



**ENSINO DE ELETRODINÂMICA POR UMA UNIDADE DIDÁTICA
BASEADA NAS TEORIAS HISTÓRICO-CULTURAL E
DESENVOLVIMENTAL**

Wilson Campos Oliveira

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Dr. Igor Tavares Padilha

Manaus
2019

**ENSINO DE ELETRODINÂMICA POR UMA UNIDADE DIDÁTICA
BASEADA NAS TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL E DESENVOLVIMENTAL**

Wilson Campos Oliveira

Orientador: Dr. Igor Tavares Padilha

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Dr.

Prof^ª. Dr.

Prof. Dr.

Manaus
2019

FICHA CATALOGRÁFICA

Dedico esta dissertação a minha mãe, Rosângela Campos Oliveira.

Ao meu pai, José Pereira de Oliveira.

A minha esposa, Renata de Souza Oliveira.

A minha filha, Giovana Costa Oliveira.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me deu a capacidade e energia durante este longo processo de pesquisa e produção.

Em seguida, agradeço a minha família, por ter demonstrado carinho, compreensão e apoio nos mais diversos momentos, sobretudo aqueles em que o desânimo e os obstáculos se mostraram mais árduos e complicados de serem superados.

Agradeço também aos meus queridos amigos da “Mesa Vermelha”, título conferido à mesa onde se desenvolveram os mais diversos diálogos e debates, lugar de trocas de experiências e pensamentos, onde todos estão igualmente unidos no propósito de colaborar e ajudar uns aos outros em todos os momentos, principalmente os que ocorrem nos dias mais difíceis.

Ao meu amigo, Aidã Barbosa, por ter singelamente me auxiliado com as eventuais dicas e correções dos aspectos da língua portuguesa.

Aos meus queridos amigos do curso de mestrado profissional: Raimundo Fredson, Ronildo, Sarah, Tatiane, Raimundo Wagner, Luana, Edmilson, Robenita e Camilo.

Aos professores do curso de mestrado, deixo meu mais profundo respeito e agradecimento.

Ao meu orientador, Professor Doutor Igor Tavares Padilha, pela paciência e cobrança, sem as quais eu não teria chegado até aqui. Sem dúvidas, devo muito ao apoio a mim prestado por essa pessoa que é inegavelmente importante em minha carreira e vida.

RESUMO

ENSINO DE ELETRODINÂMICA POR UMA UNIDADE DIDÁTICA BASEADA NAS TEORIAS HISTÓRICO-CULTURAL E DESENVOLVIMENTAL

Wilson Campos Oliveira

Orientador: Dr. Igor Tavares Padilha

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Elaborou-se uma unidade didática como proposta de ensino de conceitos relacionados à Eletrodinâmica, dando início, portanto, aos estudos de Física. A abordagem do tema feita por essa unidade didática se pauta nos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistores e leis de Ohm, fazendo uso e debatendo as diversas estratégias de ensino, como textos de divulgação científica, experimentação, trabalhos em equipe etc. Buscando responder à pergunta: de que maneira a implementação de uma unidade didática, com abordagens metodológicas diversas, como trabalhos em equipes, leituras de textos científicos e experimentos de caráter investigativo, pode contribuir para o debate e a aprendizagem de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica? Como subsídio teórico, foram utilizadas para todas as atividades a teoria do ensino desenvolvimental, de Davydov, e a teoria de mediação histórico-cultural, de Vigotsky. A maneira como se decidiu tratar o problema foi na intenção de propiciar circunstâncias que estão muito além do mero ato de memorizar o conteúdo cobrado nos vestibulares das universidades, tornando os alunos em sujeitos ativos, ou melhor, protagonistas ante às atividades propostas a eles. Propiciaram-se atividades cuja realização evidenciava os procedimentos de investigação e o modo como se desenvolve a ciência, contextualizadas socio-econômico-culturalmente, de maneira que fosse possível aos alunos a apropriação dos procedimentos dos quais eles fizeram uso para criar as inúmeras teorias físicas, no intuito de compreenderem da mesma maneira como se dá o fazer ciência. Desenvolveram-se as atividades num total de oito aulas de cinquenta minutos, com alunos da segunda série do Ensino Médio. De maneira que seja possível aos docentes perceber o modo como cada atividade foi feita pelos alunos, realizou-se uma análise de todo o material produzido com base no método de Análise de Conteúdo de Bardin (1977). Direções são apontadas por meio dessas análises, de maneira que os docentes que fizerem uso desse material tenham a possibilidade de melhorar em suas atividades. Portanto, o produto educacional será disponibilizado aos docentes que demonstrarem interesse em conhecer ou fazer uso desse material.

Palavras-chave: Física, eletrodinâmica, atividade experimental investigativa, unidade didática, Vigotsky, Davydov.

Manaus
2019

ABSTRACT

EDUCATION OF ELECTRODYNAMICS IN HIGH SCHOOL THROUGH THE USE OF A TEACHING UNIT IN A PRIVATE SCHOOL IN CITY MANAUS-AM

Wilson Campos Oliveira

Supervisor: Dr. Igor Tavares Padilha

Master's Dissertation submitted to the Program in the Professional National Master's Course of Physics Teaching (MNPEF), as part of the requirements necessary to obtain the Master's Degree in Physics Teaching.

A didactic unit was elaborated as a proposal for teaching concepts related to Electrodynamics, thus starting the studies of Physics. The approach of the theme made by this teaching unit is based on the concepts of electric current, potential difference, resistors and Ohm laws, making use and debating the various teaching strategies, such as texts of scientific dissemination, experimentation, teamwork and etc. Seeking to answer the question: How can the implementation of a didactic unit, with different methodological approaches, such as team work, reading of scientific texts and investigative experiments, contribute to the debate and learning of content concepts related to Electrodynamics? As a theoretical framework, Davydov's theory of developmental teaching and Vigotsky's theory of cultural historical learning were used for all activities. The way it was decided to deal with the problem was to provide circumstances that are far beyond the mere act of memorizing the content charged in university entrance exams, turning students into active subjects, or rather protagonists before the activities proposed to them. Activities were carried out whose performance evidenced the research procedures and the way science is developed, contextualized socio-economically and culturally, so that it was possible for students to appropriate the procedures they used to create the numerous physical theories, in order to understand the same way as science is done. The activities were developed in a total of eight fifty-minute classes, with students from the second grade of high school. In order to make it possible for teachers to understand how each activity was done by students, an analysis of all material produced based on Bardin's Content Analysis method (1977) was performed. Directions are pointed through these analyzes, so that teachers who make use of this material have the possibility to improve their activities. Therefore, the educational product will be made available to teachers who show interest in knowing or making use of this material.

Keywords: Education, physics, electrodynamics, investigative experimental activity, didactic unit.

Manaus
2019

Lista de figuras

Figura 1- Sistema hidráulico composto por duas caixas d'água e conectados entre si por uma tubulação.....	20
Figura 2 - Sistema composto por duas esferas carregadas e conectados entre si por um fio condutor. Fonte: produzido pelo autor.	20
Figura 3 - Gráficos das correntes CC e CA em função do tempo. Fonte: http://athoselectronics.com/corrente-alternada-continua/ , adaptada pelo autor.	22
Figura 4 - Representação da densidade de corrente. Fonte: Halliday e Hesnick (1996).	23
Figura 5 - Sistema hidráulico utilizando uma bomba para manutenção do desnível entre as caixas d'água e da corrente nas tubulações. Fonte: Produzido pelo autor.	24
Figura 6 - Sistema elétrico utilizando uma pilha para produzir uma diferença de potencial e, conseqüentemente, corrente elétrica no condutor. Fonte: Produzida pelo autor.	25
Figura 7 - Representação esquemática de um circuito ligado em série	27
Figura 8 - Representação esquemática de um circuito ligado em paralelo	28
Figura 9 - Representação esquemática de associação estrela (Y)	29
Figura 10 - Representação esquemática de associação triângulo (Δ).....	29
Figura 11 - Representação esquemática da transformação triângulo-estrela (ΔY)	30
Figura 12 - Representação esquemática da transformação estrela-triângulo ($Y\Delta$)	30
Figura 13 - a. Gráfico $U \times i$ para um resistor ôhmico; b. Gráficos $U \times i$ para dois resistores não ôhmicos. Produzida pelo autor.....	31

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Respostas para o item (a) Observando o aparato que está montado sobre a bancada, as lâmpadas demonstram o mesmo brilho? Tente justificar essa resposta inicial.	53
Tabela 2 - Respostas para o item (b) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?	53
Tabela 3 - Respostas para o item (c) De que maneira a corrente elétrica se comporta neste circuito? Qual o seu valor nominal?	54
Tabela 4 - Respostas para o item (d) Qual a tensão elétrica em cada lâmpada?	54
Tabela 5 - Respostas para o item (e) Onde é possível encontrar uma ligação em série no dia a dia?	54
Tabela 6 - Respostas para o item (f) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique.....	55
Tabela 7 - Respostas para o item (a) Você recebeu alguns materiais específicos para criar um modelo de circuito em paralelo. Assim, ao ligarmos o circuito, descreva o que você observa.....	58
Tabela 8 - Respostas para o item (b) O que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso? Qual o comportamento da corrente elétrica neste circuito?	59
Tabela 9 - Respostas para o item (c) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?	59
Tabela 10 - Respostas para o item (d) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique.....	60
Tabela 11 - Respostas para o item (e) Desenvolva o cálculo para descobrir os valores das resistências de cada lâmpada. Em seguida, encontre o valor da resistência equivalente do circuito trabalhado com as lâmpadas de igual potência (40W).	61
Tabela 12 - Respostas para o item (f) Fazendo uso das leis de Ohm, qual é o valor da corrente elétrica em cada lâmpada de 40W, e na de 60W?	61
Tabela 13 - Respostas para o item (g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação em paralelo?.....	62
Tabela 14 - Respostas para o item (a) Utilize os materiais sobre a bancada para montar um circuito elétrico com duas lâmpadas de 40W em série associada a uma terceira de 40W em paralelo.	64
Tabela 15 - Respostas para o item (b) Antes de começarmos o experimento, você acha que as lâmpadas demonstrarão o mesmo brilho? Tente justificar.	65
Tabela 16 - Respostas para o item (d) Fazendo uso do conceito de potência elétrica, descreva em detalhes o que você observa ao ligarmos o circuito montado sobre a bancada.....	66
Tabela 17 - Respostas para o item (e) Qual a tensão e a corrente elétrica na lâmpada ligada em paralelo? E nas lâmpadas em série? Desenvolva o cálculo.	66
Tabela 18 - Respostas para o item (f) Utilizando o mesmo circuito da questão anterior, o que você acha que acontecerá com a lâmpada em paralelo, que é de 40W, se associarmos uma terceira lâmpada, que também é de 40W, na associação em série? E o que você acha que acontecerá com as outras lâmpadas, de 40W cada, ligadas em série?	67
Tabela 19 - Respostas para o item (g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação mista?.....	67

Sumário

1. Introdução	1
1.1 Problema de Pesquisa	4
1.2 Objetivo	5
1.2.1 Objetivos específicos	5
1.3 A organização da dissertação	5
2. Fundamentação teórica	7
2.1 A aprendizagem por meio da teoria construtivista	7
2.2 O método utilizado para elaboração da unidade didática	10
2.3 Esquemas didáticos	11
2.4 Textos de divulgação científica	11
2.5 Experimentos didáticos	14
3. O estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio	18
3.1 O estudo dos circuitos elétricos mediante as grandezas físicas da eletrodinâmica.	19
3.1.2 Corrente Elétrica	19
3.1.3 Densidade de Corrente	22
3.1.4 Diferença de Potencial	23
3.1.5 Resistência Elétrica	25
3.1.6 Lei de Ohm	31
4 Metodologia	32
4.1 Metodologia de construção da unidade didática	32
4.2 Metodologia de pesquisa	36
5 Resultados e discussões	39
6. Considerações finais	69
Referências Bibliográficas	73
APÊNDICE A – Produto educacional	76
APÊNDICE B – Textos de divulgação científica usados nas aulas 1 e 2	114
APÊNDICE C – Questionário aplicado nas aulas 1 e 2	123
ANEXO 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido	127
ANEXO 2 – Registros Fotográficos	129

1. Introdução

O grande estímulo para o desenvolvimento desse trabalho se origina da extensa jornada vivida ao longo de 11 anos atuando como professor no ensino médio, para ser um pouco mais específico, ministrando Física, na maior parte do tempo em uma centro educacional da rede privada de ensino de Manaus (AM), que adere um sistema de ensino apostilado. Assim como tem sido adotado geralmente pelas escolas da rede privada de ensino, o grande objetivo do trabalho com o ensino dessa escola é propiciar aos alunos que conquistem uma vaga nas principais universidades públicas do país, como a Universidade Federal do Amazonas (UFAM), que aderiram ao Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) como método de triagem. Antes de tudo, não há problema algum com esse cenário. É sabido que esse centro educacional possui elevado índice de classificação nesse tipo de triagem, demonstrando, portanto, que seu objetivo central tem sido conquistado. Contudo, faz-se necessário enfatizar que tal objetivo está alinhado aos desejos da sociedade, que projetam o melhor cenário de futuro para seus filhos no ingresso desses nas universidades. Porém, por qual motivo isso estimulou o impulso para desenvolver esse projeto?

