunçores, e os novos conceitos que passarão a adquirir significado relevante para o aluno. Contempla-se, também, o potencial significativo do material didático utilizado e a disposição do sujeito em aprender.

Utilizando conceitos da teoria da mediação de Vygotsky, os alunos foram envolvidos em situações de aprendizagem, onde tiveram oportunidade de trocar experiências, dialogar sobre suas ideias e outros elementos de seus contextos sociais vividos. Os processos de mediação foram proporcionados por meio da organização da turma em grupos compostos de 3 a 5 alunos para realizar as atividades da sequência didática proposta nesta dissertação. Nesses grupos as ideias dos alunos foram postas em conflito, permitindo o intercâmbio de significados. Durante esse processo de partilha de conhecimentos, o aluno necessita da figura do professor como mediador, que levando em conta os ensinamentos de Vygotsky sobre a aprendizagem dentro da Zona de Desenvolvimento Proximal - *ZDP* - facilita a aprendizagem do aluno.

A teoria dos campos conceituais aborda aspectos que estão presentes neste trabalho, como as situações problema propostas aos alunos. De acordo com a teoria as situações foram concebidas para dar sentido aos conceitos em estudo.

#### **2.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**

Ao comentar sobre aprendizagem significativa e a importância do conhecimento prévio, Moreira diz que:

[...] é importante reiterar que a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos e que essa interação é não-literal e não arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva. (2011, p.14)

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel para que haja uma boa aprendizagem, deve acontecer uma interação entre o novo conteúdo e algo que o aluno sabe, ou já conhece. Ocorre dizer que a importância do conhecimento prévio para se obter uma aprendizagem significativa não parte de qualquer ideia prévia, mas sim de conhecimentos importantes já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. O novo conteúdo não vai interagir arbitrariamente com qualquer ideia que esteja na cabeça do aprendiz, mas com apenas alguns conceitos bem específicos que estão presentes na estrutura cognitiva. A interação não-literal ocorre no sentido do sujeito construir relações entre os conceitos novos e prévios, modificando e incrementando elementos aos conceitos prévios, tornando os subsunçores mais elaborados e atribuindo novos significados aos conceitos recém tomados. Nesse sentido, o sujeito não apenas reproduz ao pé da letra o discurso do professor, mas constrói suas próprias proposições de forma substantiva.

Peck e Wilson (1999, *apud* JONASSEM, 2007) declaram que a aprendizagem significativa esta associada a alguns fatores como a integração dos alunos com o ambiente e a manipulação dos objetos disponíveis, passando a observar os efeitos das suas intervenções, construir as suas próprias interpretações do fenômeno observado e dos resultados da sua manipulação. Quando o aluno integra novas experiências e interpretações no seu conhecimento prévio sobre o mundo, passa a refletir para explicar aquilo que observa. Cabe ao professor oportunizar meios que incentivem a interação, a colaboração, o respeito mútuo entre os alunos. Novos interesses e motivações proporcionam um novo sentido a todo o processo de aprendizagem. Outra questão pertinente à aprendizagem significativa, diz respeito à contextualização dos conteúdos, enquadrando uma situação do mundo real ou uma situação simulada num ambiente de aprendizagem baseado em resolução de problemas.

A teoria de Ausubel, segundo Moreira (2011), leva em conta a importância do sujeito, mas também ressalta o papel do docente na proposição de situações que favoreçam a aprendizagem. Nessas situações evidenciam-se duas premissas básicas que já foram mencionadas para que a aprendizagem significativa ocorra: o conteúdo a ser ensinado deve ser potencialmente significativo e o estudante precisa estar disposto a relacionar o material de

maneira consistente e não arbitrária. A primeira condição é que os livros, as aulas, ou aplicativos utilizados em sala de aula tenham sentido lógico podendo ser relacionáveis de maneira não-arbitrária e não-literal na estrutura cognitiva do aprendiz. A segunda condição requer que o aprendiz disponha em sua mente de ideias-âncora relevantes que possam ser relacionadas com o material de estudo. Com isso o subsunçor ficará cada vez mais cheio de significados, facilitando assim novas aprendizagens. Vejamos o que diz o autor:

[...] o subsunçor Conservação da Energia poderá servir de ideia – âncora para um outro novo conhecimento: a Conservação da Quantidade de Movimento, uma outra lei geral da Física. Analogamente, a conservação de outras grandezas físicas como o momentum angular e a carga elétrica adquirirão significados por interação com o subsunçor constituído pelas leis de conservação já significativas. (2011, p.15)

Moreira enfatiza que o material não será, necessariamente, significativo, podendo apenas apresentar um potencial significativo, pois, segundo ele não existe livro, nem aula, nem problema significativo, pois, são as pessoas que dão significados aos materiais. Contudo, os significados atribuídos pelo aluno podem ainda, não concordar com o contexto científico da matéria de ensino.

Não ocorre dicotomia entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica e sim a existência desse contínuo entre uma e outra. Passar de uma aprendizagem mecânica para uma aprendizagem significativa requer práticas que dependem da *“existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor, na prática,”* (2011, p.32). Isso significa que para haver aprendizagem significativa o aluno deverá compreender, explicar, transferir conhecimento, descrever e enfrentar novas situações e deverá ter o professor como mediador desse processo de ensino aprendizagem.

A partir de conceitos gerais já incorporados pelos alunos, o conhecimento passa a ser construído por meio das conexões com novos conceitos e da compreensão das novas informações, o que dá significado real ao conhecimento adquirido. As ideias novas só podem ser apreendidas e retidas de maneira útil caso se refiram a conceitos e proposições já disponíveis na estrutura cognitiva do aprendiz proporcionando âncoras conceituais.

Para Ausubel deve-se levar em conta o que o estudante já sabe. (MOREIRA, 2011). Caso isso não ocorra, segundo ele, não haverá uma boa aprendizagem e todo o esforço dedicado ao processo originará resultados e aprendizagens não duradouras, pois o novo

conhecimento não tem onde se ancorar na estrutura cognitiva do sujeito. O ponto de partida do processo de aprendizagem está no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito; adequado para interagir com nova informação.

A aprendizagem significativa ocorre de fato, quando a nova informação ancora-se em conceitos relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz, definida como estrutura hierárquica de conceitos que são representações de experiências sensoriais do indivíduo. A ocorrência da aprendizagem significativa implica o crescimento e modificação do conceito subsunçor. Segundo Moreira:

[...] voltando ao exemplo da Conservação da Energia, pode-se pensar que para um certo estudante, esse seja em uma dada época, um subsunçor hierarquicamente superior a outros conhecimentos de Física que ele adquiriu, mas ao longo de suas aprendizagens, ele poderá construir o subsunçor Leis de Conservação, que abrangerá a Conservação da Energia, ou seja, será hierarquicamente superior. (Ibidem, p.19)

O subsunçor é, portanto, um conhecimento estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende e que permite, por interação, dar significado a outros conhecimentos. Nesse processo, o sujeito usará seus conhecimentos prévios, que o ajudarão na aquisição de novos conhecimentos, ao mesmo tempo em que os conceitos anteriores vão ficando mais estáveis, mais ricos e mais elaborados, tomando significados mais consistentes com a teoria científica. Esse conhecimento prévio nem sempre funciona como “*variável facilitadora*”, pois em alguns casos poderá ser “*bloqueadora*” como diz Gaston Bachelard, citado por Moreira “*há casos em que o conhecimento prévio pode ser bloqueador*”. (2011, p.23)

Gaston Bachelard chamou esse bloqueio na aprendizagem de “*obstáculo epistemológico*”. Cita como exemplo: “*o átomo como sistema planetário em miniatura também funciona como obstáculo representacional para a aprendizagem da estrutura do átomo na perspectiva da Mecânica Quântica*” (2011, p.23).

Acompanhando as ideias de Moreira existe outro aspecto da aprendizagem significativa que a apresenta não como uma expressão de aprendizagem correta, pois os conhecimentos prévios podem ter sido aprendidos pelo aluno de forma significativa e não serem aceitos no contexto escolar. Esse autor também comenta que “*se o esquecimento for total, como se o indivíduo nunca tivesse aprendido um certo conteúdo, é provável que a aprendizagem tenha sido mecânica, não significativa*” (2011, p.18). A aprendizagem

mecânica, para o autor, resulta de avaliações e procedimentos de ensino que servem apenas para estimular a memorização de conteúdos sem significado.

Na aprendizagem significativa, existem ainda dois processos principais para o desenvolvimento cognitivo do aprendiz: a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora. Para Moreira a diferenciação ocorre a partir das interações, em que um dado subsunçor, conhecimento previamente adquirido, vai *“de forma progressiva, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas”*. (2011, p.20) O segundo processo busca eliminar as possíveis diferenças nos conceitos envolvidos, elucidar incoerências e incertezas, procurar semelhanças em vista de integrar os significados. Esse processo ocorre de forma simultânea ao da diferenciação progressiva.

Não se deve esquecer que a facilitação de aprendizagem significativa não depende apenas de novas estratégias metodológicas de ensino, mas de novas posturas e novas filosofias. Para Moreira talvez seja necessário diferentes formas de avaliar. Segundo o autor *“no cotidiano escolar, a avaliação é muito mais behaviorista do que construtivista, determinando largamente as práticas docentes”* (Ibidem, p.51). As provas produzidas são do tipo sabe ou não sabe, sem entrar na questão do significado. Essa postura promove uma aprendizagem mecanicista.

Para Ausubel, citado por Moreira, a avaliação da aprendizagem deve *“propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento adquirido”* (Ibidem, p.51) e não simplesmente o certo ou errado. É necessário que o aluno refaça o que aprendeu, que possa comunicar os significados que está adquirindo, que explique, organize suas ideias e fundamente suas respostas.

## 2.2 A TEORIA DA MEDIAÇÃO SÓCIO CULTURAL

O ser humano está em contínuo processo de aprendizagem, seja através de relações sociais com diferentes sujeitos ou vivenciando situações. Os processos interativos são imprescindíveis para o desenvolvimento humano e para a aprendizagem, pois é através deles que o indivíduo evolui cultural e socialmente, criando vínculos que são fundamentais para que possa efetivar-se como elemento ativo na sociedade. Nesse entendimento, o processo de aprendizagem depende diretamente da interação entre os pares (MELLO, 2012).

Para Daniels (2003), na teoria sociocultural de Vygotsky, a aprendizagem e o desenvolvimento cognitivo do sujeito são explicados como processos mediados. Dessa forma,

são concebidos em correspondência com o contexto social e cultural que permeia as relações do indivíduo. Vygotsky evidencia que o processo de socialização é que torna possível o desenvolvimento das funções psicológicas superiores que envolveriam raciocínios mais complexos e abstratos como planejamento e imaginação.

[...] Em uma abordagem sócio-histórica/cultural, a aprendizagem de qualquer conhecimento novo parte do OUTRO, [...] Assim, a aprendizagem é entendida, independentemente da idade, como social e contextualmente situada, como um processo de reconstrução interna de atividades externas, em que a relação social tem o papel primário [...] (MAGALHÃES, 1996, p.3)

O processo de mediação ocorre por meio de relações sociais que se estabelecem entre professor e aluno ou entre alunos. Para que o aluno possa internalizar os conceitos trabalhados são utilizados como mediadores os instrumentos e signos. Os instrumentos utilizados neste trabalho incluem o material didático com suas guias de trabalho, os materiais usados no laboratório de ciências e o software que foi investigado e estudado no laboratório de informática. Os signos que se apresentam por meio de relações de causa e efeito, representações, imagens e conceitos também procuram mediar a conduta do aprendiz com os elementos e modelagens da física. Assim sendo, o material aqui produzido se presta a contribuir conjuntamente à mediação do professor, no desejo de oportunizar aos alunos, especificamente, uma familiaridade com o sistema de signos pertinentes ao estudo da eletricidade.

Oportunizar ao aluno condições para que possa assimilar os conhecimentos aceitos por uma comunidade científica, exige do professor uma disposição em planejar suas ações, em elaborar um material potencialmente significativo para orientar o comportamento, a observação e a análise investigativa dos alunos através das interações sociais entre os pares. Acontece que a interação pode resultar em aprendizagem dependendo do contexto que o educador disponibiliza para o aluno, no sentido de fazê-lo pensar, questionar, se comunicar, colocar em prática as ideias e partilhar as informações com outros colegas em um ambiente colaborativo de aprendizagem. Dessa forma a intervenção pedagógica pode ser potencializada significativamente viabilizando a apropriação de novos conhecimentos e a construção do saber coletivo (MELLO, 2012).

Papert (2008) comenta que o professor deverá proporcionar meios de instruir, oferecendo melhores oportunidades de construção de conhecimento. Papert defende também

que o pensamento de Vygotsky, no que se refere à mediação do conhecimento, deverá incentivar o aluno e promover liberdades de escolha, a fim de que possam realmente integrar-se no processo de ensino e aprendizagem.

Vygotsky caracteriza o processo de aprendizagem a partir de conceitos espontâneos trazidos pelos alunos de acordo com suas experiências e vivências, considerando a importância de trabalhar esses conceitos iniciais na formação dos conceitos científicos (MOREIRA, 2011). Os conflitos cognitivos entre os conhecimentos prévios e conhecimentos científicos desencadeiam o início do processo de aprendizagem. Os novos conceitos serão internalizados através de sua interação com os conceitos prévios que o aluno carrega. Seja por meio de diálogos ou problemas a serem resolvidos o aluno pode compartilhar o significado adquirido com o professor. Para Vygotsky, a aprendizagem se completa quando professor e aluno compartilham os mesmos significados.

No processo de mediação os alunos integram novas experiências aproveitando seus conhecimentos prévios sobre o mundo. Passam a tomar suas próprias decisões e criar estratégias conectadas com os objetivos de aprendizagem que se desejam. Com isso, conseguem assimilar o conhecimento, por meio dos resultados e conclusões que vão surgindo ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Nesse processo de ensino, o aluno é agente protagonista de sua aprendizagem, passando a resolver problemas independentemente ou com ajuda de seus pares, elaborando seu desenvolvimento cognoscitivo através de comportamentos colaborativos. De acordo com Moreira *“crianças, adolescentes, adultos, moços e velhos, geralmente não vivem isolados; estão permanentemente interagindo socialmente em casa, na rua, na escola, no trabalho”* (2011, p.92). Moreira também lembra que a mediação do professor é determinante no processo de ensino e aprendizagem.

[...] A zona de desenvolvimento proximal define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão no processo de maturação. É uma medida do potencial de aprendizagem; representa a região na qual o desenvolvimento cognitivo ocorre; é dinâmica e está constantemente mudando. (2011, p.95)

Na concepção de Vygotsky quando o aluno avança de um conceito cotidiano na direção de um conceito científico, para que haja uma boa aprendizagem, esse processo deve ocorrer dentro de uma Zona de Desenvolvimento Proximal. Trata-se de um conceito fundamental na teoria de Vygotsky onde todo o trabalho de mediação é executado a partir da identificação dessa zona de desenvolvimento. Podemos entender a *ZDP* como a diferença

entre o nível de desenvolvimento real do aprendiz, ou seja, o que ele consegue fazer sem ajuda e o nível daquilo que o sujeito consegue aprender na companhia de um agente mais capaz (desenvolvimento potencial). O objetivo dessa metodologia de trabalho de Vygotsky é levar o sujeito a fazer sozinho aquilo que outrora fazia por meio de alguma intervenção.

O conteúdo trazido pelo professor para ser discutido em aula, deve ser contextualizado, ou seja, o aluno precisa reconhecê-lo como conhecimento útil, além de estar em conformidade com o nível de desenvolvimento cognitivo do estudante. É completamente desastroso para a aprendizagem não respeitar a capacidade intelectual do aluno, por isso é realmente importante observar se a atividade pedagógica que foi proposta encontra-se dentro dos limites da *ZDP* do aprendiz.

As tarefas tornam-se mais atraentes para os alunos quando eles podem expressar suas ideias, envolver-se no processo de aprendizagem de forma interativa, trazendo seu ponto de vista para as discussões tomadas, finalmente, percebe-se que a participação ativa do aluno é grande pressuposto para a aprendizagem.