Ao longo do tempo, é possível perceber que em instituições de ensino que trabalham com sistema apostilado, locais onde a principal meta é conduzir o máximo possível de alunos a alcançarem uma vaga em universidades, há problemas diversos problemas. Um exemplo que se pode mencionar aqui é que aquilo que mais se busca como objetivo do processo de ensino-aprendizagem, que é formar cidadãos que sejam críticos e aptos para interpretar a realidade em que vivem, fazendo uso dos saberes obtidos e desenvolvidos ao longo de seu tempo de formação na escola, acaba por ser deixado de lado, quase sem ser mencionado no decorrer de muito tempo.

Outro equívoco que também se pode perceber é a maneira como tem sido apresentada a ciência nesses tipos de materiais, as apostilas de ensino, isto é, sua visão é de algo já concluído, terminado, pronto. Assim, configura-se num problema, pois se esquece que o conhecimento científico em seu processo de construção acaba por ser relegado ao esquecimento. O debate acerca das influências que tanto a ciência, quanto os cientistas sofrem da comunidade em que estão inseridos não é mostrada aos estudantes. O saber é visto de modo fragmentado, sem demonstrar o todo, as amarrações. Desse modo, percebe-se que esse tipo de cenário não é o melhor que se tem para desenvolver alunos críticos, que tenham plena compreensão da comunidade em que estão inseridos e de que maneira a ciência nela interfere, ou seja, pode-se

dizer que um ambiente favorável a uma formação cidadã crítica é aquele onde a ciência, aspecto singular do currículo educacional brasileiro, deve ser vista como um processo que permanece em constante construção, e que os estudantes, portanto, possuem papéis significativos nesse processo, pois cidadãos.

Algumas tentativas para solucionar tais complicações foram implementadas, por exemplo os documentos oficiais regulamentadores do ensino no país. Porém, para os sistemas da rede privada de ensino, essas iniciativas têm pouquíssimo efeito, muito abaixo do que se gostaria de conjecturar. Pode-se observar que a maioria das escolas ainda prefere adotar um ensino conteudista, cujos alunos são vistos como recipientes nos quais se coloca todo conhecimento, isto é, conteúdo essencial para que ele consiga uma vaga através de uma nota classificatória no ENEM.

No decorrer dos anos de docência, tem-se percebido que, embora muitos sejam tidos como bons alunos, grande parte desses não chega a conseguir associar esses saberes obtidos durante seu tempo passado na escola com os debates pertencentes ao seu tempo e ao seu ambiente, portanto, deixam de desenvolver a criticidade, isto é, capacidade de argumentar de forma racional e contundente. Em outras palavras, esses alunos não conseguem atribuir sentido à ciência que é estudada nas instituições de ensino.

Assim, com o intuito de mostrar aos alunos como se dá o processo do fazer ciência, foi desenvolvida essa proposta de trabalho, já que é essencial o contexto socio-econômico-cultural no qual se originam as ideias. Esse modo de tratamento colabora para desmitificar a falsa ideia de que a Física é completa, que essa disciplina foi totalmente desenvolvida e concluída por pessoas que tinham intelectos extraordinários e que assim o fizeram por pura curiosidade; e contribuir para compreender que há um processo histórico elaborado por meio da participação mútua de muitos atores.

Ao desenvolver este projeto, teve-se a pretensão de fazê-lo como uma alternativa para fugir desse cenário contemporâneo. Desse modo, busca-se consolidar aquilo que é proposto pelos PCN+: “Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade” (BRASIL, 2002). Assim como também se buscar seguir a orientação da BNCC (2016, p. 587):

É fundamental que esse corpo organizado de conhecimentos seja percebido em sua dinamicidade histórica e social. Trata-se de um conhecimento que se desenvolveu – e se desenvolve – em diálogo constante com o mundo natural e social, em um processo marcado por rupturas e continuidades, no qual conhecimentos anteriores são, por vezes, ampliados, mas em muitos aspectos superados ao longo do tempo.

Embora os documentos oficiais façam tais considerações, o que se observa na rede privada de ensino é que o saber científico, por meio do resolver problemas e do utilizar a linguagem matemática, continua sendo o grande destaque. Nesse contexto, deixam-se à parte inúmeras maneiras de expressar o conhecimento da Física, tais como: apresentação de seminários, debates de textos veiculados em diversas plataformas, como jornais e revistas, a escrita dentre outros.

Como o propósito de apresentar novas metodologias de ensino, que oportunizem aos alunos desenvolver as competências e habilidades debatidas até esse ponto, foi proposto fazer um debate acerca do ensino de Física no ensino médio, por meio de atividades que permitem evidenciar os limites do atual ensino. Tal tratamento teve como suporte o estudo de conceitos relacionados à Eletrodinâmica, a partir dos debates acerca da importância desses para o entendimento do funcionamento de circuitos elétricos; e esse foi item usado para desenvolver esse material didático aqui apresentado. Faz-se necessário e essencial mencionar que o tratamento aqui debatido pode, virtualmente, ser utilizado em outros campos da Física, tais como a Mecânica, Óptica, Termologia dentre outros. Não é objetivo deste estudo findar o tema acerca da mudança de postura do docente e dos discentes, tampouco ditar os moldes de ensino, mas iniciar um debate para que o aluno atinja a um novo entendimento da Física.

Desenvolveu-se este trabalho em 8 aulas de 50 minutos, com uma classe de 2º ano do Ensino Médio, na cidade de Manaus-AM, constituída de 29 alunos, sendo que destes apenas 23 colaboraram para desenvolver as atividades de modo voluntário no contraturno da escola.

Para pensar e desenvolver as atividades deste projeto, utilizou-se a teoria histórico-cultural de Vigotsky e a teoria do ensino desenvolvimental de Davydov, cujos pressupostos apontam para uma natureza social da aprendizagem, ou seja, que é somente através das interações sociais que o sujeito desenvolve suas funções psicológicas superiores. Além disso, também indicam que a ênfase do ensino e a aprendizagem está no todo, no caráter geral dos objetos e se manifesta mediante as correspondentes operações do indivíduo.

Além disso, também se utilizaram, no desenvolvimento desta pesquisa, táticas como trabalhos em equipes, textos de divulgação científica e experimentação. Dado que as atividades foram desenvolvidas em equipes, os alunos estiveram mais dispostos a trocar informações, fazendo com que a construção do saber se desse de maneira socializada. Os textos de divulgação científica levados à sala de aula evidenciaram que tais recursos podem disseminar fatos científicos por meio de inúmeros veículos de comunicação, como: vídeos, projetos televisivos, sites da *web*, revistas e jornais, além do que se pode da mesma maneira instigar os alunos à

prática habitual da leitura, ou seja, gostar de fazer leituras. Na aplicação dos experimentos, os alunos se tornaram efetivamente partícipes do processo de construção do saber, indagando e apresentando hipóteses, refutando a ideia da ciência como algo que não pode ser questionado.

As atividades foram desenvolvidas em equipes de quatro a cinco alunos, definidos por eles mesmos e assim permaneceram durante todo o desenvolvimento do trabalho até a última aula.

Durante o desenvolvimento das atividades, aos alunos foi oportunizado observarem a maneira pela qual se desenvolve a ciência e de que modo os cientistas procuram soluções para os problemas que têm diante de si, sendo que tais problemas podem ser tanto de ordem teórica quanto prática. Assim, problematizaram-se os modos pelos quais são obtidos os conceitos, bem como se evidenciou o valor desses para se desenvolver novos saberes.

Para que o aluno compreendesse o modo como se dá o desenvolvimento da ciência, buscou-se não separar a realidade, de maneira a estabelecer elos entre os conhecimentos escolares e do dia a dia, evidenciando destarte um cuidado entre teoria e *práxis*.

É fundamental que, para formar cidadãos que sejam críticos, a instituição de ensino se torne inovadora e se transforme em um lugar de eficaz e satisfatória formação, para que desta forma o aluno obtenha autonomia e possa se tornar um agente essencial na construção e manutenção da sociedade.

1.1 Problema de Pesquisa

Neste trabalho, elaborou-se e se implementou uma unidade didática, fundamentada na teoria histórico-cultural de Lev Semenovitch Vigotsky e na Teoria do Ensino Desenvolvimental de Davydov, fazendo uso de textos de divulgação científica e na experimentação de caráter investigativo no ensino de física. Desse modo, buscou-se responder à seguinte questão: De que maneira a implementação de uma unidade didática com abordagens metodológicas diversas como trabalhos em equipes, leituras de textos científicos e experimentos de caráter investigativo pode contribuir para o debate e a aprendizagem de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica?

No intuito de responder essa questão, propuseram-se os objetivos a seguir:

1.2 Objetivo

Investigar se a implementação de uma unidade didática, por meio de processos metodológicos específicos, contribui de modo significativo para o debate e a aprendizagem de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, de uma escola da rede particular de ensino na cidade de Manaus/AM.

1.2.1 Objetivos específicos

No intuito de alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos alguns objetivos específicos que guiarão o desenvolvimento das atividades, são eles:

- a) Elaborar e implementar uma unidade didática, fazendo uso de diversas estratégias de ensino como leituras de textos de divulgação científica, trabalhos em equipes e atividades experimentais investigativas, para desenvolver conceitos relacionados a conteúdos da Eletrodinâmica;
- b) Identificar como os alunos reagem à estratégia de se usar conceitos de conteúdos relacionados ao tema Eletrodinâmica, destacando o pensamento de uma ciência em constante processo de construção;
- c) Verificar de que maneira textos científicos podem contribuir para o debate e desenvolvimento de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica;
- d) Analisar de que maneira os alunos associam os conceitos teóricos às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas colaborando para sua formação cidadã;
- e) Verificar se a efetivação da didática proposta pode proporcionar discussões e interação dos alunos no processo de desenvolvimento do saber.

1.3 A organização da dissertação

Esta dissertação é apresentada em seis capítulos, dois apêndices e dois anexos.

Esta introdução tem o intuito de localizar o leitor no contexto da pesquisa, bem como apresentar a justificativa desse estudo, questão norteadora, objetivo geral e específicos, e organização dessa dissertação.

O capítulo 2 expõe o referencial teórico utilizado para fundamentar esse estudo. Primeiramente, destaca-se a teoria histórico-cultural, de Lev Semenovitch Vigotsky, e a do Ensino Desenvolvimental, de Davydov, que embasam o desenvolvimento deste trabalho. Além disso, também são apresentadas as referências que embasam a utilização das demais ferramentas de ensino, como: o uso de textos de divulgação científica, o ensino por meio de uma unidade didática, e a experimentação científica.

O capítulo 3 apresenta uma contextualização do ensino de física no ensino médio, feita por meio de pesquisa bibliográfica, no intuito de possibilitar ao pesquisador se apropriar dos objetivos que nortearão os estudos dos conteúdos escolhidos para esta pesquisa, que neste caso são os conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica.

O capítulo 4 descreve e debate a metodologia utilizada para desenvolver a unidade didática, bem como a metodologia de pesquisa que foi adotada para analisar os resultados obtidos junto aos alunos.

O capítulo 5 traz a análise do *corpus* da pesquisa, constituído da coleta das atividades desenvolvidas pelos alunos, categorizado, portanto, como resultados; e as discussões feitas a partir desses resultados, demonstrando se os objetivos propostos foram alcançados ou não.

O capítulo final aponta as considerações finais acerca de tudo aquilo que foi tratado no desenvolvimento desse estudo. Seguido pelas referências bibliográficas, bem como dos apêndices e anexos, cujo conteúdo é todo material externo utilizado na construção desse trabalho.

2. Fundamentação teórica

Este trabalho está fundamentado em pressupostos teóricos que serão apresentados nesta seção, sendo a teoria de aprendizagem histórico-cultural a principal referência. Além disso, uma breve revisão dos conteúdos a serem utilizados neste será apresentada aqui, bem como uma breve revisão acerca de algumas estratégias didáticas no intuito de saber algumas aplicações metodológicas, tais como: a utilização de atividades experimentais, e o uso de textos de divulgação científica no ensino de física.

2.1 A aprendizagem por meio da teoria construtivista

Os professores na área de Física comumente indagam-se acerca de como poderiam tornar as aulas mais eficazes e produtivas, de maneira que os alunos se interessem pelo estudo e, assim, seja desenvolvida a aprendizagem. Compreender o valor da didática é essencial para se encontrar respostas a essas indagações, assim como as teorias de aprendizagem, que auxiliam como diretrizes para encontrar novas direções. Do mesmo modo é fundamental que se mantenha em mente, ao começar um projeto educacional, o que Libâneo (2004) diz acerca da função do docente e da didática:

[...] a didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar [...]. Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho do professor é a mediação docente pela qual ele se põe entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas. (LIBÂNEO, 2004, p. 5).

Por meio das observações colocadas por Libâneo (2004), é possível perceber o valor dado ao papel do professor e ao desenvolvimento de intermediações factíveis entre este e os alunos e suas consequências no aperfeiçoamento cognitivo. Para desenvolver este trabalho, recorreu-se a uma fundamentação na teoria histórico-cultural, que Vygotsky desenvolveu, e por meio da qual busca ensinar que é preciso que exista interação entre as personagens atuantes do processo de aprendizagem, isto é, docentes, discentes e o saber pelos procedimentos praticados em cada atividade, para que seja significativa a aprendizagem.

O aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que as cercam. (VIGOTSKI, 2007, p.100).

A teoria histórico-cultural, formulada inicialmente por Vygotsky, tem como ponto de partida a afirmação de que a educação e o ensino são formas universais e necessárias do desenvolvimento mental, em cujo processo estão vinculados os fatores socioculturais e a atividade interna de aprendizagem das pessoas (LIBÂNEO, 2009, p. 19).

Ao tomar como fundamento o materialismo dialético, que fundamenta a corrente teórica marxista, busca explicar os fenômenos da natureza, da sociedade ou do pensamento, partindo do entendimento da realidade histórica e de suas contradições. Assim, a teoria histórico-cultural esclarece como se desenvolve a mente, sendo seu fundador Lev Semenovitch Vygotsky seu maior expoente. Da mesma forma as produções de Vasily Vasilovich Davydov e Alexis Nikolaevich Leontiev, importantes teóricos da escola histórico-cultural, tornaram-se essenciais para que este projeto se desenvolvesse, justamente por pensar na escola como palco de interações sociais.

Segundo Vygotsky (2003), a apropriação cultural ocorre por meio da comunicação com os demais indivíduos. O desenvolvimento dos alunos se dá fundamentalmente por meio da educação e do ensino. Para Leontiev (1992), a *práxis* educadora não é abstrata, visto que o docente tem uma intenção ao elaborar uma atividade prática. Da mesma forma, o trabalho do docente pode ser aprimorado com o passar do tempo ao passo que se apodera de novas estratégias, tanto as que desenvolveu pessoalmente, quanto as que foram desenvolvidas por outros. Já Davydov (1988) mantém sua preocupação na organização dos currículos, uma vez que o modo de pensar do aluno será desenvolvido a partir dos trabalhos que serão realizados por meio dos conteúdos presentes no programa. O desenvolvimento do aluno, no sentido de aprender a pensar, será impulsionado à medida que as atividades forem bem elaboradas.

De mais a mais, criar o pensamento teórico acarreta um procedimento em qual se evidencia a essência, o princípio e a evolução dos objetos de saber como rumo de apoderamento do conceito, isto é, para refletir e agir com um específico conhecimento é preciso que o estudante se apodere da evolução histórica real do princípio e evolução desse conhecimento. Assim sendo, quando um conteúdo é aprendido pelo estudante, este conquista os procedimentos e esquemas cognitivos gerais inerentes, transformando-os em métodos mentais para que realize análise e resoluções de problemas e situações sólidas da vida. Desse modo, o pensamento teórico é desenvolvido por meio da criação de conceitos e do controle dos métodos lógicos do pensamento que, por ser generalizadora, consentem sua execução em diversos setores da aprendizagem.

A essência do pensamento teórico consiste em que se trata de um procedimento especial com o qual o homem enfoca a compreensão das coisas e dos acontecimentos por meio da análise das condições de sua origem e desenvolvimento. (DAVYDOV, 1988, p. 5).

De acordo com Davydov, para que se desenvolva, portanto, o pensamento teórico, é necessário que se perceba a relevância que se deve atribuir ao desenvolvimento de procedimentos lógicos de pensamento que conduzam à elaboração de conceitos.

Espera-se que a junção entre o essencial e o geral dos objetos de aprendizagem seja alcançada por meio da soma de atividades elaboradas para cada aula, de maneira que sirvam como início para se entender conceitos teóricos. Do mesmo modo almeja-se que os alunos possam conseguir resolver problemas do seu dia a dia por meio da análise e conversão dos conhecimentos. Isso é consoante ao que diz Libâneo (2009), ao ressaltar que:

Por meio das ações mentais que se formam no estudo dos conteúdos, a partir do conceito teórico geral desse conteúdo, os indivíduos vão desenvolvendo competências e habilidades de aprender por si mesmos, ou seja, a pensar. (LIBÂNEO, 2009, p. 19).

Ao desenvolver as atividades, buscou-se mostrar aos alunos os procedimentos adotados pelos cientistas em seus processos de investigação, para que os alunos pudessem se apoderar dos métodos adotados por eles ao desenvolverem suas pesquisas e teorias, no intuito de compreenderem e perceberem de que modo se dá a evolução da ciência, e, com base nisso, elaborarem conceitos referentes ao conteúdo ensinado. Em outras palavras, “significa o professor fornecer ao aluno as condições para o domínio dos processos mentais para a interiorização dos conteúdos, formando em sua mente o pensamento teórico-científico.” (LIBÂNEO, 2009).

Baseado na teoria histórico-cultural, este trabalho desenvolveu-se colocando em destaque a importância dos aspectos essenciais da didática, devido esta ser fundamental para criação e realização de toda atividade escolar que estabelece como objetivo o ensino e aprendizagem, bem como o desenvolvimento cognitivo de uma específica área do saber, como destaca Libâneo (2012):

A mediação didática supõe necessariamente os conteúdos e os métodos inerentes a esses conteúdos, que são a referência, o ponto de partida para o processo de ensino e aprendizagem. Não há didática fora dos conteúdos e dos métodos de investigação que lhes correspondem (não há conteúdos fora dos métodos que levaram à constituição de um tópico do conteúdo). Não há didática fora da relação do aluno com o conteúdo (fora da transformação das relações do aluno com o conteúdo). Não há didática separada das práticas socioculturais e institucionais em que os alunos estão envolvidos. (LIBÂNEO, 2012, p. 10).

Portanto, faz-se necessário valorizar o conhecimento prévio do aluno, assim como os conceitos do dia a dia, integrando-os aos saberes científicos intrínsecos à Física, de maneira que os alunos vivenciem na prática o que está na teoria. Assim sendo, pode-se trabalhar os saberes científicos com base na realidade do aluno e, partindo dessa, pode-se desenvolver os conceitos que são abstratos, e atrelados a um conteúdo específico.

2.2 O método utilizado para elaboração da unidade didática

Segundo Zabala (1998), uma unidade didática é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 19). Destarte, elaborou-se uma unidade didática fundamentada na teoria histórico-cultural, sendo que cada aula foi construída de acordo com as orientações do ensino desenvolvimental de Davydov, fortemente ligadas ao pensamento de Vigotsky, descritas por Libâneo (2004).

De maneira que possibilite a percepção de como os esquemas foram refletidos, destacou-se a seguir um exemplo de conduta em face da teoria desenvolvimental. Realizou-se, na primeira aula, a leitura de um texto de divulgação científica no qual se debatiam, entre outras coisas, as ideias sobre o que vem a ser uma corrente elétrica e diferença de potencial. Esse modo de tratamento está de acordo com o que Libâneo (2004) destaca:

A referência básica do processo de ensino são os objetos científicos (os conteúdos), que precisam ser apropriados pelos alunos mediante a descoberta de um princípio interno do objeto e, daí, reconstruído sob forma de conceito teórico na atividade conjunta entre professor e alunos. A interação sujeito–objeto implica o uso de mediações simbólicas (sistemas, esquemas, mapas, modelos, isto é, signos, em sentido amplo) encontradas na cultura e na ciência. A reconstrução e reestruturação do objeto de estudo constituem o processo de internalização, a partir do qual se reestrutura o próprio modo de pensar dos alunos, assegurando, com isso, seu desenvolvimento (LIBÂNEO, 2004, p. 15).

Foram proporcionados debates e discussões sobre como construíram-se os conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial, assim como foi contextualizado o conteúdo com o cotidiano do aluno, neste caso, o estudante contribuiu ao apresentar seus próprios conceitos e ideais presentes em seu dia a dia, enriquecendo, portanto, os debates e discussões. Esse tipo de atitude leva a crer que, do mesmo modo, torna-se possível melhorar os conceitos trazidos pelos alunos de suas experiências cotidianas.

Na sequência da aula, depois da leitura e das discussões, realizou-se juntamente aos alunos a aplicação de um questionário, por meio de que os alunos foram avaliados acerca do que foi apreendido durante a aula. A promoção desse questionário visou preparar os alunos para a realização de experimentos feitos em equipes de cinco alunos, no intuito de cumprir o que destaca Libâneo (2004) quando descreve a teoria de Davydov:

Deve-se levar em consideração as origens sociais do processo de desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento individual depende do desenvolvimento do coletivo. A atividade cognitiva é inseparável do meio cultural, tendo lugar em um sistema interpessoal de forma que, através das interações com esse meio, os alunos aprendem os instrumentos cognitivos e comunicativos de sua cultura. Isto caracteriza o processo de internalização das funções mentais (LIBÂNEO, 2004, p. 15).

Buscou-se, durante as oito aulas da unidade didática, respeitar os pressupostos de Davydov, sobretudo o que diz que “a educação é componente da atividade humana orientada para o desenvolvimento do pensamento através da atividade de aprendizagem dos alunos (formação de conceitos teóricos, generalização, análise, síntese, raciocínio teórico, pensamento lógico) (LIBÂNEO, 2004, p. 15).

No intuito de fazer com que o conhecimento fosse desenvolvido de maneira coletiva, construiu-se a unidade didática de modo que as atividades promovessem interação entre o professor e os alunos. Estes podiam se comunicar, no decorrer das atividades, de maneira totalmente livre; portanto, foram adotados os esquemas didáticos debatidos a seguir.

2.3 Esquemas didáticos

Na elaboração da unidade didática, julgou-se necessário levar em consideração o que Carvalho e Perez (2001) destacam:

É preciso que os professores saibam construir atividades inovadoras que levem os alunos a evoluírem, nos seus conceitos, habilidades e atitudes, mas é necessário também que eles saibam dirigir os trabalhos dos alunos para que estes realmente alcancem os objetivos propostos (CARVALHO; PEREZ, 2001, p. 114).

Diante disso, utilizou-se como esquemas a leitura e debate de textos de divulgação científica, bem como a utilização de experimentos integrados com roteiros de investigação.

2.4 Textos de divulgação científica

Na elaboração da unidade didática, do mesmo modo utilizou-se textos de divulgação científica, redigidos para o público em geral, “não estritamente especializado naquele tópico específico daquela subárea de um determinado campo de investigação ou de uma disciplina” (ZAMBONI, 2001, p. 96).

Portanto, fez-se necessário realizar uma pesquisa em que fosse possível se informar sobre as produções que utilizam os textos de divulgação científica, de modo que se compreendesse melhor acerca desse tipo de esquema de ensino, avaliando o potencial desse modelo de abordagem.

O critério adotado para essa pesquisa começa com um artigo de revisão da literatura de maneira que seja possível explorar os trabalhos feitos por professores e pesquisadores que fizeram uso de textos de divulgação científica. Partindo da leitura do artigo de revisão, realiza-se a leitura total de outros textos, sendo os que estão contidos na própria revisão quanto outros que vão surgindo no decorrer da pesquisa.

Assim sendo, a pesquisa foi iniciada com o artigo de Ferreira e Queiroz (2012), no qual as autoras fazem uma apresentação geral da revisão de literatura acerca da utilização de textos

de divulgação científica como suporte didático no ensino convencional de ciências. Amplamente extensa, essa revisão adotou como fonte de pesquisa diversos artigos publicados em periódicos, bem como as atas dos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).