A interação social referida por Vygotsky atua fortemente na aplicação das propostas sugeridas neste trabalho. Constata-se a participação dos alunos na tomada de decisões, de maneira a exercer seu papel como sujeito ativo, propiciando assim, avanços na aprendizagem e momentos decisivos para a construção do conhecimento.

Só há aprendizagem quando o ensino é captado com significado para o aluno, ou seja, quando as proposições e experiências possuem um sentido lógico, apresentando relevância para o sujeito na resolução de novos problemas. Moreira, a respeito disso, comenta:

[...] “é preciso entender que a aprendizagem é significativa quando novos conhecimentos (conceitos, ideias, proposições, modelos, fórmulas) passam a significar algo para o aprendiz, quando ele é capaz de explicar situações com suas próprias palavras, quando é capaz de resolver problemas novos, enfim, quando compreende”.  
(Ibidem, p.60)

No processo de apropriação do conhecimento a mediação deverá acontecer simultaneamente às interações e intercomunicações, nas quais a linguagem, enquanto sistema articulado de signos linguísticos é fundamental. Sem dúvida, a linguagem humana, como construção histórica, exerce grande importância para a aprendizagem significativa de qualquer conteúdo.

Atualmente o ensino deverá estar voltado para abordagens construtivistas, na finalidade de incentivar a aquisição, construção e partilha do conhecimento, Distanciar-se de práticas tradicionais de ensino deverá ser o papel de todas as disciplinas escolares, caso contrário, estaremos apenas reproduzindo antigos modelos educacionais que não preparam o aluno para as necessidades e transformações no mundo contemporâneo.

A interação tem como consequência para o sujeito, o despertar de um pensamento reflexivo e isso é de suma importância para a construção de conceitos que sejam significativos. Esse tipo de aprendizagem em que o aluno participa, observa e questiona, vem de encontro ao ensino voltado para o “decoreba”, que gera um conhecimento inerte, sem efeito e sem sentido.

### 2.3 A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS

Vergnaud evidencia como ponto central de sua teoria dos campos conceituais que o desenvolvimento cognitivo do sujeito através da aprendizagem é determinado pelas situações e problemas pelas quais o indivíduo é submetido.

A teoria dos campos conceituais analisa como o sujeito aprende em situação, ou seja, estuda a interação sujeito-situação ou ainda o desenvolvimento cognitivo do indivíduo quando submetido à resolução de um conjunto de tarefas (CARVALHO, 2008).

Fazendo um paralelo com a teoria da mediação de Vygotsky, a aprendizagem em campos conceituais sofre influência das situações e interações vivenciadas pelo indivíduo. Vergnaud declara a importância das interações sociais, no sentido de conceder ocasiões favoráveis ao desenvolvimento dos esquemas dentro da zona de desenvolvimento proximal do indivíduo (MOREIRA, 2002).

Para Vergnaud um campo conceitual é definido como:

[...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros e, provavelmente, entrelaçados durante o processo de aquisição (1982, p.40).

O conjunto de problemas e situações trabalhados neste material contemplam tarefas empíricas e simuladas através de software no computador, além das discussões sobre o texto e vídeo apresentados. Os conteúdos e operações de pensamento precisam estar estreitamente relacionados, pois definem a estrutura que compõe o campo conceitual. No caso deste

trabalho, os conceitos da Física que serão estudados pertencem ao campo conceitual da eletricidade.

No processo de conceitualização do real, as situações são muito importantes, pois são elas que dão sentido aos conceitos investigados durante o processo de aprendizagem. O sujeito interage com as situações atribuindo-lhes um sentido e somente a partir do confronto com determinadas situações é que os conhecimentos dos alunos serão progressivamente construídos.

O esquema, outro conceito importante na teoria de Vergnaud, diz respeito a uma tomada de conduta organizada, por parte do aprendiz, voltada para a resolução de uma classe de situações. No processo de formulação do esquema, o sujeito organiza suas ações, elabora proposições e categorias de pensamento que representam a realidade que está sendo estudada. *Vergnaud chama de esquema a organização invariante do comportamento para uma determinada classe de situações* (MOREIRA, 2002, p.12). Para Vergnaud (1998), os esquemas são importantes não apenas para orientar os comportamentos, mas para compreender os procedimentos de resolução das tarefas. Um esquema contém regras para uma variedade de situações, orientando diferentes sequências de ação. Os conhecimentos contidos nesses esquemas são chamados de invariantes operatórios e assumem expressões como conceitos-em-ação e teoremas-em-ação. As proposições, pensamentos e conceitos implícitos nesses esquemas dos alunos tornam-se explícitos e significativos na medida em que o professor, por meio da função mediadora, promove situações interessantes e participativas para o aluno que despertam sua análise crítica e investigativa (MOREIRA, 2002).

Os esquemas dos sujeitos foram colocados em prática a partir de diversas situações planejadas para que desenvolvessem suas ideias, formulassem hipóteses sobre as experiências, construindo os conceitos de corrente, de voltagem e de resistência elétricas. Segundo Moreira (2002), um único conceito não diz respeito apenas a uma situação em particular, ao mesmo tempo, uma determinada situação deve ser investigada a partir de vários conceitos. As situações estudadas no material instrucional permitiram aos alunos tornar mais elaborados os conceitos incluídos no campo conceitual da eletricidade. À medida que os alunos participam das situações seus conceitos e teoremas-em-ação vão sendo testados. Através do acompanhamento do professor, os teoremas dos alunos ganham maior proximidade dos teoremas científicos, potencializando o desenvolvimento do campo conceitual em estudo.

O estudo dos campos conceituais de Vergnaud ressalta que os conceitos prévios, situações e problemas anteriormente vivenciados interferem na obtenção de novos conhecimentos do indivíduo (MOREIRA, 2011). Esses fatos trazem conceitos-em-ação e teoremas-em-ação que ainda não são conceitos e teoremas científicos, mas que podem progredir para tal.

Os conhecimentos implícitos vão se tornando explícitos à medida em que vão evoluindo progressivamente. Nas palavras de Moreira (Ibidem), essa formalização leva em conta um grande período do desenvolvimento cognitivo do sujeito, ou seja, o campo conceitual vai sendo dominado gradualmente.

O professor deve colocar os alunos em determinadas situações que sejam inteligíveis provocando o envolvimento com situações problema que deem sentido aos conceitos discutidos. Para Vergnaud:

[...] o saber se forma a partir de problemas para resolver, quer dizer, de situações para dominar. [...] Por problema é preciso entender, no sentido amplo que lhe atribui o psicólogo, toda situação na qual é preciso descobrir relações, desenvolver atividades de exploração, de hipótese e de verificação, para produzir uma solução (1990, p. 52).

Durante a resolução dos problemas propostos, os conceitos serão desenvolvidos, levando o aluno a interpretações cada vez mais próximas dos conhecimentos científicos. É muito importante a multiplicidade de tarefas para que aconteça o domínio de novas situações e a construção de modelos ou representações mentais sobre o real com nível cognitivo mais elevado. Quanto maior a habilidade do sujeito para resolução de novas tarefas, a partir da criação de novos esquemas ou da utilização de esquemas já existentes em sua estrutura cognitiva, os conceitos trabalhados tornam-se mais refinados do ponto de vista científico, mostrando sinais de aprendizagem significativa.

## CAPÍTULO 3

# PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

### 3.1 PLANEJAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Todas as concepções apresentadas a seguir serviram de referencial teórico para o planejamento da presente sequência didática sobre circuitos elétricos, que foi aplicada na nona série do ensino fundamental, na Escola Pública Jenny Gomes no estado do Ceará, na cidade de Fortaleza.

Essa proposta de sequência didática foi concebida com a disposição de trabalhar com os conhecimentos prévios dos alunos, inculcando neles a ideia de questionar, explorar e pensar sobre os fatos e situações que ocorrem ao seu redor.

São as concepções prévias do aluno que direcionam suas observações e percepções. O ensino não parte do nada, nossa mente não está vazia quando iniciamos uma observação, pelo contrário, estamos sempre cheios de ideias. O professor deve se utilizar desses conceitos pré-estabelecidos dos alunos, pois configuram ponto de partida para o surgimento de novos saberes. A partir dos conhecimentos prévios do aprendiz, monta-se a situação que proporcionará o aprendizado dos alunos. Azevedo (2004) afirma que:

[...] O problema proposto e a atividade de ensino criada a partir dele venham despertar o interesse do aluno, estimular sua participação, apresentar uma questão que possa ser o ponto de partida para a construção do conhecimento, gerar discussões e levar o aluno a participar das etapas do processo de resolução do problema. (Ibidem, p.22)

O planejamento desta primeira parte da sequência, que contempla o levantamento do conhecimento prévio dos alunos, enfatiza a discussão da ciência como uma construção humana e o processo de ensino-aprendizagem como uma construção de cada aprendiz, na qual as ideias e conceitos deverão ser geridos e organizados em sua mente, através de situações de reflexão e contextualização. Segundo Moreira e Ostermann:

[...] Essa construção não é um processo cumulativo, linear. Existem crises, rupturas, profundas remodelações nessas construções. Conhecimentos cientificamente aceitos hoje poderão ser ultrapassados amanhã. A ciência é viva. O conhecimento científico

crece e evolui não por mera acumulação, mas principalmente por reformulação do conhecimento prévio. (1993, p.115)

O saber é dinâmico e o conhecimento científico não é algo definitivo, contudo, a questão é que o ensino de ciências, hoje, não transmite essa concepção. Pensar de forma crítica o mundo em que vivemos, examinar a validade das coisas ou até que ponto fazem sentido, desconfiar do mundo em sua totalidade cultural, seus costumes, crenças, valores e ideias, são atitudes que remontam ao pensamento dos filósofos da Grécia antiga. Questionar é abrir espaço para o novo é ir contra conceitos dogmáticos, estabelecidos sem qualquer base racional ou fundamento na experiência e no conhecimento científico.

Nesse sentido, propõem-se uma reflexão a partir da seguinte pergunta: os professores estão criando situações de aprendizagem nas quais os alunos possam desenvolver a capacidade de pensar em sala de aula?

Durante o planejamento da sequência didática, constituiu grande desafio, a motivação dos estudantes no ensino de ciências. Não é tarefa fácil elaborar novas propostas de ensino que considerem as possíveis motivações dos alunos e consigam aproximar seu conhecimento prévio do científico.

Na ausência de tais propostas os alunos frequentemente deixam a escola sem conseguir elaborar conceitos científicos sobre o mundo real e sem a capacidade de aplicar seus conhecimentos em novos contextos (PISA, 2001). Para alcançar esse objetivo da educação científica o aluno precisa adquirir o hábito de pensar e de argumentar em sala de aula. Ele deverá sentir um desejo íntimo de descobrir coisas, uma vontade exploradora de testar suas ideias.

O uso de equações e a realização de exercícios, sem a devida significação dos conceitos neles envolvidos, não permitem que o aluno vislumbre a importância da ciência em sua vida. Quando o ensino acontece dessa maneira, a aprendizagem torna-se, no sentido de Ausubel, mecânica. E o aluno acaba dando importância apenas à memorização de técnicas, fórmulas e conceitos sem compreender realmente seu sentido e valor cognoscitivo.

Na análise das dificuldades acima referidas é importante destacar, que as concepções dos alunos surgem a partir da percepção que eles têm do mundo, das suas experiências com a realidade mais imediata. Ao longo de sua vivência, os alunos foram construindo suas teorias. Essas teorias implícitas permitem que o aluno organize suas ideias e ações sobre os fenômenos que ocorrem ao seu redor. Superar essas ideias prévias, no sentido de aproximá-las do conhecimento científico, torna-se um desafio, visto que o tempo em que permanecem na

escola é bem inferior ao tempo de experiência com as situações em que convivem cotidianamente.

As principais ideias envolvidas na produção desta sequência consideram que para aprender significativamente o aprendiz precisa estabelecer relações entre o conhecimento científico e o que ele já sabe sobre o assunto que esse conhecimento científico pretende tornar inteligível. Para que essas relações se estabeleçam satisfatoriamente é necessário planejar situações de aprendizagem explorando a maior diversidade de contextos possíveis. No dizer de Vergnaud, são essas situações que propiciam a aprendizagem significativa dos alunos.

Na produção dessa proposta levamos em conta que o atual ensino de Física na maioria das escolas brasileiras é voltado para o acúmulo de informações e o desenvolvimento de algoritmos de “solução de problemas” que, como dissemos anteriormente, utilizam equações e símbolos sem a devida contextualização (CARVALHO, 2006). Esse cenário educacional é preocupante e nós professores, não podemos nos conformar com essa situação.

Nesse sentido, a presente dissertação pode ser considerada um convite, para que os professores reavaliem as práticas pedagógicas, buscando um ensino que motive o aluno para uma aprendizagem significativa. Para tanto, em particular, no Ensino Fundamental, o professor pode se aproveitar da curiosidade inerente ao estágio de desenvolvimento das crianças e dos pré-adolescentes para criar situações de aprendizagem que relacionem assuntos científico-tecnológicos com a realidade em que o aluno está inserido. Este trabalho foi estruturado no sentido de possibilitar esse relacionamento do saber da Física com o universo vivencial dos alunos, mediante o estudo dos circuitos elétricos.

A segunda parte da sequência didática é constituída de uma prática experimental. No seu planejamento considera-se a possibilidade de juntar teoria e prática, desafiando os alunos a resolverem situações-problema que facilitam o processo de ensino e aprendizagem de conceitos sobre circuitos elétricos. Assim, pretendemos superar as fragilidades de um ensino meramente expositivo que, como mostra a pesquisa em ensino de Física, pouco desperta o interesse dos alunos porque, entre outras coisas, não valoriza suficientemente a participação destes na sua própria aprendizagem.

Para tanto, busca-se uma forma de ensino por meio da investigação, proporcionando situações nas quais os alunos participam de forma ativa da resolução de problemas que, no dizer de Vygotsky, se encontram dentro de sua zona de desenvolvimento proximal. Por tanto, trata-se de uma atividade de investigação, centrada na ação do aluno e mediada pelo professor. Nela, o aluno irá refletir, criticar, explicar e questionar coisas, ampliando seus

conhecimentos, de forma que possa aplicá-los em novas situações do seu cotidiano (AZEVEDO, 2004).

Tais atividades alargam o processo de construção do conhecimento pelo aluno, incentivando:

[...] formular hipóteses, [...] encarar trabalhos de laboratório como ‘projetos de investigação’ favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes, tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN; LOMASCÓLO, 1998, p.148).

Segundo Carvalho, et al. (1998) a observação e a análise são pressupostos para a resolução de uma atividade investigativa. As reflexões e conflitos cognitivos que surgem, norteiam a ação do sujeito, que a partir de suas habilidades e emoções assume o processo de ensino-aprendizagem de forma crítica e autônoma. Assim, o ato de pensar e descobrir constitui importante via de construção da autonomia.

Na concepção do guia para o desenvolvimento das atividades experimentais levamos em consideração as possibilidades de que os alunos, durante a sua execução, pudessem errar e/ou acertar. Essa incerteza propicia a interação entre os alunos na construção do conhecimento e nos resultados alcançados. O aluno torna-se de fato, o agente que participa e se envolve diretamente nessa situação de aprendizagem. Porém fica resguardada a participação do professor, como mediador imprescindível envolvido nesse cenário.

Num terceiro momento do planejamento da sequência didática, elabora-se uma proposta de resolução do guia de atividades por meio de uma simulação computacional, disponível gratuitamente na internet através do site:

[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/category/physics](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics).

Observa-se a possibilidade de visualizar e interagir com os fenômenos físicos que ocorrem no interior da matéria, o que era impossível de se conseguir em um laboratório docente. Como o computador é um ambiente bastante familiar para a maioria dos alunos, estes podem interagir com as situações criadas no ambiente virtual, atribuindo maior significado aos fenômenos físicos que estão sendo simulados. Acredita-se no potencial motivacional desse ambiente virtual para propiciar a aprendizagem significativa dos alunos.

A utilização do projeto PHET apresenta suas limitações, como toda simulação. Trata de uma representação simplificada da realidade, por isso, deverá ser complementada com discussões conduzidas pelo professor e com a participação ativa dos alunos, problematizando

essas simplificações. É importante destacar os limites de validade de tal simulação, tomando-se cuidado para não transmitir uma compreensão distorcida a respeito do mundo real.