No início dessa revisão, as autoras discorrem acerca dos autores que possuem obras referentes à utilização de textos de divulgação científica como acessórios à utilização de matérias habituais, como o livro didático (SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M; ABREU, L. N.; MASSI, L. E S. L. QUEIROZ, 2007; QUEIROZ et al., 2012). Nesse caso, as pesquisam colocam esse tipo de esquema como algo fundamental, uma vez que contribui para construir hábitos e comportamentos para a continuidade da vida do aluno mais adiante do período escolar, além de facilitar o conhecimento científico.

Ademais, a revisão também apresenta as ponderações feitas por Martins *et al.* (2001), uma vez que as autoras discutem que tal categoria de texto conduz alunos e professores a acessarem uma variedade de informações, melhorando a argumentação, bem como participar na cultura científica, possibilitando, assim, o desenvolvimento da linguagem tipicamente científica.

Destacou-se também na revisão feita por Ferreira e Queiroz (2012) um ponto importante que aborda as experiências realizadas por pesquisadores que fizeram uso desse tipo de esquema no ensino de ciências. Dos diversos trabalhos apresentados pelas autoras (FERREIRA; QUEIROZ, 2012), destacaram-se os seguintes, de acordo com objetivos específicos:

- 1) Estimular hábitos de leitura na escola (ALMEIDA, 1997);
- 2) Ajudar no entendimento acerca dos aspectos de produção do saber científico (ALMEIDA, 1997; MARTINS et al., 2004; ABREU et al., 2007; GUERRA; MENEZES, 2009);
- 3) Oportunizar a curiosidade dos estudantes em classe (MARTINS et al., 2004);
- 4) Instigar os estudantes a desenvolverem pensamentos críticos (MENEGAT et al., 2007);
- 5) Possibilitar debates e discussões na classe (MENEGAT et al. 2007; GUERRA; MENEZES, 2009);
- 6) Proporcionar o aprendizado de conceitos (KAWAMURA, 2001; MONTEIRO, 2003; PERTICARRARI, 2010; ZANCHETTA JÚNIOR, 2010);
- 7) Aperfeiçoar as competências de comunicação oral dos estudantes, bem como a escrita (SILVA; RIBEIRO, 2009; GUERRA; MENEZES, 2009).

Todas as experiências foram realizadas tanto em turmas do Ensino médio como do Superior, tendo como objeto de estudo central as interações entre os atores do processo, assim como os produtos finais escritos dos alunos feitos a partir das leituras. Concernente aos esquemas utilizados no intuito de alcançar os objetivos, Ferreira e Queiroz (2012) destacaram:

- 1) Leitura de texto de divulgação científica acompanhada de questionamentos formulados pelos estudantes (ALMEIDA, 1997; SILVA; KAWAMURA, 2001; ABREU et al., 2007; QUADROS et al., 2011);
- 2) Leitura de texto de divulgação científica vinculada juntamente com requerimento de redações feitas pelos estudantes (FERREIRA; QUEIROZ, 2011; ZANCHETTA JÚNIOR, 2010);
- 3) Leitura de texto de divulgação científica auxiliada por debates em classe (MONTEIRO; et al., 2003; MARTINS et al., 2004; PERTICARRARI et al., 2010; ZAMORANO et al., 2011);
- 4) Leitura de texto de divulgação científica para resolver questões colocados pelo docente, bem como de situações-problemas (MENEGAT et al., 2007; GUERRA; MENEZES, 2009).

Tornou-se bastante relevante tal revisão devido à demonstração e descrição da maneira como os docentes e pesquisadores têm investigado o valor, assim como os obstáculos, que surgem ao utilizar textos de divulgação científico no trabalho de ensino de ciências.

Após a leitura da revisão feita por Ferreira e Queiroz (2012), optou-se por fazer mais leituras. Logo, Terrazzan e Cabana (2003) surgem com um trabalho no qual se realiza um debate acerca dos pontos mais importantes do uso de textos de divulgação científica em classe, dando ênfase ao valor desse tipo de esquema para que seja desenvolvido pelo aluno o hábito de leitura, tornando cada vez melhor sua competência interpretativa.

Faz-se necessário que os professores de Física mantenham em mente a importância de contribuir com as demais disciplinas do currículo escolar, uma vez que o conjunto das disciplinas possuem a missão de trabalhar a linguagem como um todo. Portanto, é fundamental que o professor selecione textos de Física que em sua composição se alinhem junto a leitura dos alunos, distanciando-se da linguagem tecnicista dos livros didáticos, fazendo com que os estudantes se sintam instigados a participarem mais das aulas. E da leitura, conseqüentemente. A utilização de textos de divulgação científica é defendida por Terrazzan e Cabana (2003), justamente por divergir dos livros didáticos, já que estes geralmente apresentam os resultados conquistados pela ciência, mantidos como verdades absolutas, enquanto aqueles demonstram a

maneira como a ciência é feita, isto é, de que modo os resultados obtidos foram alcançados. Esses textos servem como referência que demonstram para os alunos os modos por meio dos quais a ciência é desenvolvida. Tais textos igualmente apresentam muitos pontos relacionados ao dia a dia da população, o que torna a leitura mais agradável.

Outro ponto importante que é destacado por Terrazan e Cabana (2003), referente ao uso de textos de divulgação científica, é a utilização de uma linguagem simples que se aproxima bastante do cotidiano do aluno, tornando o saber científico mais próximo desse, ao passo que colabora para destacar o valor da leitura na formação de cidadão críticos. Desse modo, seria possível organizar em um projeto pedagógico tais leituras, proporcionando debates e discussões, de maneira que possibilite maior interação dos alunos.

Portanto, pode-se categorizar os textos de divulgação científica como suporte de mediação que conduz à classe o debate acerca do que está ocorrendo atualmente nos centros científicos.

De mais a mais, Terrazan e Cabana (2003) destacam como ponto negativo da utilização de textos de divulgação científica o fato de que estes, muitas vezes, fazem uma abordagem mais simples e direta, não levando em consideração a necessidade de explicar conceitos científicos, desse modo, pode-se encontrar erros nesses tipos de textos, um menor rigor científico no trato das informações. Assim sendo, faz-se necessário prestar maior atenção nesse tipo de trabalho para evitar que os alunos desenvolvam concepções erradas sobre saberes científicos. Logo, as leituras de textos de divulgação científica precisam ser organizadas em atividades didáticas, de modo que se tornem mais efetivas.

Segundo a crítica colocada por esses autores, torna-se essencial que o docente realize a leitura do texto com bastante atenção no momento em que prepara a atividade que será aplicada junto aos alunos, de maneira que sejam conquistados os objetivos de aprendizagem.

O apoderamento da utilização de textos de divulgação científica se faz necessário para guiar atitudes em novos projetos educacionais, já que o uso de esquemas testados por outros pesquisadores em classe pode inspirar novas atitudes na procura por ajustes que melhorem as atividades no processo de ensino/aprendizagem.

2.5 Experimentos didáticos

Utilizou-se como esquema para os debates sobre corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica, Lei de Ohm, no desenvolvimento da unidade didática, experimentos, no intuito de proporcionar ao aluno que instaurasse ligações entre teoria e prática, conforme apontamento feito por Zanon e Silva (2000).

Para promover aprendizagens significativas em ciências, é essencial que se realize atividades práticas. Desse modo, considera-se relevante prestigiar concepções alternativas de ensino, que revelem esse potencial da experimentação, que é auxiliar os estudantes a entender por meio da implantação de inter-relações entre os conhecimentos teóricos e práticos intrínsecos aos desenvolvimentos do saber escolar em ciências (ZANON; SILVA, 2000).

Realizaram-se os experimentos em equipes, de maneira que fosse possibilitado aos alunos refletir. Almejava-se, do mesmo modo, que os experimentos colaborassem significativamente para aprendizagem dos conceitos, uma vez que “o experimento é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo” (CARVALHO *et al.*, 1999, p. 41).

No decorrer da execução dos experimentos, os alunos resolveram questões de teor investigativo por meio de roteiros, de modo que fosse possível estar mais à vontade para questionar, trocar dados e debater seus pensamentos, tanto na sua equipe, quanto com as demais equipes e com o docente.

Escolher tal tipo de atividade experimental deu-se devido à leitura de vários artigos que serão abordados a seguir. À guisa do item anterior, realizou-se primeiro a leitura de textos de revisão da literatura para descobrir de que maneira os professores e pesquisadores têm desenvolvido as atividades experimentais no ensino de ciências, particularmente de Física.

No período de 1992 a 2001, Araújo e Abib (2003) realizaram uma revisão da literatura acerca do uso de experimentos em classe no Ensino Médio. Como fontes de pesquisa, têm-se o Caderno Catarinense de Ensino de Física (UFSC) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF). Foram investigadas pelos trabalhos as mais diversas perspectivas e vertentes das atividades experimentais de maneira a ajudar os docentes do Ensino Médio. Após explicarem e discutirem os variados pontos das metodologias sobre atividades experimentais, os autores concluíram que independentemente da modalidade praticada, são relevantes as atividades experimentais. De mais a mais, ainda salientam como tópicos essenciais desse esquema: i) a competência de instigar a interação dos alunos, fazendo com que se tornem curiosos e se sintam interessados, bem como possibilita que se envolvam efetivamente com sua aprendizagem; e, ii) tende a oportunizar a criação de um ambiente afável, que motiva e estimula, bem como rico em novos contextos e que impõem desafios que, bem articulados, podem promover a elaboração de saberes e competências sejam desenvolvidas, ações e habilidades atreladas ao produzir e compreender a ciência (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Moreira e Penido (2009), em artigo de revisão de literatura voltada para as atividades experimentais em Física no Ensino Médio, utilizaram como fonte de pesquisa: Revista da Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), Revista Ciência & Educação, Revista Investigações em Ensino de Ciências e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), no período de 1979 até 2008. Na maior parte dos trabalhos analisados pelas autoras, constaram-se que as atividades eram do tipo feitas para que os alunos repetissem e seguissem gradativamente as orientações dos roteiros. As demais atividades geralmente são do tipo validamento da teoria explicada em classe. As autoras chegaram igualmente à conclusão de que pouca importância educacional tem esse tipo de atividades de experimentos.

Tornou-se possível perceber, depois da leitura desses artigos, a necessidade de averiguar de modo mais profundo esse assunto. Assim sendo, Alves Filho (2000) apresenta as diversas proposições de uso do laboratório didático, evidenciando a maneira como têm sido aplicadas as atividades experimentais em classe, e quais as ideias que os docentes e pesquisadores possuem acerca desse tipo de esquema didático. Por meio da utilização de conceitos de transposição didática e suas leis, o pesquisador, após analisar o laboratório didático, chega a esta conclusão:

O laboratório didático para ser elemento do processo de ensino-aprendizagem de ciências, particularmente da Física, deve ser alvo de uma transposição didática diferente daquela que o introduziu no processo de ensino com o objetivo de ensinar o método experimental; a concepção construtivista da produção de Ciência deve ser adotada pelos personagens que farão parte da esfera responsável pela nova transposição didática, onde as atividades experimentais teriam função mediadora no ensino dos conteúdos de Ciência e não do método experimental; a nova transposição didática que delineará as atividades experimentais associadas diretamente com o processo de ensino-aprendizagem poderá estabelecer regras específicas para o laboratório didático. Se aceitos os indicadores, devemos buscar uma função real para o laboratório didático e para suas atividades experimentais no processo de ensino-aprendizagem e não mais deixá-lo como apêndice do processo como atualmente (ALVES FILHO, 2000, p. 181).

Fazendo uso da internet para pesquisar mais textos que abordassem atividades experimentais, encontrou-se outros artigos dos quais destacou-se o de Oliveira (2009). Este trata as atividades experimentais de modo que o potencial dessas às práticas educacionais sejam demonstradas. Tal artigo destaca o cuidado dos pesquisadores em compreender a função das atividades experimentais em classe. Além disso, debate igualmente acerca dos fundamentais tipos de tratamentos das atividades experimentais, a saber: investigação, verificação e demonstração.

Além disso, destaca e debate as prováveis colaborações que as atividades experimentais oportunizam, a saber: motivar e instigar a concentração dos estudantes; aprimorar a competência de trabalhar em equipe; estimular a autonomia do estudante, bem como atitude de

decidir; incentivar a criatividade; aperfeiçoar a competência de observar e registrar os dados; saber como fazer análise de informações e promover hipóteses para os diversos fenômenos; dentre outros pontos importantes.