No planejamento das construções experimental e virtual dos circuitos elétricos, nos preocupamos para que a solução das tarefas fosse apresentada na forma das conclusões a que chegam os estudantes após comparar os resultados obtidos nessas construções com as hipóteses formuladas antes da realização das mesmas.

No momento da realização dos experimentos ou da simulação computacional, os alunos trocarão suas experiências e informações. Isso será feito, com o devido acompanhamento do professor que observará se as ideias dos alunos são coerentes com o objetivo da atividade desenvolvida. Por tanto, esse estudo acontecerá de forma cooperativa, possibilitando relações entre pares e criando situações onde diferentes saberes e vivências estarão presentes. Como ressalta Pacca (2012), cada grupo progride para um objetivo comum, mas pode seguir por caminhos diversos e autênticos para a construção do saber. Nesse sentido:

[...] alguns elementos foram importantes na construção desse saber: partir do conhecimento prévio, explicitá-lo e questioná-lo através de questões orientadoras; estabelecer e manter o diálogo entre pares e com o formador sem permitir exclusões; apresentar desafios adequados ao conhecimento atual e à meta desejada [...] (Ibidem, p.103).

No planejamento da sequência didática dedicamos uma aula à sistematização e integralização de todos os estudos desenvolvidos. Ela foi concebida como uma discussão em grupo conduzida pelo professor, envolvendo todos os conceitos estudados nas atividades anteriores sobre circuitos elétricos.

Finaliza-se o planejamento da sequência com a elaboração de um questionário avaliativo pós-teste que pretende fornecer informações sobre a aprendizagem dos alunos e sobre a eficácia do material instrucional.

### 3.2 IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi implementada numa turma da nona série do Ensino Fundamental integrada por 36 estudantes. A escola disponibilizou seus laboratórios de ciências e de informática com todos os meios necessários para a realização das atividades planejadas. Conta-se também com o apoio dos professores responsáveis pelos laboratórios, da coordenação pedagógica e da direção da escola.

A descrição detalhada do produto educacional com todas as instruções para que seja utilizado como material instrucional auto consistente esta apresentada no Apêndice A desta dissertação de mestrado.

Inicia-se a primeira aula com a aplicação de um questionário para levantar os conhecimentos prévios dos alunos sobre conceitos de eletricidade (Apêndice B). Assim, conseguimos averiguar algumas concepções dos alunos relacionadas aos seguintes temas: energia elétrica, condutor elétrico, isolante elétrico, circuito elétrico, voltagem, corrente elétrica e resistência elétrica. A seguir, parte-se para uma aula expositiva onde são apresentadas as definições de carga elétrica, voltagem, material condutor e isolante, corrente elétrica, resistência e circuito elétrico. Explica-se para os alunos, os dispositivos que são essenciais para a formação de um circuito elétrico simples, tais como, pilha, fios e lâmpada.

Na segunda aula aplica-se um texto, retirado e adaptado do GREF – Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - para sistematizar o conhecimento prévio dos alunos, levantado no questionário/pré-teste, além de incorporar novos elementos em seu repertório de estudos. Com base nesse texto (Apêndice C), discute-se o funcionamento de um aparelho elétrico e apresentam-se grandezas físicas tais como: corrente elétrica, voltagem e resistência. A partir dessas discussões, incluem-se os conceitos referentes à rede cristalina do metal e aos movimentos de agitação térmica e de arraste dos elétrons no metal. Nesse momento, algumas concepções científicas sobre o movimento dos elétrons no circuito, sobre os tipos de energia e suas transformações, decorrentes da passagem de corrente elétrica pelo circuito, entre outras informações presentes no texto, começam a ser integradas à estrutura cognitiva dos estudantes, levando em consideração o levantamento feito do conhecimento prévio.

Após a discussão do texto apresenta-se um vídeo, visando refinar os conceitos anteriormente discutidos e criar os subsunçores necessários para o bom desenvolvimento das próximas aulas. Abordam-se as ideias básicas do processo de produção de energia elétrica, discutem-se os tipos diferentes de energia que podem ser transformados em energia elétrica, falam-se das transformações da energia elétrica em outras formas de energia para atender as necessidades da sociedade. Chama-se a atenção para o caminho percorrido pela energia elétrica até chegar a nossas casas.

A terceira e quarta aulas, dedicadas à construção experimental de circuitos elétricos, aconteceram no Laboratório de Ciências com base num guia de trabalho (Apêndice D). Inicia-se a terceira aula com uma recapitulação dos assuntos abordados nas aulas anteriores. Em seguida divide-se a turma em grupos de até cinco alunos, disponibilizando-se para cada

equipe o guia de trabalho. O material para a realização das atividades experimentais indicadas no guia foi organizado na bancada do laboratório de ciências e estava à disposição dos alunos conforme as figuras 1, 2, 3 e 4.

Figura 1 - material usado no laboratório de ciências



Fonte: próprio autor

Figura 2 - fios, lâmpadas de 1,1 V e pilhas disponíveis na bancada



Fonte: próprio autor

Figura 3 - interruptores e lâmpadas de 2,4 V disponíveis na bancada



Fonte: próprio autor

Figura 4 - garras de jacaré e suportes para pilha disponíveis na bancada



Fonte: próprio autor

- Atividade 1.1 - explica-se o significado de uma pilha ou bateria em curto-circuito. Discutem-se os elementos necessários para acender uma lâmpada, a utilidade dos fios e da pilha para o funcionamento do circuito. Pede-se aos estudantes para acender uma lâmpada, usando apenas uma pilha e fios com as extremidades desencapadas.

Os estudantes<sup>1</sup> se depararam com o problema de acender a lâmpada. Eles tinham os materiais necessários, mas num primeiro momento, não sabiam o que fazer com eles. Esse momento foi propício para propor e testar hipóteses. Na ocasião, não se usam os suportes da pilha e da lâmpada, justamente para que os alunos possam investigar de forma mais minuciosa as partes onde os contatos elétricos eram realizados.

Figura 5 - alunos investigando como acender a lâmpada



Fonte: próprio autor

---

<sup>1</sup> Todos os estudantes que tiveram as imagens exibidas, no corpo desta dissertação, trouxeram o Termo de Concessão de Imagem (Anexo A) devidamente assinado e autorizado pelo seu responsável legal.

Apesar das dificuldades em perceber as posições de contato dos fios com a lâmpada, os alunos conseguiram acender a lâmpada, conforme a figura 5. A falta dos suportes não facilitava o estabelecimento dos contatos entre os componentes, então contaram com a ajuda do professor e de seus pares. Depois de várias tentativas, os alunos tomaram consciência das partes específicas da pilha e da lâmpada que deveriam ser conectadas por meios dos fios.

Constata-se através da figura 6 que alguns alunos testaram o modelo unipolar de corrente indicado por Pozo (2009), no qual o circuito elétrico é concebido com um único fio entre a pilha e a lâmpada. Eles verificaram que essa montagem não permitia o acendimento da lâmpada. Transcrevemos, abaixo, o trecho de uma conversa com um aluno.

Professor: *por que esse modelo não funciona?*

Aluno A: *apenas um polo da pilha não é suficiente para que os elétrons possam se mover.*

Figura 6 - aluno experimentando o modelo unipolar de corrente



Fonte: próprio autor

- Atividade 1.2 - os alunos montaram um circuito simples, utilizando uma lâmpada com suporte, um interruptor e pilha com suporte, conforme a figura 7. Explica-se o processo para conectar os fios nos suportes da pilha e do interruptor. Eles tiveram facilidade para montar os circuitos utilizando os suportes. Para ligar o interruptor no circuito, mesmo com uma explicação prévia, os alunos tiveram dificuldades. Essa ação mostrou-se complexa e ao mesmo tempo desafiadora para eles. No entanto, quando são induzidos a lembrar da necessidade da existência de um percurso fechado para a circulação da corrente elétrica, a maioria deles relacionou corretamente o interruptor como um dispositivo que controla a passagem dessa corrente elétrica. Verifica-se também uma troca nos conceitos de interruptor aberto e fechado. Inicialmente, para eles o interruptor aberto permitia o passo da corrente e o fechado não. Segue abaixo, um trecho de uma conversa com um aluno:

Professor: *E a energia da lâmpada vem do interruptor?*

Aluno B: *Não. O interruptor controla a energia que sai da pilha e evita desperdício.*

Na ocasião, discute-se que, no circuito a energia originada das reações químicas no interior da pilha é utilizada para acender a lâmpada. Explica-se que no circuito fechado, inicia-se um movimento de elétrons livres numa direção privilegiada. Em outras palavras, diz-se que no circuito se estabeleceu uma corrente elétrica que conduz a energia da pilha até a lâmpada, e por sua vez, transforma essa energia elétrica em energia luminosa.

Figura 7 - montando o circuito com o interruptor, o suporte e a lâmpada



Fonte: próprio autor

- Atividade 1.3 - os alunos utilizaram o circuito da questão anterior para investigar os fatores responsáveis pela alteração do brilho da lâmpada. Nossa intervenção foi iniciada nos seguintes termos:

Professor: *O que pode alterar o brilho de uma lâmpada?*

Aluno C: *Com mais pilhas temos mais energia e assim mais luz.*

Pergunta-se também se os elétrons livres fazem parte da estrutura do fio ou estão presentes apenas quando a pilha esta conectada no circuito. A maioria dos alunos respondeu que os elétrons estavam presentes apenas quando havia uma pilha ligada no circuito. Cada grupo colocava seus conceitos em ação, conforme a figura 8, investigando sobre o brilho da lâmpada e questionando como o movimento de elétrons livres pode produzir luz.

Os alunos associaram o brilho da lâmpada com o seu tamanho, visto que a lâmpada de 2,4 V era maior e brilhava mais que a lâmpada de 1,1 V. Consideraram o fato de que a lâmpada de 2,4 V apresentava maior brilho, pois estava ligada em duas pilhas e a lâmpada de 1,1 V estava ligada em apenas uma pilha.

Figura 8 - colocando os conceitos em ação sobre como uma lâmpada ilumina



Fonte: próprio autor

- Atividade 1.4 - foi realizada na quarta aula. Para isso, foram disponibilizados os seguintes materiais: borracha, régua de plástico, colher de metal, madeira, chave de metal, grafite, isopor, água com açúcar, água com sal. Em seguida, a partir do circuito montado na questão anterior, os alunos retiraram o interruptor, deixando dois fios com extremidades livres, nas quais realizaram os contatos e testaram a condutividade elétrica de cada um dos materiais disponíveis, conforme a figura 9. Alguns alunos colocaram em contato as extremidades dos dois fios chegando a resultados equivocados para o propósito da questão, além de descarregar a pilha.

Com base nessa experiência introduz-se o conceito de mobilidade dos portadores de carga elétrica. Explicamos que cada material possui uma determinada quantidade de elétrons livres por unidade de seu volume. Discute-se também que um dos requisitos para o estabelecimento da corrente elétrica era a existência de portadores de carga livres que pudessem se movimentar dentro da estrutura do material.

Durante o teste de condutividade da água com sal, pergunta-se: *a corrente elétrica é feita apenas de elétrons livres ou existem outros portadores de carga?* Nenhum aluno soube responder a essa pergunta. Então, explicam-se quais seriam os portadores de carga elétrica na solução de água com sal.

Ao investigar a condutividade da água com sal, a lâmpada não acendeu ao utilizarmos um circuito de 3,0 V. Então, montamos um circuito, contendo uma bateria de 12 V e uma lâmpada de 12 V, no qual pudemos observar que o filamento da lâmpada chegou a ficar incandescente. Assim, os alunos tiveram a oportunidade de comparar os dois circuitos

utilizados. Os estudantes concluíram que o circuito de 12 V fornecia mais energia, possibilitando que a lâmpada brilhasse.

Figura 9 - testando a condutividade elétrica de alguns sólidos e líquidos



Fonte: próprio autor

- Atividade 1.5 - os alunos realizaram a montagem experimental requerida na questão e desenroscaram uma das lâmpadas conforme a orientação da guia de trabalho. Observaram que as duas lâmpadas se apagaram. Em seguida, discutiram sobre como o fluxo de elétrons foi interrompido. Fizemos a seguinte intervenção:

Professor: *por que as lâmpadas apagam se a pilha ainda está ligada no circuito?*

Aluno D: *se tirar uma lâmpada a energia não circula e a outra lâmpada apaga.*

- Atividade 1.6 - os alunos realizaram uma nova montagem experimental e observaram que ao retirar uma das lâmpadas do soquete a outra permanecia acesa. Identificaram as diferenças na maneira em que as lâmpadas foram ligadas em comparação com a ligação do esquema da questão anterior. Os alunos perceberam que não houve alteração no brilho da lâmpada que permaneceu acesa. Passamos a discutir no grande grupo que grandezas permaneceram constantes para que o brilho não fosse alterado. Destacamos a seguir um trecho de conversa retirado da discussão.

Professor: *por que o brilho não mudou?*

Aluno E: *a energia ficou igual em cada lâmpada mesmo que a outra apagasse.*

Para finalizar o relato da implementação da construção experimental é pertinente destacar que os estudantes não liam com a suficiente atenção o guia, o que se traduzia em

dificuldades na realização das experiências. A superação dessas fragilidades nas habilidades de leitura de estudantes que estão concluindo o Ensino Fundamental deve ser encarada como uma das maiores preocupações não apenas dos professores das áreas de códigos e linguagens e das ciências humanas, mas também de nós, professores de ciências da natureza. Saber ler é condição indispensável para qualquer aprendizagem cognitiva predominante no âmbito escolar.

A quinta e a sexta aulas foram dedicadas à construção virtual de circuitos elétricos. Aconteceram no Laboratório de Informática da escola com base num guia de trabalho – Apêndice E. Os alunos responderam um questionário, utilizando como instrumento pedagógico o software do PHET- *Kit de construção de circuito DC* - instalado no computador de cada um deles.

Iniciamos as atividades recapitulando os assuntos abordados nas aulas 3 e 4. Em seguida, durante a resolução dos exercícios do guia de atividades, foram trabalhadas as noções sobre o campo elétrico, voltagem, a relação entre a voltagem e a corrente, a relação entre resistência e corrente, os conceitos de intensidade de corrente, resistência elétrica, sentido real e convencional da corrente elétrica no circuito.

- Atividade 2.1 - os alunos montaram no computador um circuito virtual seguindo a orientação do guia de atividades. Durante a realização da simulação computacional, conforme figura 10, os estudantes perceberam a simultaneidade que havia no movimento dos pontos azuis dentro do material condutor. Nós os instigamos a supor a existência de uma força capaz de empurrar todos os pontos ao mesmo tempo e que “acaba” quando a pilha descarrega.

Figura 10 - alunos executando simulação computacional no PHET



Fonte: próprio autor

- Atividade 2.2 - os alunos acrescentaram um interruptor no circuito virtual. Testaram as posições da chave do interruptor, verificando o movimento das cargas livres e o

funcionamento do circuito. Verificaram a obrigatoriedade do percurso fechado para o deslocamento dos pontos azuis.

O conceito de interruptor aberto e fechado foi melhor compreendido na experimentação virtual, por conta do formato da chave do interruptor. Os estudantes identificaram a posição da chave que interrompia o circuito e controlava a passagem dos pontos azuis ao longo do circuito. Destaca-se a seguir um trecho retirado da conversa com os alunos.

Professor: *o fio cortado funciona como um circuito aberto ou fechado?*

Aluno A: *como ele não deixa os elétrons passarem, então é circuito aberto.*

- Atividade 2.3 - aborda-se um conceito fundamental para entender a eletricidade e o comportamento elétrico da matéria, a carga elétrica. Discute-se seu significado como propriedade inerente a algumas partículas. Investiga-se o sentido que os alunos atribuíam aos pontos azuis presentes na simulação computacional. Eles não sentiram dificuldade em perceber que os pontos azuis representavam os portadores de carga livres.

Os alunos montaram o circuito virtual que seria utilizado para a abordagem do conceito de intensidade de corrente elétrica e da relação entre voltagem e corrente elétrica. Para propiciar uma discussão em grupo sobre o estabelecimento da corrente elétrica no circuito, escrevemos na lousa a seguinte pergunta, contida no questionário: *precisamos esperar que uma bolinha próxima da pilha chegue até a lâmpada para acendê-la?*

Dada a rapidez com que se acende a lâmpada, após o fechamento do circuito, concluíram que não havia necessidade de aguardar a chegada de uma carga que estava próxima da pilha para que esse evento acontecesse. Do ponto de vista didático, a discussão suscitada em torno dessa pergunta nos parece adequada para introduzir, no ano final do Ensino Fundamental, a noção de criação e propagação do campo elétrico num circuito elétrico.

No contexto da realização desta simulação da corrente elétrica, discute-se com os estudantes que a representação mostrada para o movimento dos elétrons é extremamente simplificada. Ela não contempla, por exemplo, o movimento térmico dos elétrons na rede cristalina do metal. Mesmo assim, ela facilita a compreensão do conceito de velocidade de arraste, cuja definição foi analisada, e seu valor comparado com a rapidez de estabelecimento da corrente no circuito. Os alunos prestaram bastante atenção aos conceitos apresentados, mostrando um comportamento bem diferente do seu habitual em sala de aula.

O estudo da relação entre o brilho da lâmpada e a intensidade da corrente elétrica foi realizado variando valor da voltagem da pilha utilizada no circuito virtual. Os alunos puderam constatar que ao aumentar o valor da voltagem da pilha, também aumentava a velocidade das bolinhas azuis. Com base nessa observação eles conseguiram concluir que, com o aumento da voltagem, uma maior quantidade de elétrons livres atravessava a lâmpada por segundo. Reforça-se essa conclusão. Na lousa faz-se um desenho de uma seção transversal de fio condutor, explicando o conceito de intensidade de corrente. Pode-se comentar o modelo de “gasto de corrente” revelado no estudo do conhecimento prévio dos alunos. Na ocasião, pergunta-se: *a intensidade da corrente muda após atravessar a lâmpada ou qualquer outro elemento do circuito elétrico?*

Os alunos não conseguiram associar a intensidade constante da corrente com a invariância, na unidade de tempo, da quantidade de bolas que chegavam ou saíam de cada lâmpada. Na explicação dessa questão retomam-se as condições necessárias para o surgimento e estabelecimento da corrente elétrica, dando ênfase na distinção dos conceitos de voltagem e intensidade da corrente, frequentemente tratados pelos alunos como sinônimos.

- Atividade 2.4 - os alunos necessitaram de ajuda para a montagem do esquema de circuito virtual apresentado na questão. Após a construção do circuito virtual fizemos a seguinte pergunta: *o que determina o sentido de movimento dos pontos azuis?* Poucos alunos perceberam que os elétrons originavam-se sempre do mesmo lado da pilha. A maioria sabia distinguir as extremidades da pilha, chamando-as de polo positivo e polo negativo. De maneira geral não reconheceram que os elétrons iniciam seu movimento a partir do polo negativo da pilha. Como o software é bastante intuitivo encontraram a função de inverter a polaridade da pilha que determinava o sentido de movimento dos elétrons livres. Assim, tratamos no grupo o sentido real e convencional da corrente elétrica.

Discute-se o conceito de resistência elétrica e sua relação com a intensidade da corrente. Investiga-se como a velocidade dos elétrons livres depende da voltagem e da resistência elétrica.

Explora-se a relação entre a resistência da lâmpada e o seu brilho, mantendo constante o valor da voltagem da pilha. Os estudantes alteraram o valor da resistência da lâmpada e observaram através da simulação que um aumento na resistência elétrica diminuía o brilho da lâmpada. Questionam-se os resultados das observações dos estudantes através da seguinte discussão:

Professor: *por que a mudança na resistência elétrica influencia no brilho da lâmpada?*

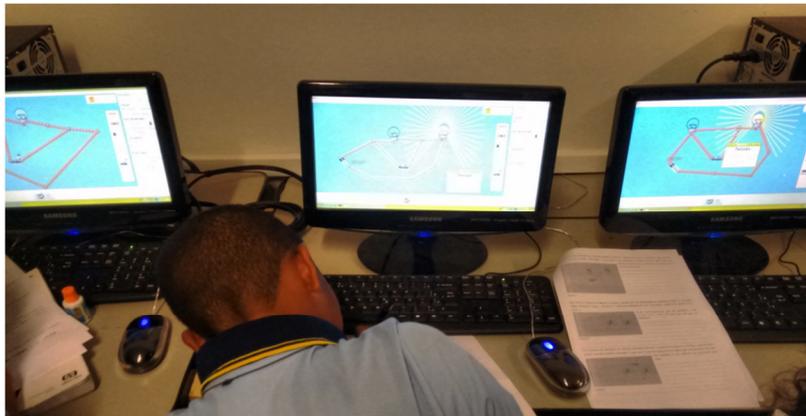
Aluno B: *quando aumenta a resistência os elétrons passam devagar e dão menos energia para a lâmpada.*

Seguindo as orientações do guia de trabalho, os alunos fizeram uma previsão sobre o efeito do aumento da resistência elétrica da lâmpada sobre a passagem de corrente no fio. Em seguida, partiram para as investigações usando a simulação, conforme a figura 11. Analisaram as consequências microscópicas da alteração da resistência elétrica de um dispositivo sobre a velocidade dos elétrons de condução. Destaca-se o trecho de uma conversa com os alunos:

Professor: *qual a relação que existe entre resistência e corrente?*

Aluno C: *quanto menos a resistência a lâmpada recebe mais elétrons.*

Figura 11 - aluno usando PHET para responder as tarefas da guia de atividades



Fonte: próprio autor

Inicia-se uma discussão em grupo para chegarmos a um entendimento comum sobre o conceito de resistência que foi compreendida pela maioria como um obstáculo à passagem dos elétrons livres, devido à própria estrutura do material. Complementa-se que a resistência depende do tipo de material e de suas características geométricas.

Finaliza-se essa aula com um debate sobre como fazer para mudar a velocidade dos elétrons livres no fio condutor. Pergunta-se quais são essas grandezas e como se dá a dependência entre elas. Segue abaixo uma parte da discussão com os estudantes:

Professor: *o que pode provocar uma mudança na velocidade dos portadores de cargas livres?*

Aluno D: *Alterar a voltagem da pilha ou a resistência da lâmpada, assim podemos mudar a velocidade dos elétrons.*

Na implementação desta parte da sequência didática, observa-se que as concepções dos alunos tornaram-se mais ricas e elaboradas ao mesmo tempo em que, na linguagem de Vergnaud, seus teoremas em ação eram postos em situação, através da simulação computacional sob a orientação do professor. O interesse e a vontade em participar, em

responder os questionários e explorar o software foram elementos motivadores para os alunos e para nós professores.

Na sétima aula sistematizam-se os conteúdos tratados nas aulas anteriores. Os assuntos foram organizados na lousa na seguinte ordem: elementos do circuito necessários para acender uma lâmpada, interruptor e sua função no circuito, o circuito como um percurso fechado, campo elétrico, o conceito de voltagem, a relação entre voltagem e energia elétrica, as transformações de energia associadas ao circuito, a intensidade de corrente, relação entre voltagem e corrente, sentido da corrente, mobilidade de carga, materiais condutores e isolantes, conceito de resistência elétrica, a relação entre resistência e corrente, as proporcionalidades entre as grandezas voltagem, corrente e resistência.

Inicia-se um diálogo com os estudantes a partir das ideias prévias. Uma concepção bastante enraizada era a ideia do modelo de corrente que se gasta ao atravessar um elemento de circuito. Nesse momento lembra-se a definição de corrente elétrica e enfatiza-se que a quantidade de pontos azuis que chegam, durante a passagem através da lâmpada por segundo é a mesma quantidade que sai do equipamento. Explicita-se ainda, o significado de carga elétrica elementar juntamente com seu valor e enuncia-se o princípio de conservação da carga elétrica para justificar os erros conceituais presentes no modelo de gasto de corrente.

O fio condutor foi concebido por muitos estudantes apenas como o lugar por onde a corrente é transportada. Comenta-se que os elétrons livres fazem parte da estrutura do material e seu movimento de arraste é muito lento, descaracterizando a ideia de que o elétron tem que percorrer todo o fio até chegar na lâmpada para fazê-la acender.

Apontam-se os elementos externos para o funcionamento do circuito como: fonte de energia, aparelho elétrico que será posto em funcionamento e fios de ligação, em seguida, as grandezas físicas essenciais envolvidas como: voltagem, intensidade da corrente e resistência. Destaca-se o papel do interruptor e a necessidade de um percurso para manter o escoamento das cargas que formam a corrente elétrica do circuito.

Retoma-se o conceito de diferença de potencial da pilha. Discute-se o movimento dos portadores de cargas na presença do campo elétrico. Para tanto, explica-se a aparente contradição entre o movimento lento dos portadores de carga no circuito e o fato de a lâmpada acender quase instantaneamente quando apertamos o interruptor, perguntando aos alunos: *se a velocidade de arraste ou de deriva dos elétrons é extremamente baixa, da ordem de  $10^{-5}$  ou  $10^{-4}$  m/s no condutor de cobre da fiação elétrica residencial, por exemplo, por que a lâmpada acende quase instantaneamente quando fechamos o interruptor da tomada?*

Independentemente de ter abordado esse assunto em aulas anteriores, os alunos não conseguiram formular nenhuma teoria coerente que respondesse a pergunta acima. Eles falaram que esse fenômeno tinha relação com o fato dos pontos azuis se deslocarem simultaneamente. Explica-se que a ação do campo elétrico que provoca o movimento dos elétrons livres acontece, após o fechamento do circuito, com uma velocidade igual à da luz. E, como esta é muito grande (nós escrevemos seu valor), após o fechamento do circuito, a lâmpada acende quase instantaneamente.

Constata-se também que alguns alunos não tinham percebido que a velocidade dos pontos azuis estava relacionada com a intensidade da corrente elétrica no condutor. Na ocasião, relembra-se o conceito de intensidade da corrente.

Dando continuidade, analisa-se, do ponto de vista microscópico, o movimento dos portadores de carga dentro do material. Apresenta-se o conceito de mobilidade dos portadores de carga, relacionando-o com aspectos estruturais da matéria como, por exemplo, a distribuição dos elétrons nos átomos de materiais condutores e isolantes elétricos. Destaca-se que a condutividade elétrica dos materiais depende da quantidade de elétrons livres no átomo. Escreve-se a definição de mobilidade na lousa. Retoma-se o problema sobre a condutividade elétrica da água com sal. Explica-se que, nesse caso, a corrente elétrica não era formada de elétrons livres, mas de outros portadores de carga, os íons, oriundos da dissolução do sal na água. Discute-se a relação entre resistência elétrica e o conceito de mobilidade dos portadores de carga. Fala-se também da influência da temperatura na resistência elétrica.

Sobre as transformações de energia ocorridas no circuito, discute-se a corrente elétrica como meio para transportar a energia até os aparelhos elétricos. Os circuitos que os alunos construíram no laboratório de ciências serviram de exemplo para explicarmos o processo de transformação de energia química da pilha em energia elétrica e em seguida energia luminosa. Pede-se que os estudantes dêem exemplos de aparelhos que convertem energia elétrica em outros tipos de energia por meio dos efeitos da corrente elétrica.

No que diz respeito às relações de proporcionalidade entre voltagem, corrente e resistência pudemos constatar que elas foram bastante bem assimiladas pelos estudantes. Na discussão em grupo, eles mostraram ter compreendido que a diminuição na resistência da lâmpada ou o aumento na voltagem da pilha, experimentadas no momento da simulação, produziam um acréscimo na velocidade dos elétrons livres que correspondia a um aumento na intensidade de corrente elétrica que percorre o fio.

Conclui-se essa sistematização sem apresentar a relação quantitativa entre voltagem, corrente e resistência, mas os conceitos foram bem compreendidos e suas relações foram experimentadas de forma satisfatória preparando o aluno para uma posterior formulação matemática sobre as grandezas do circuito elétrico no Ensino Médio.

Na oitava e última aula da sequência didática aplica-se um questionário avaliativo pós-teste (Apêndice F), para verificar as concepções dos alunos sobre os conteúdos explorados no estudo de circuitos elétricos.

A questão 1, que era pessoal, revelou que a parte experimental no laboratório de ciências gerou maior empolgação nos alunos, pois gostaram muito de montar os circuitos. Para eles foi um grande desafio acender uma pequena lâmpada com uma pilha e aprenderam todo o processo de ligar a lâmpada. Afirmaram que os conceitos tornaram-se mais claros com o desenvolvimento da parte virtual realizada no laboratório de informática, pois conseguiram ver mais detalhes, enxergar dentro de cada fio, fazer as conexões do circuito sem medo de quebrar nenhuma peça ou descarregar a pilha. O fato de terem vivenciado situações experimentais, onde puderam colocar a “mão na massa” tornou esse momento mais lúdico e atrativo para os estudantes. Os alunos também se mostraram muito atentos e empenhados em resolver as atividades no laboratório de informática.

Na questão 2, também de ordem pessoal, os alunos reconheceram a importância de terem adquirido novas concepções sobre eletricidade e sobre a maneira que os aparelhos elétricos funcionam. Falaram sobre o que descobriram de novo, muitos não tinham noção alguma sobre como acender uma simples lâmpada. Compreenderam sobre como controlar o ligar e o desligar da lâmpada através da movimentação dos elétrons no fio.

Na questão 3 indaga-se sobre as grandezas associadas ao brilho da lâmpada. Os alunos identificaram que o aumento na voltagem e na velocidade das cargas livres eram fatores que intensificavam o brilho da lâmpada. A grandeza resistência também foi considerada por alguns estudantes como fator de influência no brilho. Nenhum dos alunos se reportou ao termo corrente elétrica em suas respostas, mas sim à velocidade dos portadores de cargas.

As questões de números 4 até 11 desta avaliação foram objetivas e permitiram ter uma ideia de como foi a formação dos conceitos envolvidos nesse estudo. Algumas questões objetivas possuíam mais de uma resposta certa, justamente para explorar as ideias dos alunos.

Na quarta questão, as respostas dos alunos indicaram a corrente elétrica como a grandeza do circuito que melhor representava a velocidade dos portadores de cargas livres.

Na quinta questão, os estudantes apontaram a voltagem como grandeza responsável pela mudança de velocidade dos elétrons livres no material condutor. Alguns consideraram tanto a voltagem quanto a resistência, como responsáveis por alterar o movimento dos portadores.

Na questão 6 todos os alunos responderam que a pilha assumia a função de fonte de energia que alimentava o circuito, eliminando assim, algumas concepções anteriores de que a energia viria do interruptor.

Na questão 7 os alunos indicaram a voltagem como a propriedade do circuito que melhor estava associada ao brilho da lâmpada, outros estudantes relacionaram o brilho com a energia elétrica que fluía pelo circuito.

Nas questão 8 os estudantes associaram ao filamento incandescente da lâmpada o conceito de resistência.

Na questão 9 os alunos apontaram que a resistência estava associada a uma dificuldade na passagem de portadores de cargas livres pela estrutura do material.

Na questão 10 os estudantes assinalaram que a corrente era entendida como um movimento organizado, ou seja, havia uma direção privilegiada para o fluxo de cargas elétricas dentro do fio.

Na questão 11 os estudantes perceberam que se os pontos azuis parassem de se deslocar ordenadamente, não passaria corrente elétrica pelo equipamento, portanto não haveria transferência de energia elétrica e o equipamento não poderia funcionar.

Na questão 12, sobre a identificação de modelos de circuito que são utilizados em residências, os estudantes perceberam que o circuito adequado para uma casa seria o circuito em paralelo. Analisaram a maneira como as lâmpadas estavam conectadas e a dependência entre elas no instante de acendê-las. No esquema do circuito em série verificaram que a última lâmpada só acenderia quando todas as outras estivessem ligadas. Já no circuito em paralelo, consideraram que cada lâmpada podia funcionar independente uma da outra. Destacaram a importância do interruptor para fechar um determinado trecho de circuito, além das diferentes possibilidades de caminho para os portadores de cargas livres. Essa questão mostrou-se complexa para os alunos, mas o objetivo era justamente provocá-los.