O pesquisador também aponta aos docentes que almejam fazer uso de atividades experimentais acerca das mais variadas chances de atitudes que podem ser adotadas, segundo os objetivos que se deseja conquistar.

No período de 2002 a 2011, Higa e Oliveira (2012) pesquisaram a fundamentação teórica que respalda as atividades experimentais na escola, fazendo uso dos artigos divulgados no Caderno Brasileiro de Ensino de Física.

O objetivo é analisar os aspectos epistemológico-pedagógicos adotados pelas pesquisas recentes sobre experimentação no ensino de Física, [...], que trouxessem uma proposta de atividade prática, inserida no contexto de uma pesquisa, trazendo reflexões sobre o desenvolvimento da atividade proposta numa situação de ensino (HIGA E OLIVEIRA, 2012, p. 81).

Ao término da pesquisa, e por meio desse estudo, chegou-se à conclusão de que atualmente enfatizam-se bastante os projetos que envolvem atividades experimentais. Segundo o que tem sido debatido atualmente por professores e pesquisadores da área de ciências acerca do valor das atividades experimentais, tornou-se possível descobrir que um dos pontos essenciais desses debates é a compreensão do potencial desse esquema didático, bem como se faz necessário refletir o direcionamento dessa prática visando alcançar os objetivos.

Na prática pedagógica, é fundamental estar aberto a mudanças de conduta. Logo, faz-se necessário explorar os diversos contextos e chances no intuito de conquistar os objetivos, realizando leituras que oportunizem a abertura de novos rumos nos quais se promovam reflexões para tanto.

Outro aspecto importante nos diversos estudos expostos é sobre o subsídio teórico. Salientando que este fundamenta-se na teoria de aprendizagem histórico-cultural de Vigotsky incluindo um estudo corrente das colaborações de Davydov. Uma teoria de aprendizagem que, dentre outras coisas, está direcionada para as trocas de experiências, debates, trabalhos em equipes, apreciação das experiências e dos saberes que os alunos trazem de seu cotidiano, socialização dos alunos, tudo mediado pelo docente, de maneira que colaborem demasiadamente para a criação do saber.

Portanto, fica evidente que os experimentos em equipes, juntamente com os roteiros com questões de teor investigativos, tornam-se eficazes na medida que se fundamentam em teorias que destacam a importância do saber adquirido de modo social, como as teorias utilizadas neste trabalho, a saber a histórico-cultural, de Vigotsky, e a do ensino desenvolvimental, de Davydov.

3. O estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio

O ensino dos conteúdos de física, como os de Eletrodinâmica, na educação básica, tanto na rede pública como na privada, apresenta inúmeras deficiências, tais como: o pequeno número de aulas disponíveis, a péssima formação e remuneração dos docentes e a incontestável falta de recursos, dentre outros¹. Esse contexto, evidentemente, promove o desenvolvimento de um ensino, geralmente, desprovido de motivação e longe das propostas colocadas pelos PCNs:

[...] O estudo da eletricidade deverá centrar-se em conceitos e modelos da Eletrodinâmica e do eletromagnetismo, possibilitando, por exemplo, compreender por que aparelhos que servem para aquecer consomem mais energia do que aqueles utilizados para comunicação, dimensionar e executar pequenos projetos residenciais, ou ainda, distinguir um gerador de um motor. Será também indispensável compreender de onde vem a energia elétrica que utilizamos e como ela se propaga no espaço (BRASIL, 2002, p. 24).

Embora a maior parte do discurso presente acerca do ensino de Ciências esteja centralizado em questões como: ensino centrado no estudante, encurtamento entre teoria e prática, uso de recursos tecnológicos no âmbito educacional, ensino problematizado, interdisciplinaridade etc, o que tem sido observado na maior parte das salas de aula tradicionais é um ensino baseado em uma metodologia quase que exclusivamente tradicionalistas, ou seja, pautada no uso do livro didático (MOREIRA, 2013). Diante disso, quando ocorre o ensino dos conteúdos de Eletrodinâmica, pois nem sempre isso é possível, devido ao pequeno número de aulas de Física, acontece basicamente pela abordagem oralizada do conteúdo pelo docente, com a resolução de exercícios no livro didático na sequência, categorizado pelos estudantes como um ensino sem motivação, desinteressante e de pouca utilidade, sendo, dessa maneira, decisivo para que os estudantes passem a não ter o menor interesse pela disciplina de Física.

Neste trabalho os conteúdos de Eletrodinâmica foram organizados em quatro grupos, da seguinte maneira: Grupo 1 – Corrente elétrica; Grupo 2 – Diferença de Potencial; Grupo 3 – Resistência elétrica; e, Grupo 4 – Lei de Ohm. Cada um desses grupos foi organizado em unidades temáticas que comportam a unidade didática.

¹ Disponível em:

<http://www.editorarealize.com.br/revistas/eniduepb/trabalhos/TRABALHO_EV043_MD1_SA14_ID525_31072015174315.pdf>. Acesso em: 05/12/2019.

3.1 O estudo dos circuitos elétricos mediante as grandezas físicas da eletrodinâmica

A área da Física responsável pelo estudo das cargas elétricas em movimento é a Eletrodinâmica. Assim sendo, para desenvolver tal estudo é preciso que os conceitos essenciais da Eletrostática já sejam conhecidos, pois é em torno desses que se estrutura a Eletrodinâmica.

O vasto campo de estudo da Eletrodinâmica abrange quase todos os fenômenos elétricos que as pessoas vivenciam no dia a dia. Assim, optou-se desenvolver este trabalho a partir do entendimento e manipulação de quatro grandezas: corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e Lei de Ohm.

A razão dessa escolha se deu devido as orientações das teorias que fundamentam essa ação, já que esses conteúdos escolhidos permitem o desenvolvimento de diversas atividades que proporcionam não apenas uma aprendizagem por meio da socialização do saber, como por exemplo o debate de situações-problemas, como também uma mudança no comportamento dos estudantes tanto no ambiente escolar, quanto na sociedade.

3.1.2 Corrente Elétrica

Entende-se por corrente elétrica o fluxo ordenado dos portadores de cargas elétricas, além disso, para que esse fluxo ocorra, é preciso que exista uma diferença de potencial elétrica entre os terminais da rede. Apesar disso, nem todo fluxo de carga elétrica estabelece uma corrente. A título de exemplo, os elétrons livres ou elétrons de condução, na parte interna de um condutor metálico, se movem continuamente em várias direções aleatoriamente. Contudo, ao observar de maneira criteriosa, pode-se ver que não há, com um sentido definido, um movimento ordenado de cargas, isto é, ao averiguar um área transversal na parte interna desse condutor se observará que é mais ou menos a mesma quantidade de elétrons que cruzam o plano em um determinado sentido, assim como no sentido inverso, o que não estabelece um movimento ordenado de cargas.

Uma maneira de compreendermos melhor a corrente elétrica é analisar a analogia a seguir: Conceba um sistema hidráulico, consoante a figura 1, constituída por duas caixas d'água "X" e "Y" interconectadas por uma canalização, onde há um registro "R", por meio do qual se pode abrir ou fechar a ligação entre as caixas d'água. Perceba que existe, nas caixas d'água, uma diferença entre os níveis de água "h", isto é, existe uma diferença de potencial gravitacional entre as caixas d'água, se for aberto o registro "R" nesse instante, então, será estabelecida um movimento de água da caixa d'água "X" para a "Y", estabelecendo uma corrente, até que os

níveis estejam igualados, isto é, até que não haja mais uma diferença de potencial gravitacional (HEWITT, 2015).

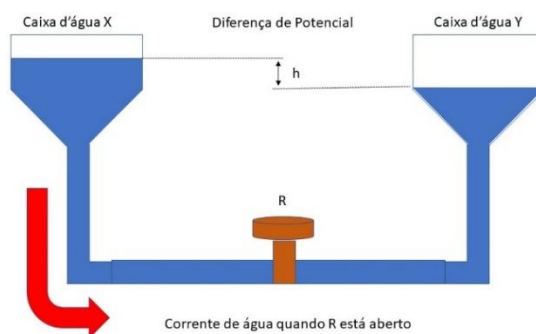


Figura 1- Sistema hidráulico composto por duas caixas d'água e conectados entre si por uma tubulação.
Fonte: Produzido pelo autor.

A figura 2 exhibe um sistema constituído por duas esferas X e Y, esta e aquela carregadas, estando X carregada positivamente e Y, negativamente. Assim sendo, há, entre as esferas, uma diferença de potencial elétrico. Um fio condutor conecta as duas esferas, com um interruptor I, permitindo, portanto, fazer e desfazer a conexão. Ao fechar o interruptor I, isto é, ao se estabelecer a conexão entre as esferas, as partículas portadoras de carga, que neste caso são os elétrons, manam de modo instantâneo da esfera X para a esfera Y estabelecendo uma corrente elétrica até os potenciais elétricos estabilizarem-se (HEWITT, 2015).

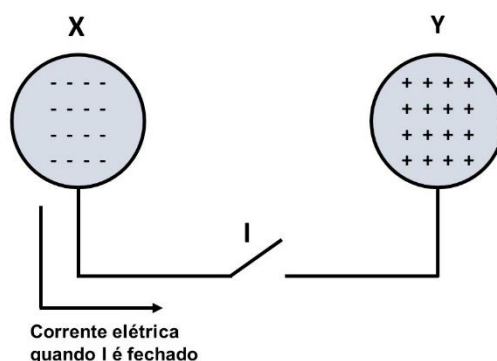


Figura 2 - Sistema composto por duas esferas carregadas e conectados entre si por um fio condutor.
Fonte: produzido pelo autor.

Ao analisar os sistemas das figuras 1 e 2, é possível afirmar que há algumas semelhanças entres este e aquele, por meio das quais, é possível constatar o conceito de corrente. Ao passo que o movimento de moléculas de água mobilizadas por uma diferença de potencial gravitacional forma a corrente de água, o movimento de partículas carregadas que são mobilizadas por uma diferença de potencial elétrico forma a corrente elétrica. As partículas que se mobilizam conduzindo carga, em condutores metálicos, são os elétrons, dado que se

encontram fixos, no interior do átomo, os prótons, estabelecendo o núcleo atômico, junto com os nêutrons. Nesse contexto, denomina-se aqueles de elétrons de condução ou de elétrons livres, uma vez que, nos fluidos condutores, as cargas são carregadas por íons. Embora se utilize essa analogia, faz-se necessário ressaltar a importância de que, nesse caso, os estudantes precisam estar atentos para a diferença entre esses exemplos, para evitar que se cometa erros conceituais.

Conjecturava-se, nos estudos iniciais da eletricidade, que as partículas positivas se mobilizando de um potencial elétrico maior para um menor formavam a corrente elétrica. Contudo, atualmente, é sabido que se refere a partículas negativas se mobilizando de um potencial menor para um maior. Apesar disso, convencionalmente, a primeira ideia relacionada ao sentido da corrente continua sendo utilizada, já que, de acordo com Halliday, Hesnck e Walker (2016, p. 139),

Podemos usar essa convenção porque, na maioria das situações, supor que portadores de carga positivos estão se movendo em um sentido tem exatamente o mesmo efeito que supor que portadores de carga negativos estão se movendo no sentido oposto. (Nos casos em que isso não é verdade, abandonamos a convenção e descrevemos o movimento do modo como realmente acontece) (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 2016, p. 216).

Todavia, há casos cujo entendimento adequado necessita que o fluxo seja retratado do modo como acontece de fato (HALLIDAY; HESNICK; WALKER, 2016). Como exemplo, tem-se a análise do comportamento de uns componentes semicondutores.

Pode-se definir a corrente elétrica (i) como a carga elétrica (dq) que se move através de uma seção reta de um condutor, que se move pela seção em um intervalo de tempo (dt) (HALLIDAY, HESNICK E WALKER, 2016).

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

O Sistema Internacional de Unidades (SI) define como unidade de corrente o Coloumb (C) por segundos (s), denominado ampère (A). O amperímetro é a ferramenta utilizada para realizar a medida de corrente.

$$1A = \frac{C}{s} \quad (2)$$

Em materiais condutores, a movimentação real dos elétrons livres é arbitrária. Porém, ao se aplicar uma diferença de potencial elétrico nesses materiais, percebe-se que os elétrons tendem a se organizar, movimentando-se no sentido do maior potencial elétrico. Além disso, pode-se observar que ao percorrer um corpo-material, uma corrente elétrica produz algum efeito que pode ser observado nele ou ao seu redor. Assim, os principais efeitos são a) efeito químico, este ocorre, sobretudo, devido as reações químicas ocorridas por causa da passagem da corrente; b) o efeito magnético, este se dá por meio do surgimento de uma campo magnético em redor

do condutor cruzado pela corrente; c) o efeito fisiológico, mais conhecido como choque elétrico; e, d) o efeito térmico, conhecido como efeito Joule, comumente visto/trabalhado em chuveiros elétricos.