Na questão 13 todas as respostas consideraram que o número de bolas azuis, representativas dos elétrons livres, que entravam na lâmpada, correspondia à mesma quantidade que saía da lâmpada por unidade de tempo. Sobre uma possível alteração na

corrente elétrica após atravessar a lâmpada, alguns estudantes responderam que a corrente ficava mais fraca.

Na questão 14 sobre as condições para estabelecer o movimento dos elétrons livres no condutor, todas as respostas apontaram que era necessário uma fonte de energia elétrica, mas não se referiram ao termo voltagem. Alguns estudantes consideraram o contato dos polos da pilha com as extremidades do fio, estabelecendo um percurso fechado para provocar o movimento das cargas.

Na questão 15 os alunos analisaram a relação de causa - efeito entre voltagem e corrente elétrica no circuito. Responderam que a voltagem da pilha provocava o aparecimento da corrente elétrica no circuito. Entenderam a voltagem como algo que “alimentava” o circuito. Durante a simulação os alunos verificaram que quando a voltagem da pilha era nula não havia movimento dos pontos azuis.

As questões subjetivas 16, 17 e 18 versaram sobre as definições construídas pelos próprios estudantes para os conceitos de corrente, voltagem e resistência. Apesar da grande dificuldade em organizar suas ideias, a maior parte das respostas foram satisfatórias. Os alunos conseguiram explicitar conceitos próximos das concepções científicas, apontando relações importantes entre essas grandezas.

A questão objetiva 19 tratava sobre a identificação do modelo científico de corrente elétrica. Os alunos marcaram o item correto, demonstrando assim, que assimilaram conceitos importantes sobre corrente elétrica.

Na questão 20, que era pessoal, os alunos tiveram a oportunidade de realizar uma autoavaliação e descrever alguns dos momentos que foram mais marcantes para eles durante a aplicação da sequência. Abaixo seguem algumas transcrições retiradas das respostas dos meninos:

*Aluno A: meu aprendizado foi muito bom! Pois eu tive a oportunidade aprender como funcionam os aparelhos elétricos.*

*Aluno B: tive experiências novas e um conceito melhor sobre energia elétrica.*

*Aluno C: aprendi muita coisa sobre energia elétrica, coisas que eu não fazia ideia se esclareceram para mim, a questão de como funciona o movimento dos elétrons dentro do fio e sem contar que agora sei acender uma lâmpada.*

*Aluno D: Eu acho que aprendi muita coisa que deverei usar futuramente.*

*Aluno E: Agora eu entendo como uma lâmpada funciona, e que os elétrons transmitem energia para a lâmpada, formando assim um circuito elétrico.*

Aluno A: *gostei muito de aprender mais sobre eletricidade.*

Aluno F: *Foi bastante interessante, todas as experiências no laboratório e o programa no computador ajudaram a aprender coisas novas.*

Esses depoimentos nos permitem perceber, entre outras coisas, que a aprendizagem aconteceu num ambiente bastante divertido e estimulante para os estudantes.

## Considerações Finais

Diante do trabalho desenvolvido percebe-se que é fundamental que o professor saiba como seus alunos aprendem, proporcionando novas situações, que além de abrangerem diversos conteúdos de um campo do saber, propiciem que esses conteúdos permaneçam por mais tempo em suas lembranças.

Na elaboração desta sequência didática foram valiosas as orientações dos PCN, seus pressupostos e argumentações, em relação ao processo de ensino aprendizagem de ciências no Ensino Fundamental. Portanto, mostraram-se um bom referencial teórico no planejamento das situações de aprendizagem implementadas, tendo em vista, a ativa participação dos alunos, complementando nossas ideias em relação ao trabalho docente, visando o exercício da cidadania, o questionamento da realidade e o posicionamento crítico e reflexivo sobre as implicações sócio culturais da ciência e da tecnologia.

Pode-se dizer que as teorias cognitivas nos ajudaram a entender como acontece a aprendizagem, auxiliando nossa intervenção em sala de aula. A utilização do conceito ausubeliano de subsunção mostrou-se adequado para conseguir a aprendizagem significativa dos alunos. Os conhecimentos prévios destes sobre o mundo passaram a interagir com novos conteúdos no momento em que eles foram colocados diante de problemas reais, nos quais passaram a ter novas experiências, através da manipulação de materiais e da interpretação dos fenômenos observados.

A teoria de Vygotsky subsidiou nossa proposta de organizar o trabalho dos alunos em grupos de 4 a 5 integrantes. Assim, durante a sequência propiciamos a interação sociocultural dos alunos, facilitando a troca de suas experiências vivenciais. O conceito de ZDP representou uma alerta importante no sentido de conceber as situações de aprendizagem, atendendo ao desenvolvimento potencial das capacidades sócio cognitivas de alunos do nono ano do Ensino Fundamental.

A teoria dos campos conceituais de Vergnaud norteou a criação de situações de aprendizagem, concebidas para o desenvolvimento dos teoremas em ação dos alunos e a atribuição de significados aos conceitos em estudo.

O envolvimento dos estudantes, sua atenção e participação ativa nas situações de aprendizagem propostas, utilizando uma metodologia diversificada com ênfase nos aspectos conceituais, nas discussões mediadas pelo professor e na construção de circuitos experimentais e virtuais, mostram que a sequência didática apresentada tem potencialidades

para motivá-los. Isso representa um resultado importante, pois a falta de motivação dos alunos é um dos maiores desafios a superar na educação científica.

Propiciar a leitura e discussão de textos no decurso da sequência foi uma decisão certa. Ela revelou as fragilidades dos estudantes nesse domínio da sua formação escolar e contribuiu para alcançar um dos objetivos do Ensino Fundamental: “*o pleno domínio da leitura, da escrita e do cálculo*”.

A ordem em que se realizaram as experimentações foi importante para que os estudantes pudessem descrever com êxito as relações entre os conteúdos conceituais envolvidos no contexto da sequência. Iniciamos com uma experimentação de circuito elétrico real e em seguida, partimos para uma simulação computacional. Os alunos realizaram observações, relacionaram situações e conheceram as características macroscópicas do funcionamento dos circuitos elétricos. A partir daí, progressivamente, os estudantes obtiveram um entendimento mais profundo do comportamento dos portadores de cargas livres e da natureza elétrica da matéria, a partir de uma análise microscópica.

O questionário pós-teste mostrou-se uma boa ferramenta de avaliação, pois observando seus resultados verificamos indícios de aprendizagem significativa, bem como, possíveis avanços no campo conceitual da eletricidade, pelo nível de estruturação das ideias nas respostas elaboradas. Constatamos que os conceitos formados pelos alunos aproximaram-se dos resultados esperados, atingindo um nível de formalidade que esta de acordo com a linguagem requerida pelo conhecimento científico. Em uma das perguntas inseridas no questionário os alunos realizaram uma autoavaliação na qual relataram momentos de aprendizagem prazerosos e nunca experimentados na escola, que contribuíram para a formação de conceitos básicos sobre eletricidade.

Espera-se que os resultados desse trabalho de pesquisa em ensino tragam elementos inovadores para o ensino de ciências, auxiliando os estudantes na construção do conhecimento científico, no resgate do valor da ciência na sociedade e contribuindo com a melhoria da qualidade do ensino de Física no Brasil.

## Referências Bibliográficas

- AUSUBEL, D. P. A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo. Moraes, 1982.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p. 19-33, 2004.
- BRASIL. Lei de diretrizes e bases da educação nacional : Lei nº 9.394, de 1996.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: Introdução aos Parâmetros Curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1998a.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais:** terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental: Ciências Naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998b.
- BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica.** – Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. et al. *Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 1998.
- CARVALHO, A. M. P. Atividades de laboratório como instrumentos para a abordagem de aspectos da cultura científica em sala de aula. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1 (49), p. 137-153, 2006.
- CARVALHO JÚNIOR, G. D.; AGUIAR JÚNIOR, O. G. Os Campos Conceituais de Vergnaud como ferramenta para o planejamento didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, p. 207-227, 2008.
- CLAXTON, G. (1984) *Live and learn*. Londres: Harper & Row. (Trad. Cast. De González, *Vivir y aprender* Madrid: Alianza, 1987)
- COLL, C. y VALLS, E. “El aprendizaje y enseñanza de los procedimientos”. En: C. Coll; J. I. Pozo; B. Sarabia y E. Valls: *Los contenidos en la reforma. Enseñanza y aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes*. Madrid: Santillana, 1992.
- DANIELS, H. **Vygotsky e a Pedagogia**. Trad. Milton Camargo Mota. São Paulo: Edições Loyola, 2003.

JONASSEM, D., PECK, K., e WILSON, B. *Learning With Technology - A Constructivist Perspective*. New Jersey: Merrill Prentice Hall, 1999.

JONASSEM, David H. **Computadores, Ferramentas Cognitivas**: Desenvolver o pensamento crítico nas escolas. Porto Editora, 2ª edição, Porto, 2007.

LEWIN, A. M. F e LOMÁSCOLO, T. M. M. *La metodologia científica em la construcción de conocimientos*. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.20, n.2, p.147-154. 1998.

MAGALHÃES, M. C. Contribuições da Pesquisa Sócio-Histórica para a Compreensão dos Contextos Interacionais da Sala de Aula de Línguas: foco na formação de professores. **The Specialist**. V. 17, nº. 1, p. 01-18. São Paulo, 1996.

MELLO, E. F. F.; TEIXEIRA, A.C. A interação social descrita por Vygotsky e a sua possível ligação com a aprendizagem colaborativa através das tecnologias de rede. In: IX Anped Sul, Caxias Do Sul - RS, 2012.

MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino de física*. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1983.

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino do método científico. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 10, n. 2, p. 108-117, 1993.

MOREIRA, M. A. A teoria dos campos conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. *Investigações em Ensino de Ciências (UFRGS)*, Porto Alegre, v. 7, n.1, 2002.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

NOVAK, J. D. y GOWIN, B. D. (1984) *Learning to learn*. Cambridge University Press. (Trad. Cast. De J. M. Campanario y E. Campanario: *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martínez Roca, 1988).

PACCA, J. L. A. *A evolução dos saberes na relação ensino-aprendizagem*. In: GARCIA, N. M. D.; HIGA, I.; ZIMMERMANN, E.; SILVA, C. C.; MARTINS, A. F. P. (Orgs.). *A Pesquisa em Ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias*. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 95-104, 2012.

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças**: repensando a escola na era da informática. Trad. Sandra Costa. Ed. Ver. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PAZ, A. M.; Atividades Experimentais e Informatizadas: Contribuições para o Ensino de Eletromagnetismo. UFSC. 2007.

PISA 2001. Programa Internacional de Avaliação de Estudantes. Brasília, dez. 2001. Disponível em: <<http://www.pisa.oecd.org/NatReports/PISA2000/Brazilnatrep.pdf>>. Acesso em: 23 nov. 2003.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

ROSARIO, M. M. G. ; OLIVEIRA, T. N. C. ; MOREIRA, J. K. P. ; RUIZ, C. A. L. . A vida de Galileu em sala de aula: uma proposta de encenação. In: Anadja Marilda Gomes Braz; Carlos Antonio López Ruiz. (Org.). Formação docente no PIBID/UERN. 1ed.Mossoró: Edições UERN, p. 189-206, 2013.

SASSERON, L. H. *Alfabetização científica e documentos oficiais brasileiros: um diálogo na estruturação do ensino da Física*. In: CARVALHO, A. M. P.; [et al.]; *Ensino de física*. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-28, 2010.

TEIXEIRA, F. R. G.; DIAS, A. M. I; Org.; Diretrizes Curriculares para o Ensino Fundamental do Sistema Público Municipal de Ensino de Fortaleza, Edições SME, 2v, 2011.

VERGNAUD, G. A classification of cognitive tasks and operations of thought involved in addition and subtraction problems. In Carpenter, T., Moser, J. & Romberg, T. (1982). *Addition and subtraction. A cognitive perspective*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum. pp. 39-59, 1982.

VERGNAUD, G. et al. Epistemology and psychology of mathematics education. In : NESHER, P. ; KILPATRICK, J. (Eds.) **Mathematics and cognition: A research synthesis** by International Group for the Psychology of Mathematics Education. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.

VERGNAUD, G. A comprehensive theory of representation for Mathematics Education. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 2, n. 17, p. 167-181, 1998.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. Porto Alegre: Editora Artes Médicas Sul Ltda., 1998.

# **APÊNDICE A**

## **O PRODUTO**



Universidade Federal Rural do Semiárido – UFERSA

Departamento de Ciências Exatas e Naturais - DCEN

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

### **CONSTRUINDO CIRCUITOS ELÉTRICOS NO 9º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL: UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA**

**MARCOS ROBERTO AMANCIO PASCOAL**

Material instrucional vinculado à dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no polo 09 da Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

Orientador:  
Prof. Dr. Carlos Antonio López Ruiz

Mossoró – RN

2016

## Apresentação

O presente material instrucional é fruto do nosso trabalho, apoiado financeiramente com bolsa da CAPES, no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, no polo da Universidade Federal Rural do Semiárido, em Mossoró – RN. E constitui-se numa proposta de sequencia didática para o ensino de circuitos elétricos no 9º ano do Ensino Fundamental.

Para que o professor possa implementar este produto educacional de forma consistente, torna-se necessário o domínio sobre alguns conteúdos de Física que serão explicitados a seguir: noções sobre carga elétrica, origem e propagação do campo elétrico, condutor e isolante elétricos, diferença de potencial elétrico, resistência elétrica e corrente elétrica. Para tanto, indica-se a seguinte bibliografia: HEWITT, P. G, Física Conceitual. 9ª Edição. Porto Alegre: Bookman, 2002; RAMALHO, NICOLAU, Os Fundamentos da Física, vol. 3 - Eletricidade e Física Moderna. Ed Moderna, São Paulo, 2003.

Na concepção da sequência, aqui apresentada, ponderamos os resultados da implementação de uma versão preliminar da mesma, na escola Jenny Gomes, localizada em Fortaleza - CE, relatados na dissertação. Adota-se como referencial teórico para o levantamento do conhecimento prévio dos alunos, a proposta do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física – GREF – da Universidade de São Paulo. Portanto, o ponto de partida da ação instrucional, leva em consideração o universo vivencial mais imediato do aprendiz, relacionando-o com os conceitos que serão abordados no estudo de circuitos elétricos. Na execução da sequência, articulam-se as aulas experimental, no laboratório de ciências, e computacional, usando o projeto PHET no laboratório de informática da escola.

A sequência está dividida em cinco partes a serem executadas em oito aulas, com tempo de duração de cinquenta minutos cada. Na primeira parte, levanta-se através de questionário, o conhecimento prévio dos estudantes sobre eletricidade, energia elétrica, circuito elétrico, materiais condutores e isolantes elétricos, voltagem, corrente e resistência elétrica. Em seguida, os alunos são convidados a ler um texto e a um vídeo, visando relacionar esse conhecimento prévio com os conceitos científicos utilizados na descrição dos fenômenos presentes nos circuitos elétricos. Na segunda parte realiza-se a montagem de circuitos elétricos simples de corrente contínua, utilizando materiais de baixo custo, no laboratório de ciências. Na terceira parte estuda-se o circuito elétrico através de simulação computacional no laboratório de informática, usando o simulador PHET. Na quarta parte se realiza a sistematização e integralização dos conteúdos abordados nas atividades anteriores. Na quinta e última parte aplica-se um questionário para avaliar a aprendizagem alcançada pelos alunos.

## A Sequência Didática

### **1ª Aula: Sistematização do conhecimento prévio dos alunos sobre circuitos elétricos.**

Essa aula deverá começar com o levantamento do conhecimento prévio dos alunos. Para tanto, estes deverão ser convidados a responder, anonimamente, um questionário (Apêndice B), com oito perguntas que serão respondidas de forma individual, em um tempo aproximado de vinte minutos. Os alunos serão informados da importância que no âmbito da educação científica, atribuímos ao conhecimento que eles têm, prévio às aulas, sobre o tema objeto de estudo - circuitos elétricos. Em seguida, ministra-se uma aula teórica onde são explicados os principais dispositivos utilizados na construção de um circuito elétrico simples, tais como pilhas, fios, interruptores e lâmpadas, além da definição de grandezas físicas, como voltagem, resistência e corrente elétrica que estão presentes no estudo de circuitos elétricos.

### **2ª Aula: Apresentação de texto e vídeo sobre elementos de circuitos e produção de energia elétrica.**

Esta aula inicia-se com a leitura de um texto (Apêndice C) que pretende sistematizar o conhecimento dos alunos, levantado no pré-teste, e fornecer conceitos científicos sobre elementos e propriedades dos circuitos elétricos. Nesse sentido, elementos que não estão presentes no texto, tais como, elétrons livres, rede cristalina do metal, movimentos térmico e de arraste dos elétrons provocado pela fonte de energia, deverão ser incorporados no momento da discussão do texto com os alunos. Devem-se exemplificar as transformações de energia possibilitadas através da corrente elétrica, como por exemplo, a transformação de energia elétrica em energia mecânica, no ventilador; em energia sonora no alto-falante; em energia térmica, no chuveiro elétrico ou em luminosa, nas lâmpadas.

Em seguida, apresenta-se um vídeo sobre o processo de produção de energia elétrica. Produzido pelo Telecurso, da Fundação Roberto Marinho, esse vídeo é voltado ao Ensino Fundamental abrangendo a disciplina de ciências. Nele é feita uma análise do “caminho percorrido” pela energia elétrica desde as usinas até nossas casas. São feitas considerações sobre os tipos de energia que serão transformadas dentro na usina, obtendo como resultado dessa transformação a energia elétrica que nós utilizamos. O aluno deve compreender que a produção de energia elétrica acontece dentro das usinas e esse processo exige que outros tipos de energia sejam consumidos. O vídeo pode ser encontrado no endereço eletrônico abaixo:

<http://educacao.globo.com/telecurso/videos/ensino-fundamental-2/t/ciencias/v/telecurso-ensino-fundamental-ciencias-aula-43/1260806/>

### **3ª Aula: Construção experimental de circuitos elétricos.**

Nesta aula e na seguinte, se realizam, no Laboratório de Ciências, as experiências propostas na guia de trabalho - Apêndice D. Para tanto, a turma é dividida em grupos, de até cinco alunos. Todos os componentes para montagem dos circuitos encontram-se dispostos na bancada do laboratório. Listamos abaixo o material que será usado no laboratório de ciências:

- Pilhas AA de 1,5 V;
- Suportes para duas pilhas;
- Lâmpadas de 1,1 V; 2,4 V e 12 V;
- Suporte para lâmpadas;
- Carregador de 12 V;
- Fios flexíveis;
- Garras de metal (Jacarés);
- Interruptores de tomada;
- Vasilhas de plástico;
- Fita Gomada;
- Chaves de fenda ou Philips;
- Grafite de lapiseira;
- Isopor;
- pedaço de madeira (usamos um lápis);
- Chave de metal;
- Colher de metal;
- Borracha;
- Régua de plástico;
- Solução de água com açúcar;
- Solução de água com sal.

Sugere-se que o professor discuta brevemente os conceitos abordados na aula 2 sobre voltagem, corrente elétrica e as transferências de energia propiciadas pela corrente elétrica. Os assuntos abordados nesta aula serão os seguintes: gerador em curto-circuito, elementos necessários para formar um circuito elétrico de corrente contínua, função do interruptor no circuito e a relação entre voltagem e energia elétrica. Na lousa, explica-se o que é uma pilha ou bateria em curto e quais as suas consequências no circuito. Essa orientação é importante para que os alunos não descarreguem as pilhas.

- Atividade 1.1 - conforme orientações do guia de trabalho, os alunos devem descobrir uma maneira de acender a lâmpada. Em seguida, responderão os itens:

a) Descreva as partes da pilha e da lâmpada que devem ser tocadas com os fios para poder ligar a lâmpada? Faça um desenho que mostre a maneira como você fez os contatos dos fios para acender a lâmpada.

b) O que é preciso para acender uma lâmpada? Monte uma frase que mostre suas ideias sobre como acender uma lâmpada.

c) A pilha ajuda a acender a lâmpada? O que a pilha faz?

d) Os fios ajudaram a acender a lâmpada? Qual a utilidade deles?

e) Se os fios não estivessem com as pontas desencapadas, a lâmpada ligaria? Por quê?

O professor pode discutir com os alunos a função da pilha e dos fios no circuito e por que eles são essenciais para acender a lâmpada. Os alunos devem ser indagados sobre a necessidade da cobertura plástica que envolve os fios utilizados.

- Atividade 1.2 - monta-se um circuito para acender uma lâmpada usando fios, suportes, uma pilha e um interruptor. É usado um interruptor comum de tomada. O professor deve explicar, na lousa, o processo para conectar os fios no suporte das pilhas e no interruptor. Após a montagem do circuito, os estudantes responderão os itens da guia:

a) Você conseguiu acender a lâmpada usando o interruptor? Quais foram as dificuldades?

b) É o interruptor que fornece energia para o circuito? O que você acha?

c) Você já usou um interruptor? Onde?

d) Você acha que o interruptor é realmente útil? Por quê?

e) O que significa dizer que um interruptor está aberto? O que significa dizer que um interruptor está fechado?

Nesse momento, o professor destaca a importância do interruptor no circuito, quanto à praticidade e sua utilização no cotidiano mais imediato dos estudantes. O professor pode perguntar aos alunos: no momento em que apertamos o interruptor e ligamos a lâmpada do circuito que foi construído, estamos abrindo ou fechando um circuito? E a energia da lâmpada vem do interruptor? Os alunos devem ser lembrados sobre uma condição necessária para o funcionamento do circuito, o percurso fechado. Como será utilizado um dispositivo familiar para os alunos, então essas perguntas conseguem alcançar situações vivenciais percebidas pelos meninos.

- Atividade 1.3 - usando o circuito da questão anterior pede-se aos alunos para substituir a lâmpada de 1,1 V por outra de 2,4 V e observar o brilho desta última, quando ligada a uma

única pilha e em seguida devem fazer uma previsão sobre o brilho da lâmpada de 2,4 V ao colocarmos duas pilhas. Após isso, os alunos respondem os itens abaixo:

- a) Como você explica o aumento na luminosidade da lâmpada?  
 b) Como você acha que a pilha interfere no movimento dos elétrons dentro do fio?

Os alunos podem ser instigados com a seguinte pergunta – O que pode alterar o brilho da lâmpada? Deve-se observar o dimensionamento, visto que a lâmpada de 2,4 V apresenta maior luminosidade e maior tamanho, comparados a lâmpada de 1,1 V. O professor pode perguntar se os elétrons livres estão presentes no fio mesmo quando a pilha não esta conectada no circuito. Cabe um momento de discussão, onde os conhecimentos dos alunos tornam-se mais elaborados, do ponto de vista científico.

#### **4ª Aula: Construção experimental de circuitos elétricos – Continuação.**

• Atividade 1.4 - usam-se duas pilhas e uma lâmpada de 2,4 V, pede-se aos alunos que abram o circuito deixando duas extremidades de fios livres. Solicitamos que estabeleçam contato com os diferentes materiais abaixo, para verificar o acendimento da lâmpada.

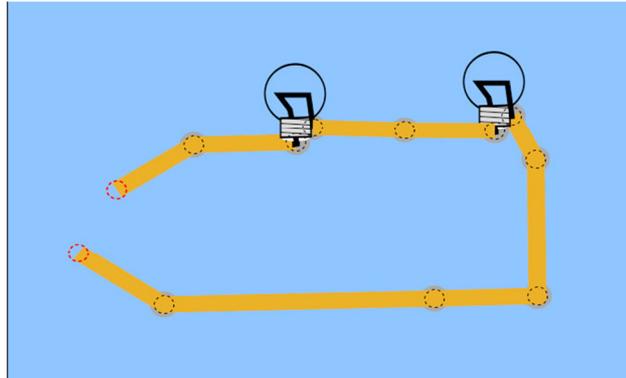
- |                        |            |                |
|------------------------|------------|----------------|
| a) Borracha -          | acende ( ) | não acende ( ) |
| b) Régua de plástico - | acende ( ) | não acende ( ) |
| c) colher de metal -   | acende ( ) | não acende ( ) |
| d) madeira -           | acende ( ) | não acende ( ) |
| e) chave de metal -    | acende ( ) | não acende ( ) |
| f) grafite -           | acende ( ) | não acende ( ) |
| g) isopor -            | acende ( ) | não acende ( ) |
| h) água com açúcar -   | acende ( ) | não acende ( ) |
| i) água com sal -      | acende ( ) | não acende ( ) |

O professor deve discutir sobre a quantidade de elétrons livres em diferentes materiais, introduzindo os fundamentos do conceito de mobilidade das partículas portadoras de carga elétrica. Depois de testar a condutividade da água com sal, o professor deve perguntar se a corrente elétrica é feita apenas de elétrons livres.

Recomenda-se usar um circuito com uma bateria de 12 V, uma lâmpada de 12 V e refazer a experiência para verificar a condutividade da água com sal, no caso da lâmpada não acender com o circuito de 3 V utilizado anteriormente. O professor pode situar o aluno sobre a necessidade do aumento da voltagem para que o meio se torne condutor.

- Atividade 1.5 - os alunos devem montar o circuito, representado na figura 12. No espaço entre os fios deve-se colocar o suporte com duas pilhas. As lâmpadas usadas são de 2,4 V.

Figura 12 - problema 1.5



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

Nesta experiência o aluno deve compreender os elementos que são necessários para que haja corrente no circuito. Logo após, os estudantes respondem a pergunta da guia de trabalho:

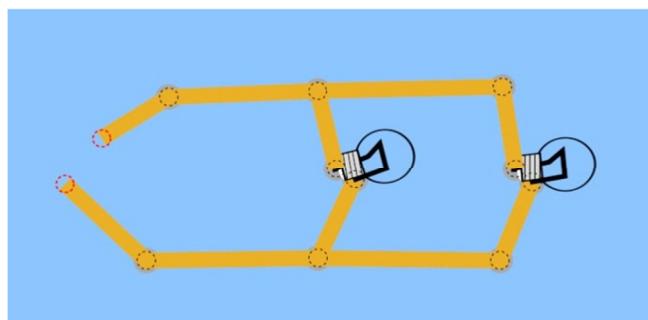
- Se você desenroscar uma das lâmpadas o que acontece com a outra? O que você acha que acontecerá com a movimentação ordenada dos elétrons dentro do fio?

Sugerimos que o professor pergunte por que as lâmpadas apagam se a pilha ainda está ligada no circuito. O professor deve discutir com os alunos: o que provoca o movimento direcionado dos elétrons de condução dentro do metal? E como esse movimento pode ser interrompido?

- Atividade 1.6 - monta-se o circuito, representado na figura 13. No espaço entre os fios deve-se colocar o suporte com duas pilhas. As lâmpadas empregadas são de 2,4 V. Depois de pronto o circuito, os alunos devem retirar uma das lâmpadas do soquete e observar o que acontece com o brilho da outra lâmpada. Em seguida, devem responder a seguinte pergunta:

- Se você desenroscar uma das lâmpadas do soquete o que acontece com a outra? Por que a movimentação direcionada de elétrons não cessou no trecho da outra lâmpada?

Figura 13 - problema 1.6



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

Neste momento, o aluno é chamado a pensar sobre o fato de a voltagem e a corrente atuarem de forma independente sobre cada lâmpada. O professor pode argumentar que depois de retirada uma lâmpada, a outra continua acesa, sem haver nenhuma alteração no brilho, ou seja, algumas grandezas físicas do circuito permanecem constantes. Pressupor quais seriam essas grandezas.

### **5ª e 6ª Aulas: Construção virtual de circuitos elétricos.**

Essas aulas serão conduzidas no Laboratório de Informática da escola com base na guia de trabalho - Apêndice E. Serão quatro exercícios a serem realizados individualmente pelos alunos utilizando o computador. Porém, eles poderão interagir com os colegas e fazer perguntas ao professor quando sentirem necessidade.

Nesses exercícios se contemplam noções sobre o campo elétrico e a diferença de potencial no interior do condutor, a relação entre a voltagem e a corrente, a relação entre resistência e corrente, o conceito de intensidade de corrente, resistência elétrica, sentido real e convencional da corrente elétrica no circuito.

Após uma breve recapitulação dos assuntos abordados nas aulas 3 e 4, o professor deve abrir o simulador PHET deixando disponível, na área de trabalho do computador, o kit de construção de circuito DC. Em seguida, os alunos começam a realizar os exercícios da guia de trabalho.

- Atividade 2.1 - pede-se ao aluno para montar um circuito virtual que permita acender uma lâmpada usando fios e uma pilha. Depois de os alunos construírem o circuito, sugerimos que o professor trabalhe a formação de conceitos como campo elétrico e diferença de potencial ao longo do fio condutor, tomando como ponto de partida a pergunta do problema 2.1 - *Na simulação as bolinhas se moviam ao mesmo tempo ou esperavam umas pelas outras?*

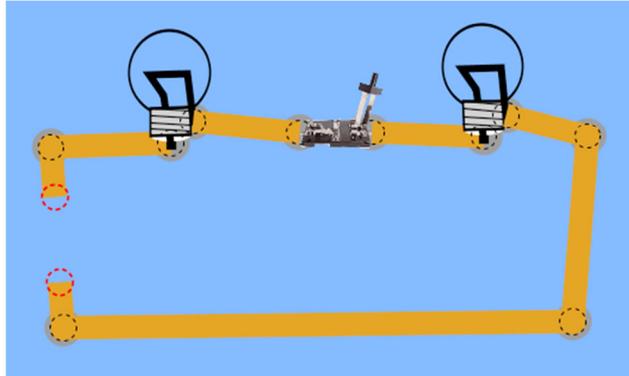
O professor deverá destacar que esta simulação pretende representar o movimento de arraste dos elétrons livres dentro do material condutor quando as extremidades desse material estão submetidas a uma diferença de potencial.

- Atividade 2.2 - os estudantes devem montar um circuito que permita acender uma lâmpada usando fios, uma pilha e agora também um interruptor. Pode-se aproveitar a simulação utilizada no exercício anterior, acrescentando o interruptor entre a pilha e a lâmpada. As posições da chave do interruptor serão testadas, verificando a movimentação das cargas livres e o funcionamento do circuito. A seguir, respondem-se as perguntas da guia:

- a) E se o fio fosse cortado o que aconteceria com o movimento dos elétrons? Por quê?
- b) O fio cortado equivale a um interruptor aberto ou fechado?

- Atividade 2.3 - monta-se o circuito, representado na figura 14, devendo o aluno colocar no espaço entre os fios, a pilha que esta no *menu* do programa de simulação.

Figura 14 - problema 2.3



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

Neste exercício, com base nas perguntas da guia, aborda-se a relação entre voltagem e corrente elétrica, além do conceito de intensidade de corrente.

- O que você acha que são os pontos azuis?
- No momento em que fechamos o interruptor precisamos esperar que uma bolinha próxima da pilha chegue até a lâmpada para acendê-la?
- Clique com o botão direito do mouse sobre a pilha, depois clique em alterar voltagem. Agora aumente e diminua o valor da voltagem da pilha e descreva o que acontece. O que varia? O que continua igual?
- Quando aumentamos a voltagem da pilha, o que acontece com o número de bolinhas que passam por segundo em cada lâmpada?

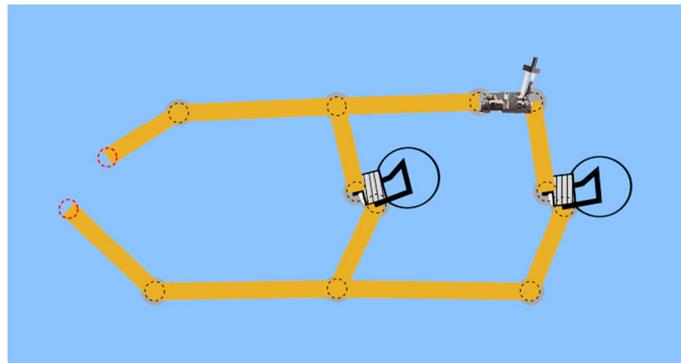
O professor deve dizer que os elétrons “observados” na simulação representam apenas os portadores livres da carga elétrica. Os elétrons sujeitos ao movimento caótico no entorno dos vértices da rede cristalina do metal não são contemplados nessa simulação. O professor deve discutir o conceito de velocidade de arrastre que, em comparação com a rapidez de estabelecimento da corrente no circuito, é muito baixa.