De mais a mais, pode-se classificar a corrente elétrica como corrente contínua (CC) ou corrente alternada (CA). A primeira é aquela na qual o movimento de cargas se mobiliza em um único sentido. Já na segunda, os elétrons se mobilizam primeiramente em um dado sentido, depois no sentido inverso alternando de um lado para o outro ao redor de posições estabelecidas, consoante a figura 3 (HEWITT, 2015).

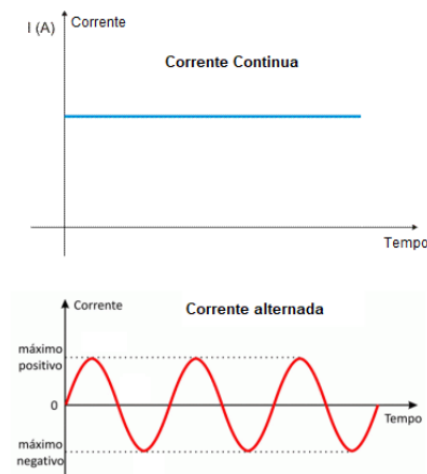


Figura 3 - Gráficos das correntes CC e CA em função do tempo. Fonte: <http://athoselectronics.com/corrente-alternada-continua/>, adaptada pelo autor.

Segundo Hewitt (2015, p. 436), “o principal uso da corrente elétrica, seja ela CC ou CA, é transferir energia de um lugar para outro com rapidez, flexibilidade e de forma conveniente”.

3.1.3 Densidade de Corrente

Segundo Halliday e Hestnick (1996), quando há interesse em estudar a corrente i em um condutor de maneira mais específica, ou seja, estudar em um ponto qualquer de um circuito o fluxo de cargas através da seção reta de um condutor, é preciso utilizar a densidade de corrente \vec{J} , que serve para fazer a descrição desse fluxo; e na grandeza também possui, caso as cargas seja positivas, o mesmo curso e o mesmo sentido que a velocidade das cargas que compõem a corrente; caso as cargas sejam negativas, o sentido será o inverso. O módulo \vec{J} da densidade de corrente, para cada componente da seção reta, é equivalente à corrente dividida pela área do componente. A corrente que perpassa o componente de área pode ser escrita da seguinte forma:

$\vec{j} \cdot d\vec{A}$; no qual $d\vec{A}$ é o vetor área do componente, perpendicular ao componente. Por conseguinte, a corrente total que perpassa a superfície é

$$i = \int \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad (3)$$

Caso a corrente seja uniforme em toda superfície e paralela a $d\vec{A}$, então \vec{j} será da mesma maneira uniforme e paralela a $d\vec{A}$. Assim sendo, a equação anterior se tornará

$$i = \int J dA = J \int dA = JA, \quad (4)$$

Por isso,

$$J = \frac{i}{A} \quad (5)$$

Onde A é a área total da superfície de condução. Com base nas equações anteriores, a unidade de densidade de corrente no SI é o ampère por metro quadrado (A/m²).

Sabe-se que se pode representar os campos elétricos através de linhas de campo, pois quanto maior for a concentração dessas, maior será a intensidade do campo elétrico. A figura 4 demonstra que é igualmente possível representar a densidade de corrente através de linhas, comumente nomeado de *linhas de corrente*.

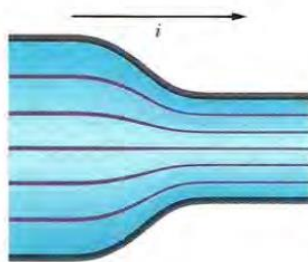


Figura 4 - Representação da densidade de corrente. Fonte: Halliday e Hesnick (1996).

A corrente, que na figura 4 é da esquerda para a direita, realiza uma passagem de um condutor mais amplo, à esquerda, para um condutor mais afunilado, à direita. Dado que a carga é conservada na passagem, não é possível que se alterem a quantidade de carga e a quantidade de corrente; nesse caso, o que altera é a densidade de corrente, que é maior no condutor mais afunilado. Além disso, é inversamente proporcional à densidade de corrente o espaçamento das linhas de corrente.

3.1.4 Diferença de Potencial

Diferença de potencial, também conhecida popularmente como tensão elétrica, é a diferença de energia potencial elétrica por unidade de carga. O Sistema Internacional de Unidades (SI) determinou como unidade de medida da diferença de potencial o Volt, uma

maneira de homenagear Alessandro Volta, criador do termo voltagem para realizar uma descrição da mesma grandeza. Já o voltímetro é a ferramenta usada para medir a voltagem. Ao analisar outra vez o sistema hidráulico da figura 2.1, é possível determinar que após um breve período de tempo as caixas d'água permanecerão com o mesmo nível, isto é, não haverá mais uma diferença de potencial gravitacional entre elas e acabará entre ambas a corrente de água. Contudo, se houver uma bomba que retire água da caixa d'água Y para despejar na X, nas exatas medidas de água que entra na caixa d'água Y, consoante a figura 4, então a diferença de potencial, bem como a corrente de água serão mantidas, e sua existência continuará. Nesse cenário, a funcionalidade da bomba será algo como uma fonte de potencial, pois eleva a energia potencial gravitacional da água, permitindo, ao mesmo tempo, que permaneça em funcionamento o sistema.

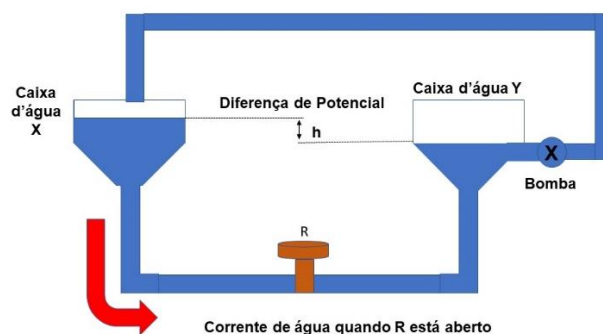


Figura 5 - Sistema hidráulico utilizando uma bomba para manutenção do desnível entre as caixas d'água e da corrente nas tubulações. Fonte: Produzido pelo autor.

Assim como o sistema hidráulico, analisado outrora, precisa de um dispositivo, a bomba, apto para fazer subir a energia potencial gravitacional da água, isto é, apto de criar uma diferença de potencial gravitacional, para fazer com que se mantenha fluindo no sistema uma corrente hidráulica; em um sistema como o da figura 6, também será necessário um dispositivo adequado, a pilha, capaz de gerar uma diferença de potencial elétrico, para manter o fluxo da corrente elétrica.

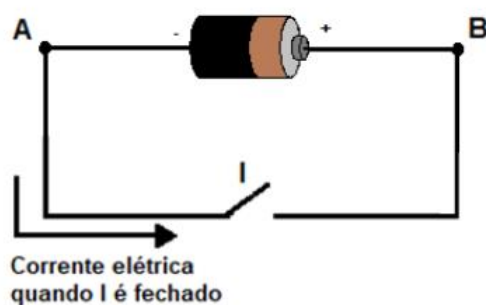


Figura 6 - Sistema elétrico utilizando uma pilha para produzir uma diferença de potencial e , conseqüentemente, corrente elétrica no condutor. Fonte: Produzida pelo autor.

São popularmente conhecidos como geradores de tensão, fontes de voltagem ou ainda fontes de tensão os dispositivos usados para criar uma diferença de potencial. A título de exemplo, há as pilhas, geradores eletromagnéticos, baterias de todos os tipos. Ferramentas deste gênero executam a tarefa de conduzir as cargas negativas para distante das positivas (HEWITT, 2015).

Do mesmo modo que as correntes elétricas, é possível classificar, igualmente, as tensões em contínua e alternada. A produzida por uma fonte que não tem sua polaridade alterada com o tempo é chamada de contínua, já a criada por uma fonte que tem sua polaridade invertida constantemente é denominada alternada.

Os sistemas que oferecem um trajeto para a circulação da corrente elétrica, como o exibido na figura 6, são chamados de circuitos elétricos. Contudo, na figura 6, não está representado de modo adequado o circuito, já que este ainda precisa de interferência de outra grandeza, denominada resistência elétrica, que se analisará na próxima seção.



3.1.5 Resistência Elétrica

Obtêm-se resultados bastante diferentes no momento em que se aplica uma diferença de potencial igual nas extremidades de duas barras com as mesmas dimensões, sendo uma condutora e a outra isolante. Dessa forma, pode-se dizer que a resistência elétrica é o aspecto que estabelece essa diferença nos resultados. Então, para que se possa medir a resistência entre dois pontos de um condutor, é preciso aplicar uma diferença de potencial entre esses pontos e medir a corrente i resultante. De acordo com Halliday e Resnick (2016), a resistência R é dada por

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

Segundo a equação (6), a unidade de resistência no SI é o volt por ampère. A ocorrência desse arranjo é tão frequente que o ohm (Ω), que é uma unidade especial, acaba sendo utilizada para representá-la. Dessa forma,

$$\begin{aligned} 1 \text{ ohm} &= 1\Omega = 1 \text{ volt por ampère} \\ &= 1 \text{ V/A.} \end{aligned} \quad (7)$$

Denomina-se de resistor um condutor cuja incumbência em um circuito é inserir uma resistência. Nos diagramas dos circuitos elétricos, representa-se um resistor com o símbolo  ou . No momento em que se escreve a equação (6) na forma

$$i = \frac{V}{R} \quad (8)$$

percebe-se que de fato o nome “resistência” é uma boa escolha. Será menor a corrente, para uma determinada diferença de potencial, na medida em que for maior a resistência. A resistência de um condutor depende da maneira como é aplicada a diferença de potencial.

De acordo com Halliday e Resnick (2016), é necessário que sempre se adote um prisma que focalize mais o material que o dispositivo. Para tanto, o foco não se concentra na diferença de potencial V entre as extremidades de um determinado resistor, mas no campo elétrico \vec{E} , que é um campo vetorial, constituído por uma distribuição de vetores, um para cada ponto de uma região em torno do objeto eletricamente carregado.

Assim, lida-se com a densidade de corrente \vec{J} ao invés de lidar com a corrente i no resistor, no tópico em questão. Em lugar de versar da resistência R de um dispositivo, versa-se da **resistividade** ρ de um material, que é uma medida da oposição de um material ao fluxo de corrente elétrica:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (9)$$

Com base na equação (8), ao se combinar as unidades E e J , obtém-se o ohm-metro ($\Omega \cdot \text{m}$), para unidade de ρ :

$$\frac{\text{unidade de } (E)}{\text{unidade de } (J)} = \frac{\text{V/m}}{\text{A/m}^2} = \frac{\text{V}}{\text{A}} = \Omega \cdot \text{m} \quad (10)$$

Ademais, pode-se escrever a equação (8) de maneira vetorial:

$$\vec{E} = \rho \vec{J}. \quad (11)$$

As equações (9) e (11) só são válidas para materiais isotrópicos, isto é, materiais que possuem propriedades que são idênticas em todos os sentidos.

Da mesma maneira, pode-se versar da *condutividade* σ de um material, que é o inverso da resistividade:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (12)$$

No SI a unidade de *condutividade* é o ohm-metro correspondente, $(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$. Em alguns momentos, tal unidade é denominada de mho por metro. Fazendo uso da definição de σ (12), a equação (11) pode ser escrita na forma:

$$\vec{j} = \sigma \vec{E}. \quad (11)$$

3.1.5.1 Associação de resistores em série

Uma ligação em série é estabelecida quando se associam dois ou mais resistores nos quais a corrente elétrica seja a mesma no momento em que esta se deslocar por esses.