Os alunos devem alterar o valor da voltagem, clicando com o botão direito do mouse sobre a pilha. E depois, observar e descrever as mudanças no brilho da lâmpada, decorrentes de variações na diferença de potencial aplicada. Nesse momento o professor deve relembrar discussões anteriores sobre como se dá o aumento do brilho observado na lâmpada e sobre a relação entre voltagem e energia. Para finalizar este exercício, os estudantes devem aumentar o valor da voltagem e observar o que acontece com a quantidade de elétrons livres que atravessam as lâmpadas por segundo. O professor deve discutir os resultados das observações

dos alunos, salientando que a intensidade de corrente não muda após atravessar a lâmpada ou qualquer dispositivo elétrico. Explica-se na lousa o conceito de seção transversal do fio.

- Atividade 2.4 - os estudantes montam o circuito, representado na figura 15.

Figura 15 - problema 2.4



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

O objetivo desta parte é discutir o significado de resistência elétrica e da sua relação com a corrente, o sentido real de percurso da corrente e a velocidade dos elétrons livres como um fator dependente da voltagem e da resistência.

É desejável que o professor oriente os alunos na montagem do esquema de circuito virtual apresentado. A partir da interação dos alunos com esse circuito, torna-se possível responder as perguntas da guia de trabalho.

- Podemos inverter o sentido de movimento dos pontos azuis? O que você pensa sobre isso?
- Clique com o botão direito do mouse sobre uma lâmpada, (qualquer uma delas, tanto faz!) depois clique em alterar resistência. Agora aumente e diminua o valor da resistência da lâmpada e descreva o que acontece.
- Que efeito o aumento na resistência elétrica provoca sobre a passagem de corrente elétrica?
- Como fazer para mudar a velocidade de movimento dos elétrons livres?

O aluno deve clicar com o botão direito do mouse sobre a imagem da pilha e descobrir a utilidade da função “inverter polaridade”. Discute-se aqui, o sentido real da corrente elétrica. O professor pode comentar sobre o sentido convencional da corrente. Em seguida, o estudante irá clicar com o botão direito do mouse sobre a imagem da lâmpada para investigar a utilidade da função “alterar resistência” da lâmpada. Sugerimos que o professor introduza o significado de resistência elétrica como uma propriedade inerente à matéria que depende do tipo de material e de suas características geométricas. Esperamos que a resistência seja entendida como um obstáculo à passagem dos elétrons livres, devido à própria estrutura do material.

Deverá ser feita uma investigação da relação entre a corrente elétrica e a resistência da lâmpada, na qual os alunos serão convidados a descrever e analisar as consequências microscópicas decorrentes da alteração da resistência elétrica de um dispositivo sobre a velocidade dos elétrons livres no condutor. Para finalizar essa aula, o professor faz a seguinte pergunta: *Que grandezas da física, presentes no circuito, provocam mudança na velocidade dos portadores de cargas livres?* Devem ser discutidas quais são essas grandezas e como se dá a dependência entre elas.

### **7ª Aula: Sistematização integradora da construção experimental e simulação computacional de circuitos elétricos.**

Nessa aula, serão sistematizados os conceitos fundamentais utilizados no estudo de circuitos elétricos. O professor escreverá na lousa os tópicos descritos no parágrafo abaixo sobre os assuntos estudados, acrescentando possíveis dúvidas a serem esclarecidas. Num diálogo aberto com o grupo, oportunizamos a participação dos estudantes, permitindo que eles se pronunciem sobre os conteúdos.

No que diz respeito à sistematização conceitual serão retomados os tópicos abordados na construção experimental e na simulação computacional - elementos de circuito necessários para acender uma lâmpada, interruptor e sua função no circuito, o circuito como um percurso fechado, campo elétrico, o conceito de voltagem, a intensidade de corrente, relação entre voltagem e corrente, sentido da corrente, mobilidade de carga, materiais condutores e isolantes, a relação entre resistência e corrente, conceito de resistência elétrica, relação entre voltagem e energia elétrica, as transformações de energia associadas ao circuito e as proporcionalidades entre as grandezas voltagem, corrente e resistência.

Sobre as concepções alternativas dos estudantes, discutiremos a visão substancial da energia elétrica, ou seja, as pilhas como armazenadores de eletricidade; a recorrência da utilização do termo voltagem e corrente como sinônimos, demonstrando a dificuldade para distinguir e utilizar essas grandezas; o modelo de corrente que se gasta ao atravessar um elemento de circuito, a interpretação da voltagem como uma propriedade da corrente e não da corrente como uma consequência da diferença de potencial entre dois pontos de um condutor, o fio que é concebido apenas como lugar por onde a corrente é transportada. (POZO, 2009).

Identificam-se os componentes do circuito: como o gerador, o receptor ou aparelho elétrico e os fios, que são itens necessários para o funcionamento de um circuito. Busca-se entender a interação que existe entre esses elementos e a necessidade de um percurso fechado

para que eles exerçam seu papel. Destaca-se a importância do interruptor para liberar ou bloquear a passagem de corrente elétrica num trecho de circuito.

Fala-se da diferença de potencial da pilha, como causadora do movimento ordenado dos elétrons livres no interior do material condutor. Acrescenta-se nessa discussão, o campo elétrico, para isso, toma-se o exemplo da lâmpada que acende simultaneamente quando fechamos o interruptor da tomada. Pode-se discutir como esse fato pode acontecer já que a velocidade de arraste dos elétrons é extremamente baixa. Nesse momento, fala-se da interação das cargas com o campo elétrico dentro do fio.

Comenta-se que a velocidade dos pontos azuis simboliza a passagem da corrente elétrica no condutor. Destaca-se que o conceito de intensidade de corrente está associado à quantidade de carga que atravessa a seção transversal do condutor em um tempo conhecido. Fala-se do conceito de carga elétrica elementar e do princípio de conservação das cargas elétricas.

Recomenda-se que o professor discuta o conceito de mobilidade dos portadores de carga, destacando os aspectos estruturais da matéria para diferenciar os materiais condutores dos isolantes. Fazendo referência à experiência 1.4 na qual se estuda a condutividade elétrica da água com sal, o professor deve comentar que a corrente elétrica, nesse caso, não é formada de elétrons livres, mas de outros portadores de cargas, os íons. Assim, o conceito de portadores de cargas livres se generaliza também para os líquidos e, tomando como exemplo as lâmpadas fluorescentes, para os gases.

Apresenta-se a resistência elétrica como uma grandeza diretamente relacionada ao conceito de mobilidade de portadores, ou seja, como uma propriedade inerente a todos os materiais, relacionada à dificuldade da passagem dos portadores de carga pela estrutura atômica do material condutor e, conseqüentemente, à transformação da energia elétrica em calor.

Para explicar outras transformações de energia associadas ao circuito, fala-se da corrente elétrica como base de funcionamento dos aparelhos elétricos. Nesse sentido, os circuitos construídos pelos alunos no laboratório de ciências devem servir de exemplos para subsidiar essa discussão. Outros exemplos de aparelhos que convertem energia elétrica em outras modalidades de energia, por meio dos efeitos da corrente, podem ser citados.

As proporcionalidades entre voltagem, corrente e resistência serão discutidas, tomando por base os exercícios da guia de trabalho referentes às aulas 5 e 6. Com base na simulação discute-se sobre a alteração na resistência da lâmpada, na voltagem da pilha, e sua

interferência sobre a velocidade dos elétrons livres. O professor termina essa aula com uma conversa sobre a impossibilidade de se alterar cada grandeza isoladamente.

### **8ª Aula: Aplicação de questionário avaliativo.**

A sequência didática finaliza com a aplicação de um questionário avaliativo (Apêndice F) que deve ser respondido de maneira individual, não sendo permitida aos alunos nenhuma pesquisa ou consulta, somente a orientação do professor. É desejável que essa avaliação seja feita após certo intervalo de tempo, destinado ao estudo individual ou coletivo dos estudantes e a maturação dos conceitos introduzidos - uma semana, por exemplo. As questões de ordem pessoal devem verificar as principais dificuldades conceituais ou outras dificuldades relacionadas à manipulação experimental e computacional, além de visar o aperfeiçoamento desse material de estudo. As demais questões procuram determinar o nível de compreensão alcançado pelos alunos através dos acertos nas questões objetivas e subjetivas. Nenhuma das perguntas do pós-teste repetiam perguntas formuladas em aulas anteriores.

Pretende-se com esta aula, retirar algumas conclusões sobre os métodos de aprendizagem utilizados a partir dos resultados obtidos, além de tentar medir a aprendizagem dos alunos sobre os conteúdos elencados durante a sequência.

## APÊNDICE B

### QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO - UFRSA  
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS - DCEN

No âmbito do Programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, financiado pelo governo federal, por meio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, resolvemos desenvolver nessa escola um projeto de pesquisa sobre o ensino de eletricidade. De início, desejamos saber que concepções os alunos possuem sobre circuito elétrico, corrente, voltagem e resistência. Com esse objetivo foi produzido o questionário que segue abaixo.

Responda as perguntas abaixo de acordo com suas ideias e vivências.

**1. Você sabe o que é eletricidade? Conte uma situação sobre esse tema**

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

**2. Você sabe o que é energia elétrica? Escreva uma frase sobre isso.**

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

**3. Você sabe o que é condutor elétrico? Dê exemplos.**

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

4. Você sabe o que é isolante elétrico? Dê exemplos.

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

5. Você sabe o que é circuito elétrico? Escreva o que você pensa sobre isso.

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

6. Você sabe o que é voltagem? Escreva ou desenhe o que você imagina sobre isso.

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

7. Você sabe o que é corrente elétrica? Escreva ou desenhe o que você imagina sobre isso.

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

8. Você sabe o que é resistência elétrica? Escreva ou desenhe o que você pensa sobre isso.

Sim ( ) \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Não ( )

## APÊNDICE C

### ELEMENTOS DE CIRCUITOS ELÉTRICOS<sup>2</sup>

Ao colocar um dispositivo elétrico em funcionamento estamos fechando um circuito elétrico. O circuito é constituído de um aparelho elétrico, uma fonte de energia elétrica, que pode estar situada próximo ou distante do aparelho e fios de ligação que conectam adequadamente um ao outro. Para facilitar o manuseio, os circuitos elétricos contém um elemento extremamente importante que é o interruptor. Nos aparelhos elétricos o interruptor é o botão liga-desliga. O metal dos fios de ligação é o caminho ou a trilha por onde a energia elétrica da fonte vai chegar até os aparelhos e a capa plástica que é um material isolante, delimita esse caminho. Quando a energia da fonte está sendo utilizada pelo aparelho, dizemos que o circuito está fechado e que há uma corrente elétrica. Para funcionarem, os aparelhos elétricos precisam ser "alimentados" energeticamente por uma fonte de energia elétrica que pode ser uma pilha ou bateria. Nessa situação há transformação de energia elétrica em outras formas de energia e o que possibilita tal transformação é a existência de corrente elétrica.

Todo aparelho elétrico tem um folheto com instruções de uso e informações sobre as condições de seu funcionamento. Uma dessas informações diz respeito a uma grandeza elétrica, que é a voltagem, o seu valor numérico, no caso da tomada da nossa casa é 220; a sua unidade de medida é o volt e o símbolo de sua unidade é V.

A maioria dos aparelhos elétricos não traz uma informação especificada sobre corrente elétrica, mas ela está presente em todos os aparelhos elétricos quando eles estão em funcionamento. Existem dois tipos de corrente elétrica: a corrente contínua que é fornecida por pilhas e baterias e a corrente alternada que é aquela fornecida pelas usinas para as casas, indústrias, etc. Quando um aparelho é ligado a uma pilha ou bateria, a corrente elétrica se mantém em um mesmo sentido. Isso quer dizer, que a força que impulsiona os elétrons é sempre no mesmo sentido. A corrente contínua tem como símbolo as letras "CC" ou "DC". Já na tomada, a corrente é alternada. Isso significa, que ora a corrente tem um sentido, ora tem outro, oposto ao primeiro. Isso ocorre porque a força que impulsiona os elétrons livres inverte constantemente de sentido. A corrente alternada tem como símbolos as letras "CA" ou "AC" ou mesmo o sinal  $\sim$ .

---

<sup>2</sup> Tomado, com pequenas modificações, das Leituras de Física – Grupo de Reelaboração de Ensino de Física GREF - Eletromagnetismo. Volume 3.

## APÊNDICE D

### GUIA DE TRABALHO PARA CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NO LABORATÓRIO DE CIÊNCIAS.

1.1. Utilize os materiais do Kit nº 1 disponibilizado pelo professor e monte uma situação onde você possa acender uma lâmpada usando fios e uma pilha.

*Material do Aluno – (O Kit nº 1 dispõe de pilhas sem suporte, fios e lâmpadas de 1,1 V sem o soquete.)*

a) Descreva as partes da pilha e da lâmpada que devem ser tocadas com os fios para poder ligar a lâmpada? Faça um desenho que mostre a maneira como você fez os contatos dos fios para acender a lâmpada.

b) O que é preciso para acender uma lâmpada? Monte uma frase que mostre suas ideias sobre como acender uma lâmpada.

---

---

---

c) A pilha ajuda a acender a lâmpada? O que a pilha faz?

---

---

---

d) Os fios ajudaram a acender a lâmpada? Qual a utilidade deles?

---

---

---

e) Se os fios não estivessem com as pontas desencapadas você acha que a lâmpada ligaria? Por quê?

---

---

---

1.2. Utilize o material do Kit nº 2 e monte uma situação onde você possa acender uma lâmpada usando fios, uma pilha e um interruptor. *Material do Aluno - (No Kit nº 2 você encontrará pilhas com suporte, fios, lâmpadas de 1,1 V com suporte, jacarés e interruptores.)*

a) Você conseguiu acender a lâmpada usando o interruptor? Quais foram as dificuldades?

---

---

---

b) É o interruptor que fornece energia para o circuito?

---

---

---

c) Você já usou um interruptor? Onde?

---

---

---

d) Você acha que o interruptor é realmente útil? Por quê?

---

---

---

e) O que significa dizer que um interruptor esta aberto? O que significa dizer que um interruptor esta fechado?

---

---

---

1.3. Use o esquema da questão anterior com uma pilha e substitua a lâmpada de 1,1 V por uma de 2,4 V. Observe o brilho da nova lâmpada e faça uma previsão sobre o que você acha que acontecerá com a intensidade da luz de 2,4 V ao colocarmos duas pilhas. Agora, acrescente a pilha e observe o brilho da lâmpada. Responda os itens abaixo:

a) Como você explica o aumento na luminosidade da lâmpada?

---

---

---

b) Como você acha que a pilha interfere no movimento dos elétrons livres do fio?

---



---



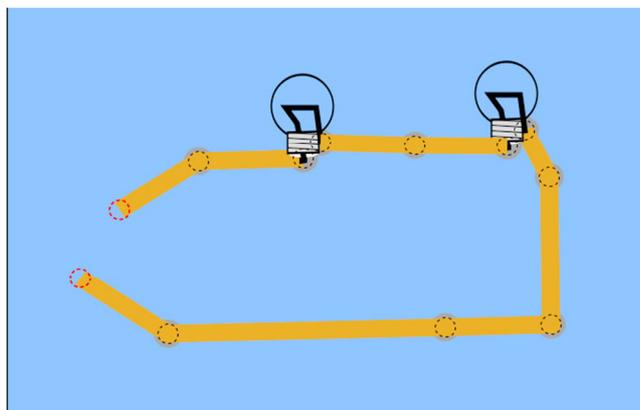
---

1.4. Usando duas pilhas e uma lâmpada de 2,4 V retire agora o interruptor e com as extremidades dos fios livres, estabeleça contato com os diferentes materiais abaixo, para verificar se a lâmpada acende ou não.