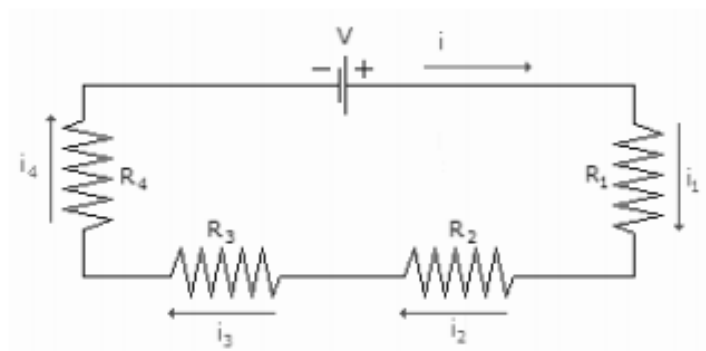


Figura 7 - Representação esquemática de um circuito ligado em série.
Fonte: produzido pelo próprio autor

Na figura 7, os resistores R_1 , R_2 , R_3 , e R_4 , estão ligados em série. Dado que não ocorre uma amontoação de cargas em quaisquer pontos de um material condutor, onde se dá um fluxo de corrente constante, caso passe por R_1 uma carga ΔQ , por um determinado intervalo de tempo, não haverá outra direção a seguir que não seja se deslocar por R_2 e depois por R_3 e dessa forma consecutivamente, no intervalo de tempo supracitado. Nesse caso, os resistores estão conduzindo a corrente i citada anteriormente.

É possível tornar simples o ato de analisar um circuito com resistores em série trocando-o por apenas um resistor, desde que tenha uma resistência elétrica equivalente R_{eq} , que por sua vez provocará, ao carregar a mesma corrente i , uma queda de tensão similar.

Ao somar todas as quedas de tensão em cada resistor obtém-se a queda de tensão absoluta. Portanto, tem-se:

$$V = i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + i \cdot R_3 + i \cdot R_4 = i \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4) \quad (12)$$

$$V = i \cdot R_{eq}$$

Assim sendo, conclui-se que a resistência equivalente deve ser a mesma que a somatória das resistências de cada resistor distintivamente, para que se estabeleça um circuito com resistores ligados em série.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \quad (13)$$

3.1.5.2 Associação de resistores em paralelo

Liga-se em paralelo dois ou mais resistores no momento em que provocam similar queda de potencial.

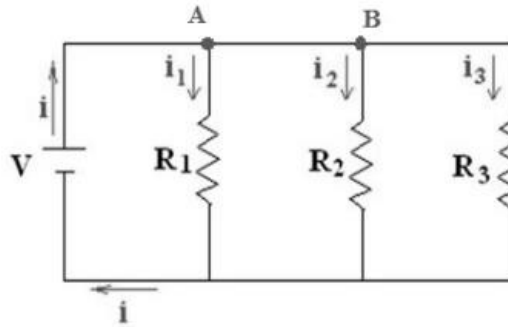


Figura 8 - Representação esquemática de um circuito ligado em paralelo. Fonte: produzido pelo próprio autor

Na figura 8, pode-se observar nos extremos que se ligaram os resistores por fios de resistência desprezível. Percebe-se que, ao alcançar o ponto A, a corrente elétrica que sai da fonte de tensão se reparte, e ao alcançar o ponto B se reparte outra vez; logo, pode-se concluir que a corrente completa do circuito, a que se originou da fonte de tensão, é a somatória de todas as correntes individuais todo resistor com associação em paralelo.

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 \quad (14)$$

Dado que um dos extremos dos resistores associados em paralelo está ligado ao terminal (+) da fonte de tensão por um fio de resistência desprezível e o outro extremo ligado por meio de fios da mesma ordem ao terminal (-) da mesma fonte de tensão, pode-se concluir que cada resistor apresentará queda de tensão com mesmo valor e similar à queda de tensão da fonte.

Dado que:

$$i_{total} = i_1 + i_2 + i_3 \quad (15)$$

Dispomos

$$i_{total} = \frac{V}{R_{eq}}; i_1 = \frac{V}{R_1}; i_2 = \frac{V}{R_2}; i_3 = \frac{V}{R_3} \quad (16)$$

Trocando teremos:

$$\frac{V}{R_{eq}} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \quad (17)$$

Assim, como se pode observar anteriormente, em cada resistor as quedas de tensão são similares, permanecendo, desse modo, a expressão para se calcular o valor da resistência equivalente de resistores associados em série da seguinte maneira:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (18)$$

3.1.5.3 Associação triângulo-estrela (ΔY) e estrela-triângulo ($Y\Delta$)

Pode-se determinar a resistência equivalente por meio das associações em série e paralelo, que são excelentes técnicas. Contudo, há certas circunstâncias onde tais técnicas são insatisfatórias para se determinar a resistência equivalente, uma vez que os resistores aparentemente não estão nem em série e nem em paralelo. Diante disso, é necessário que se faça uma transformação do circuito para uma configuração mais apropriada em que se possa determinar a resistência equivalente. Essas configurações podem ser vistas a seguir:

Pode-se dizer que há associação de resistores de acordo com a configuração estrela no momento em que houver três resistores que estão dispostos conforme a figura a seguir:

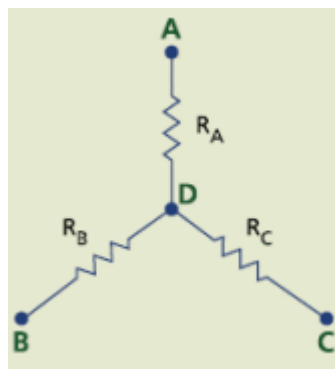


Figura 9 - Representação esquemática de associação estrela (Y)

Por outro lado, a configuração triângulo ocorre sempre que três resistores estiverem associados de acordo com a figura abaixo:

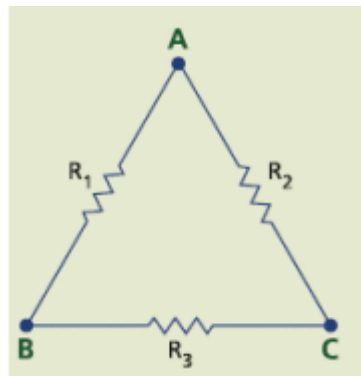


Figura 10 - Representação esquemática de associação triângulo (Δ)

3.1.5.4 Transformação triângulo-estrela (ΔY) e estrela-triângulo ($Y\Delta$)

A figura 10, abaixo, ilustra a transformação triângulo-estrela (ΔY):

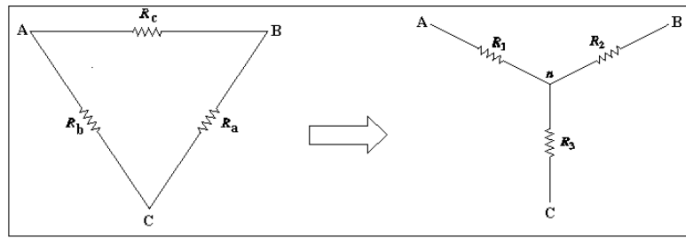


Figura 11 - Representação esquemática da transformação triângulo-estrela (ΔY)

Para que seja estabelecida a relação entre os resistores, é possível começar pondo em equação as resistências equivalentes a seguir:

$$R_{AB} = \frac{(R_a + R_b)R_c}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_2 \quad (19)$$

$$R_{BC} = \frac{(R_b + R_c)R_a}{R_a + R_b + R_c} = R_2 + R_3 \quad (20)$$

$$R_{AC} = \frac{(R_a + R_c)R_b}{R_a + R_b + R_c} = R_1 + R_3 \quad (21)$$

Ao resolver o sistema de equações que seguem de 1 a 3, consegue-se:

$$R_1 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad (22)$$

$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad (23)$$

$$R_3 = \frac{R_a R_b}{R_a + R_b + R_c} \quad (24)$$

A figura 11, abaixo, demonstra como fazer a transformação oposta, isto é, a transformação estrela-triângulo ($Y\Delta$):

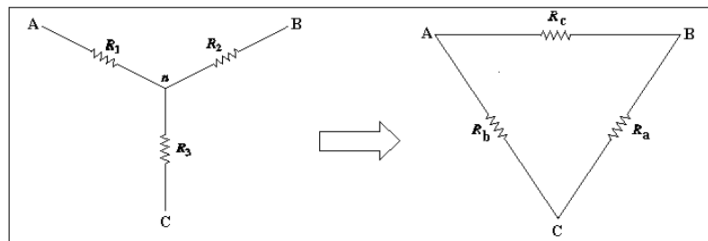


Figura 12 - Representação esquemática da transformação estrela-triângulo ($Y\Delta$)

Para se pôr em equação a função, inicia-se da mesma maneira, isto é, como na transformação anterior (ΔY), obtendo-se como resultado estas equações:

$$R_a = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_1} \quad (25)$$

$$R_b = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_2} \quad (26)$$

$$R_c = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3}{R_3} \quad (27)$$

3.1.6 Lei de Ohm

De acordo com Halliday e Resnick (2016), pode-se conceituar a lei de Ohm como sendo “a afirmação de que a corrente que atravessa um dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao dispositivo”. No entanto, atualmente essa colocação é correta somente em determinadas circunstâncias, ainda assim, por razões históricas, permanece sendo chamada de “lei”.

A figura 6 exibe dois gráficos. Na figura 6.a, é possível observar o gráfico de diferença de potencial contra a corrente elétrica para um resistor sob a lei de Ohm; na figura 6.b, é possível observar o mesmo gráfico de antes, neste contexto, para dois resistores cuja lei de Ohm não obedecem. O gráfico é uma reta para o resistor ôhmico, isto é, independente da corrente e dos valores de tensão, mantem-se constantemente a resistência.

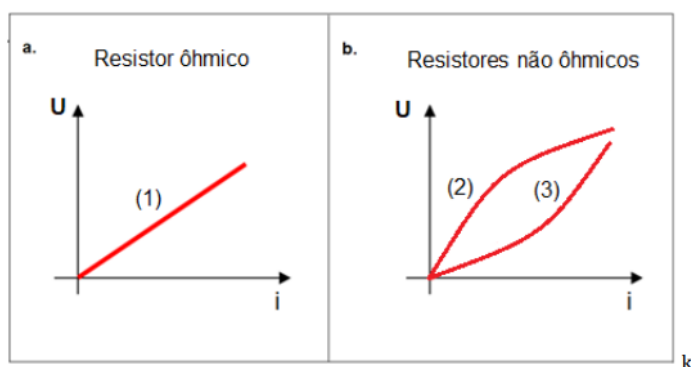


Figura 13 - a. Gráfico $U \times i$ para um resistor ôhmico; b. Gráficos $U \times i$ para dois resistores não ôhmicos. Produzida pelo autor.

Ainda segundo Halliday e Resnick (2016), “um dispositivo obedece à lei de Ohm se a resistência dele não depende do valor absoluto nem da polaridade da diferença de potencial aplicada”. Assim sendo, deve-se evitar um equívoco muito recorrente, que $V=iR$ é uma expressão matemática da lei de Ohm. Neste caso, o que se tem é uma equação que se utiliza para se determinar o conceito de resistência, além de ser aplicada a qualquer dispositivo que permita a condução de corrente elétrica, inclusive aquele que não se submetem à lei de Ohm.

Se medimos a diferença de potencial V entre os terminais de qualquer dispositivo e a corrente i que atravessa o dispositivo ao ser submetido a essa diferença de potencial, podemos calcular a resistência do dispositivo para esse valor de V como $R = V/i$, mesmo que se trate de um dispositivo, como um diodo semicondutor, que não obedece à lei de Ohm (HALLIDAY; HESNICK, 2016, p.).

Nesse contexto, o âmago da lei de Ohm se concentra na ocorrência de ser linear o gráfico de i em função de V , isto é, R não depende de V . Por fim, a lei de Ohm pode ser expressada de maneira mais geral se a concentração não estiver nos dispositivos, mas nos materiais. Assim sendo, percebe-se que a relação pertinente se torna a equação $\vec{E} = \rho \vec{j}$ ao contrário de $V=iR$.

4 Metodologia

Tornou-se necessário dividir este capítulo em duas partes, no intuito de distinguir as metodologias usadas nas atividades que os alunos desenvolverão juntamente com o professor ao longo da execução da unidade didática e os mecanismos metodológicos adotados na pesquisa para realizar a análise do *corpus* coletados no decorrer da execução da unidade didática.

4.1 Metodologia de construção da Unidade Didática

Realizou-se este projeto com a elaboração e implementação de uma UD, que segundo Zabala (1998) é um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 19) abordando os conceitos relacionados à Eletrodinâmica, em Manaus, Amazonas, em uma escola da rede particular de educação, que faz uso de apostilas de um sistema integrado de ensino como recurso didático.

Desenvolveu-se a UD em uma turma do 2º ano do Ensino Médio, com 23 alunos, as aulas ocorreram no contraturno da escola. A escolha dessa série do ensino médio se justifica em razão do currículo educacional da instituição de ensino escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa, já que a eletrodinâmica é estudada nessa série nessa escola, diferentemente das escolas da rede pública de ensino, que abordam esse conteúdo na terceira série.