- |                        |            |                |
|------------------------|------------|----------------|
| a) Borracha -          | acende ( ) | não acende ( ) |
| b) Régua de plástico - | acende ( ) | não acende ( ) |
| c) colher de metal -   | acende ( ) | não acende ( ) |
| d) madeira -           | acende ( ) | não acende ( ) |
| e) chave de metal-     | acende ( ) | não acende ( ) |
| f) grafite -           | acende ( ) | não acende ( ) |
| g) isopor -            | acende ( ) | não acende ( ) |
| h) água com açúcar -   | acende ( ) | não acende ( ) |
| i) água com sal -      | acende ( ) | não acende ( ) |

1.5. Utilize os materiais do Kit nº 3 e monte a situação que esta representada no esquema da Figura 12. Use duas pilhas. *Material do Aluno – (No Kit nº 3 você usará lâmpadas de 2,4V com suporte, pilhas de 1,5V com suporte, fios e jacarés.)*

Figura 12 - problema 1.5.



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

Se você desenroscar uma das lâmpadas do seu suporte o que acontece com a outra? O que você acha que houve com a movimentação dos elétrons livres dentro do fio?

---

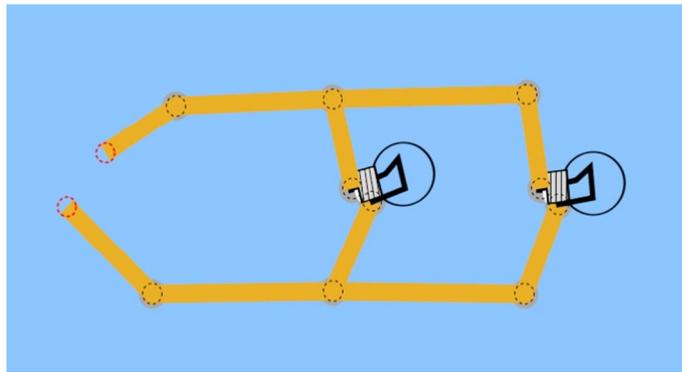
---

---

---

1.6. Utilize os materiais do Kit nº 3 e monte a situação que esta representada no esquema da figura 13. Use duas pilhas. *Material do Aluno – (No Kit nº 3 você usará lâmpadas de 2,4 V com suporte, pilhas de 1,5 V com suporte, fios e jacarés.)*

Figura 13 - problema 1.6



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

Se você desenroscar uma das lâmpadas do soquete o que acontece com a outra? Por que a movimentação de elétrons livres não cessou no trecho da outra lâmpada?

---

---

---

---

## APÊNDICE E

### GUIA DE TRABALHO PARA CONSTRUÇÃO VIRTUAL DE CIRCUITOS ELÉTRICOS, USANDO O PHET.

2.1. Monte no simulador PHET uma situação onde você possa acender uma lâmpada usando fios e uma pilha. Desenhe o esquema que você construiu. Agora responda: Na simulação as bolinhas se moviam ao mesmo tempo ou esperavam umas pelas outras?

2.2. Monte no simulador PHET uma situação onde você possa acender uma lâmpada usando fios, uma pilha e agora também um interruptor. Desenhe o esquema que você construiu. Agora responda:

a) E se o fio fosse cortado o que aconteceria com o movimento dos elétrons? Por quê?

---

---

---

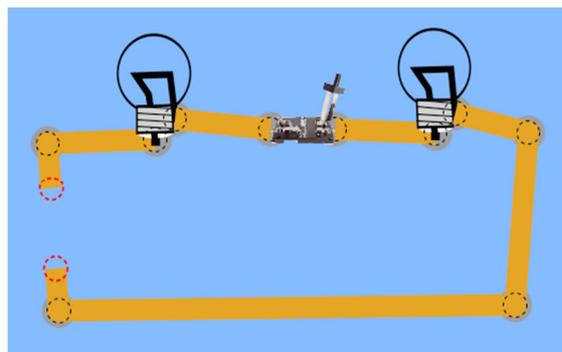
b) O fio cortado equivale a um interruptor aberto ou fechado? Por quê?

---

---

2.3. Monte no simulador PHET um esquema semelhante ao da figura abaixo e responda os itens a seguir.

Figura 14 - problema 2.3



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

a) O que você acha que são os pontos azuis?

---

---

b) No momento em que fechamos o interruptor precisamos esperar que uma bolinha próxima da pilha chegue até a lâmpada para acendê-la?

---

---

---

c) Clique com o botão direito do mouse sobre a pilha, depois clique em alterar voltagem. Agora aumente e diminua o valor da voltagem da pilha e descreva o que acontece. O que varia?

---

---

---

d) Quando aumentamos a voltagem da pilha, o que acontece com o número de bolinhas que passam por segundo em cada lâmpada?

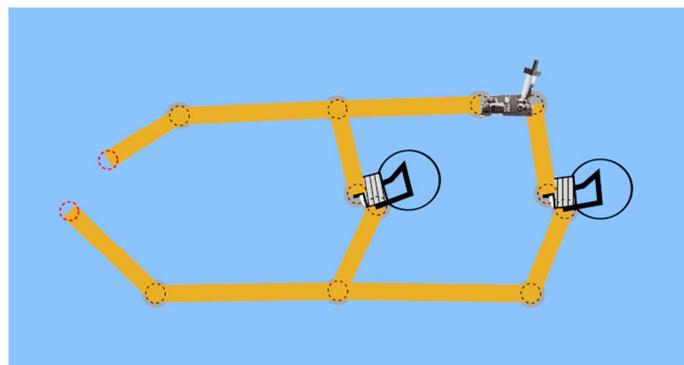
---

---

---

2.4. Monte no simulador PHET um esquema semelhante ao da Figura abaixo e responda os itens a seguir.

Figura 15 - problema 2.4



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

a) Podemos inverter o sentido de movimento dos pontos azuis? O que você pensa sobre isso?

---

---

---

b) Clique com o botão direito do mouse sobre uma lâmpada, (qualquer uma delas, tanto faz!) depois clique em alterar resistência. Agora aumente e diminua o valor da resistência da lâmpada e descreva o que acontece.

---

---

---

c) Que efeito o aumento na resistência elétrica provoca sobre a corrente?

---

---

---

d) Como fazer para mudar a velocidade de movimento dos elétrons?

---

---

---

## APÊNDICE F

### QUESTIONÁRIO AVALIATIVO PÓS-TESTE

Aluno: \_\_\_\_\_ Série: \_\_\_\_\_ Turma: \_\_\_\_\_

1. Em que situação você aprendeu mais? Com a atividade real ou a virtual? O que você gostou mais e onde sentiu mais dificuldade?

---

---

---

2. Você descobriu ou aprendeu alguma coisa que não era do jeito que você pensava?

---

---

---

3. Você pode dizer o que é necessário para mudar o brilho de uma lâmpada ligada em um circuito? Comente se existe alguma relação do brilho da lâmpada com a velocidade de movimento dos pontos azuis que você observou no laboratório de informática.

---

---

---

4. A velocidade dos pontos azuis representa melhor qual propriedade do circuito?

( ) resistência ( ) voltagem ( ) corrente ( ) eletricidade ( ) não sei

5. Quando muda a velocidade desses pontos azuis é porque muda o(a):

( ) energia elétrica ( ) voltagem ( ) interruptor ( ) resistência ( ) não sei

6. Qual a fonte de energia de um circuito elétrico?

( ) pilha ( ) fios ( ) lâmpada ( ) interruptor ( ) não sei.

7. O brilho de uma lâmpada é melhor representado qual propriedade do circuito?

( ) eletricidade ( ) voltagem ( ) energia elétrica ( ) corrente ( ) não sei

8. O filamento de uma lâmpada incandescente esta ligado ao conceito de:

( ) resistência ( ) voltagem ( ) corrente ( ) eletricidade ( ) não sei

9. Resistência elétrica esta associada a um(a) \_\_\_\_\_ na passagem de cargas elétricas pela estrutura do material.

( ) atração ( ) repulsão ( ) caminho ( ) dificuldade ( ) não sei

10. O movimento organizado de cargas elétricas dentro do fio é:

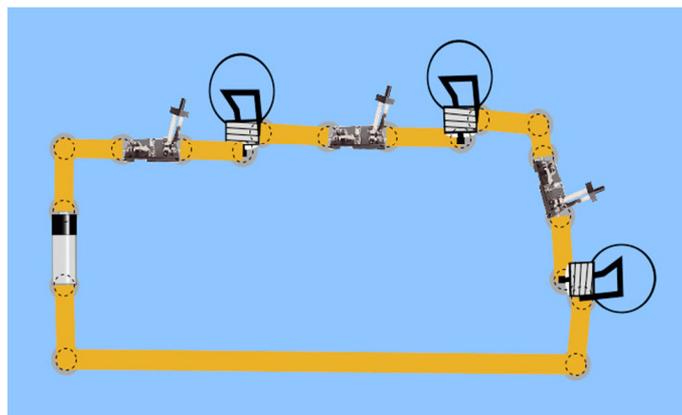
( ) resistência ( ) voltagem ( ) corrente ( ) energia elétrica ( ) não sei

11. Quando os pontos azuis estão parados não há transferência de \_\_\_\_\_ para o equipamento poder funcionar.

( ) resistência ( ) voltagem ( ) corrente ( ) energia elétrica ( ) não sei

12. Imagine que você é um engenheiro elétrico ou um técnico eletricitista. Qual esquema você usaria na instalação elétrica de uma casa? O esquema da figura 16 ou da figura 17? Explique por que você acha isso? Considere que cada esquema se refere a uma casa com três cômodos.

Figura 16 - esquema de circuito em série



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

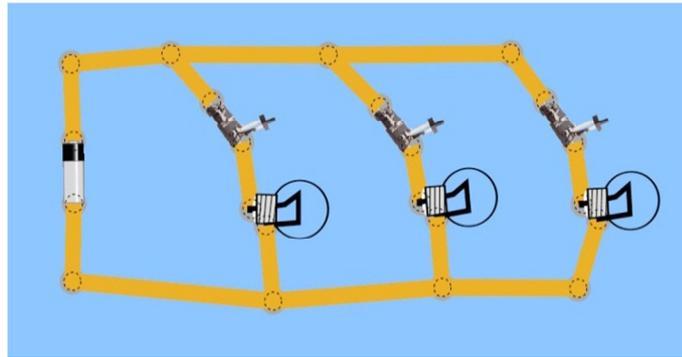
a) Usaria este esquema? Sim ou Não? Por quê?

---

---

---

Figura 17 - esquema de circuito em paralelo



Fonte: <https://phet.colorado.edu/pt/>

b) Usaria este esquema? Sim ou Não? Por quê?

---



---



---

13. A quantidade de bolas azuis que atravessam o circuito, chegando por segundo na lâmpada é igual, maior ou menor que a quantidade de bolas azuis que saem da lâmpada por segundo? Há alguma alteração na corrente depois de atravessar a lâmpada?

---



---



---

14. O que provoca o movimento das bolas azuis? O que você acha que é preciso para que elas comecem a se mover dentro dos fios?

---



---



---

15. Será que o brilho forte da lâmpada provoca um aumento na velocidade das bolas azuis? Ou é a movimentação rápida das bolas azuis que causa uma maior intensidade no brilho da lâmpada? Em outras palavras, você acha que é a voltagem que provoca o aparecimento da corrente elétrica? Ou será que é a corrente elétrica que causa a voltagem? O que você pensa sobre isso? \_\_\_\_\_

---



---

16. Depois de tudo que você estudou e aprendeu o seu conceito de corrente elétrica mudou? Explique com suas palavras o que é corrente elétrica?

---



---



---

17. Depois de tudo que você estudou e aprendeu a sua definição de voltagem elétrica é a mesma? Explique com suas palavras o que é voltagem elétrica?

---



---



---

18. Depois de tudo que você estudou e aprendeu a sua definição de resistência elétrica mudou? Explique com suas palavras o que é resistência elétrica?

---

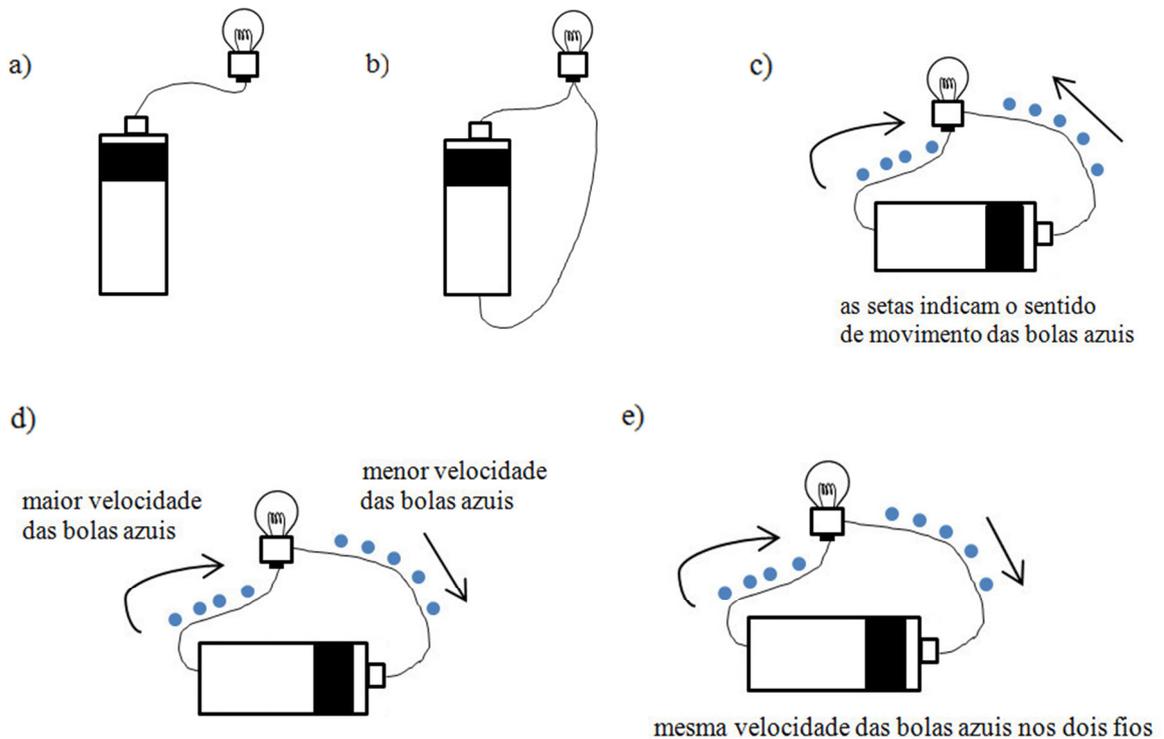


---



---

19. Você já investigou como ocorre a circulação da corrente elétrica entre a pilha e a lâmpada. Agora marque o item que representa o modelo de corrente adequado para o circuito elétrico simples de corrente contínua. (Driver et. al., 1994 apud POZO, 2009).



20. Como você avalia o seu aprendizado sobre circuitos elétricos ao final de todas essas atividades? Você pode escrever aqui alguns pontos importantes do seu aprendizado.

---

---

---

---

**ANEXO A****TERMO DE CONCESSÃO PARA UTILIZAÇÃO DE IMAGEM**

Eu, \_\_\_\_\_, responsável por  
 \_\_\_\_\_, portador

(nome do aluno)

da cédula de identidade RG no. \_\_\_\_\_, residente e domiciliado(a) em

\_\_\_\_\_ concedo

(endereço)

ao \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

(nome do mestrado ou do grupo de estudos)

em caráter irrevogável e irretroatável e irrevogável por tempo indeterminado, autorização para utilizar  
 imagem e som de \_\_\_\_\_,

(nome do aluno)

gravados em atividade de ensino da \_\_\_\_\_.

(nome da escola)

Estas gravações serão utilizadas apenas como dados de pesquisas a serem realizadas  
 nesta instituição visando a melhoria da Educação em Ciências no Ensino Fundamental. Estou  
 ciente, portanto, que a imagem e o som destes vídeos não poderão ser utilizados e veiculados  
 como material de divulgação.

\_\_\_\_\_, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_

(assinatura do responsável)