Assim, os alunos foram noticiados pelo professor-pesquisador, que igualmente leciona como titular nesta turma, de que seria desenvolvido um trabalho referente ao seu mestrado, no campo de ensino de Física. Do mesmo modo os alunos foram informados que nenhuma das atividades acarretaria no ganho de notas extras referentes ao curso regular, em razão de ser uma tarefa de investigação para o projeto de mestrado. Assim sendo, vinte e três alunos se voluntariaram para colaborar com o andamento do projeto. Os outros alunos, que decidiram não participar, apresentaram razões diversas como justificativas que os impediam de colaborar. Ainda assim, esses estudantes tiveram acesso aos materiais usados na unidade didática.

No total, foram contempladas oito aulas, exibidas no quadro a seguir, de cinquenta minutos cada, na aplicação da UD. Sendo que os estudantes foram divididos em cinco equipes, de maneira que todas as atividades pudessem ser feitas coletivamente, excetuando as atividades avaliativas das aulas 1 e 2, e atividade de casa. As equipes foram formadas pelos próprios alunos, permanecendo como tal até o término da UD; além disso, todos os alunos tiveram acesso ao aparato experimental.

Quadro 1 - Organização das aulas

(Continua)

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aula I – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte I)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar leitura de texto de divulgação científica. 2. Formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica. 3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica 4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferença de Potencial. 2. Corrente elétrica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura oral do texto de divulgação científica. 2. Discussão dos conteúdos. 3. Teste de conhecimento. 	<p>Texto de divulgação científica. Questionário.</p>
Aula II – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte II)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar leitura de texto de divulgação científica. 2. Formalizar os conceitos de resistência elétrica e Lei de Ohm. 3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica 4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resistência Elétrica. 2. Lei de Ohm. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura oral do texto de divulgação científica. 2. Discussão dos conteúdos. 3. Teste de conhecimento. 	<p>Texto de divulgação científica. Questionário.</p>
Aulas III e IV – Experimentos	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrente elétrica. 2. Diferença de potencial. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes. 2. Realização de 	<p>Experimento circuito em série na placa de experimento.</p>

circuito em série.	aulas anteriores em situações do dia a dia. 2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório. 3. Realizar experimentos. 4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.	3. Resistência. 4. Tensão. 5. Circuito Divisor de Tensão. 6. Potência elétrica.	experimentos na placa de experimentos. 3. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.	Questionário investigativo.
Aulas V e VI – Experimentos circuitos paralelos.	1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia. 2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório. 3. Realizar experimentos. 4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.	1. Corrente elétrica. 2. Diferença de potencial. 3. Resistência. 4. Tensão. 5. Circuito Divisor de Tensão. 6. Potência elétrica.	1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes. 2. Realização de experimentos na placa de experimentos. 4. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.	Experimento circuito em paralelo na placa de experimento. Questionário investigativo.
Aulas VII e VIII – Experimentos circuitos misto.	1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores	1. Corrente elétrica. 2. Diferença de potencial. 3. Resistência. 4. Tensão.	1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes. 2. Realização de experimentos na	Experimento 3: circuito em paralelo na placa de experimento. Questionário investigativo.

	em situações do dia a dia. 2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório. 3. Realizar experimentos. 4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.	5. Potência elétrica. 6. Exemplos descritivos de circuitos em série e paralelo.	placa de experimentos. 3. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.	
--	--	--	--	--

Dois textos de divulgação científica foram lidos nas aulas 1 e 2, além disso foram promovidos debates e discussões sobre os conceitos contidos em ambos textos, todos mediados pelo professor, de maneira que fossem trabalhados a leitura e a interpretação textual. Nessas aulas foram trabalhados os conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e Lei de Ohm. Em seguida, foi aplicado um teste ao término das duas aulas para avaliar o desenvolvimento do conhecimento.

Nesta ação se buscou enfatizar o trabalho experimental no laboratório. Logo, as aulas, cujos objetivos eram voltados para a experimentação, foram realizadas na íntegra, uma vez que por meio da realização desses experimentos os estudantes foram conduzidos a refletir sobre como identificar e trabalhar os conceitos abstratos trabalhados nos textos de divulgação científica das aulas anteriores. Além disso, esses experimentos também proporcionaram aos estudantes a chance de mudarem seu comportamento passivo, fazendo com que eles agissem em cima do objeto de estudo.

Foi adotado neste projeto o uso do laboratório com grau de liberdade II, que segundo Carvalho (2010), ao descrever a configuração de Pella (1969), diz:

O grau II de liberdade é caracterizado por dar aos alunos a liberdade para tirarem conclusões a partir de seus próprios dados. Isso, que nos parece lógico, não é fácil de encontrar, pois necessita de uma mudança estrutural na colocação do problema. Não pode haver mais problemas do tipo “Prove que...”, para o qual a conclusão é fechada. Por exemplo, em vez da proposição “Prove que a aceleração da gravidade é $9,8 \text{ m/s}^2$ ”, o problema a ser proposto seria “Qual a aceleração que você pode obter? E por quê?” Essa pequena mudança já modificará bastante as aulas, principalmente em termos de objetivos atitudinais a serem alcançados. (CARVALHO, 2011, p.54-56).

O fato de os alunos nunca terem trabalhado com experimentações nessa instituição de ensino levou o professor a fornecer a eles o problema, as proposições, assim como os planos de estudo. No entanto, os alunos foram os responsáveis pela aquisição das informações e as conclusões. Almejava-se que as experimentações fossem apoiadas por roteiros de cunho investigativo, no intuito de conduzir os alunos a refletirem baseados em uma situação-problema. A expectativa era que ocorressem mudanças atitudinais dos alunos no tocante à aprendizagem, proporcionando investigações, assim como discussões.

As atividades experimentais foram desenvolvidas no intuito de fazer com que os alunos se tornassem autônomos ao tomarem decisões, e, também, mais participantes na sociedade, de maneira que fossem proporcionadas transformações que ultrapassassem os limites da sala de aula.

Por fim, as últimas aulas, 9 e 10, foram reservadas para que os alunos realizassem a apresentação de seminários, apresentando a maneira como entenderam os conceitos trabalhados ao longo da UD.

Todas as atividades efetivadas pelos alunos, no decorrer de cada fase da aplicação da UD, foram coletadas para análise. Além disso, em cada fase da aplicação da UD foi feito uso do diário de campo, como suporte para recolhimento de *corpus*, de maneira que se tornasse possível analisar as significações intercambiadas no decorrer das atividades.

4.2 Metodologia de pesquisa

Para descobrir se o objetivo geral da pesquisa foi atingido, serão analisadas as atividades desenvolvidas pelos estudantes no decorrer da aplicação da UD, de modo que se torne evidente se todos os objetivos foram atingidos. Cada uma das atividades recolhidas pelo professor servirá como fonte de dados. Outro elemento que será utilizado pelo professor-pesquisador é o diário de campo. As notas registradas neste serão fundamentais para demonstrar de que maneira processarão as atividades, bem como as noções sobre o comportamento dos alunos ao realizá-las. A utilização desse elemento se justifica por oportunizar que se mantenham conservadas e atualizadas as reflexões e eventos pertinentes à pesquisa. Nessa situação, Bolger *et al.*, (2003) *apud* Zaccarelli e Godoy (2010), resalta que esses elementos são considerados como “instrumentos de auto-relato usados repetidamente para examinar experiências correntes” (p. 580).

A utilização desses mecanismos tem o objetivo de possibilitar que a pergunta da pesquisa seja respondida, almejando que seja um bom método para que o recolhimento e análise, bem como a compreensão dos dados se tornem devidamente inteirada.

O método de análise de conteúdo, um dos mais utilizados nas últimas pesquisas desenvolvidas nas áreas sociais e nos projetos educativos, será o suporte para análise dos dados recolhidos, e que segundo Bardin (1997):

Pode ser considerada como um conjunto de técnicas de análises de comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. A intenção da análise de conteúdo é a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e de recepção das mensagens, inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos, ou não) (BARDIN, 1977, p. 38).

Nesse cenário, é ressaltado por Chizzotti (2006) que “o objetivo da análise de conteúdo é compreender criticamente o sentido das comunicações, seu conteúdo manifesto ou latente, as significações explícitas ou ocultas”.

Selecionou-se esse método de análise de conteúdo devido a possibilidade de realizar uma análise qualitativa do significado imputado pelos estudantes no decorrer de cada atividade realizada na UD, no intuito de atribuir ênfase à concepção do estudante. Pretende-se averiguar se serão atingidos os objetivos da pesquisa e quais as noções dos estudantes referentes a cada mecanismo utilizado.

A organização fornecida por Bardin (1997) será utilizada no procedimento de análise desta pesquisa, cuja primeira etapa, também denominada de primeira fase, da mesma maneira como pré-análise, é a ocasião na qual ocorre o arranjo do *corpus* da pesquisa, isto é, todo material recolhido e tomado como fundamental para que se realize análise. Bardin (1997) ainda propôs que nessa etapa é preciso que sejam seguidas as quatro dimensões, que são: a) A leitura flutuante, na qual se constitui o contato inicial com o *corpus* recolhido no decorrer da aplicação da UD, fonte de dados desta pesquisa. Cabe salientar que tal leitura possibilitou explorar mais satisfatoriamente o texto, para se observar melhor as noções iniciais de maneira a se lograr as orientações iniciais; b) A divisão das atividades realizadas na aplicação da UD, no qual se estabelece o *corpus*, que são os documentos, isto é, as atividades desenvolvidas pelos alunos e que subordinado à análise; c) A averiguação do grupo de hipótese e objetivos que devem ser avaliados, sendo que essas hipóteses guiarão todo o procedimento de análises que confirmarão, por meio dos resultados obtidos nas análises das hipóteses, se o objetivo geral foi atingido; e, d) A organização do material a ser analisado, na qual acontece a criação de indicadores, estes tem o objetivo de realizar uma averiguação das hipótese quem realiza a análise, e são, além de

tudo, índices tidos como seguros. Sendo que tais índices pode ser, a título de exemplo, um léxico, uma sentença, uma concepção que está contida no domínio do texto.

No intuito de que essa primeira etapa eficaz, os critério sugeridos por Bardin (1997) foram devidamente seguidos, são eles: i) exaustividade, na qual se busca evitar que qualquer aspecto essencial fique de fora dos matérias que se analisarão; ii) representatividade, especificamente nessa pesquisa, serão analisados todos os atores que participaram desse transcurso; iii) homogeneidade, no qual todos os alunos foram submetidos aos mesmos procedimentos na aplicação dessa UD, resolvendo as mesmas questões contidas nos roteiros idênticos; e, iv) pertinência, na qual se observa que os materiais estão consoantes com os objetivos calculados.

A segunda etapa, ou segunda fase, é a etapa na qual se realiza o exame do material, sendo que nessa situação é feito um detalhamento analítico daquilo que posteriormente submeter-se-á a uma análise mais esquadrinhada. Assim sendo, nessa etapa, a codificação, a classificação e a categorização são imprescindíveis (BARDIN, 1997). No caso da codificação,

Corresponde a uma transformação – efetuada segundo regras precisas – dos dados brutos do texto, transformação esta que, por recorte, agregação e enumeração, permite atingir uma representação do conteúdo, ou da sua expressão, susceptível de esclarecer o analista acerca das características do texto, que podem servir de índices (BARDIN, 1977, p. 103).

Neste trabalho, no que se refere à organização da codificação, será utilizado o recorte, que, segundo Bardin (1997), representa “a unidade de significação a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando à categorização e a contagem frequencial”. Além disso, da mesma maneira será utilizado o tema como unidade de registro, que de acordo com Berelson (1977) é:

Uma afirmação acerca de um assunto. Quer dizer, uma frase, ou uma frase composta, habitualmente um resumo ou uma frase condensada, por influência da qual pode ser afetado um vasto conjunto de formulações singulares (BERELSON *apud* BARDIN, 1977, p. 105).

Além do mais, de acordo com Bardin, (1977):

O tema é geralmente utilizado como unidade de registro para estudar motivações de opiniões, de atitudes, de valores, de crenças, de tendências etc. As respostas a questões abertas, as entrevistas (não diretivas ou mais estruturadas) individuais ou de grupo, de inquérito ou de psicoterapia, os protocolos de testes, as reuniões de grupos, os psicodramas, as comunicações de massa etc., podem ser, e são frequentemente, analisados tendo o tema por base (BARDIN, 1977, p. 106).

Na terceira etapa, são trabalhados os resultados alcançados juntamente com a interpretação, os resultados brutos são transformados em significativos e relevantes. É somente a partir destes resultados que se torna possível inferir e interpretar acerca dos objetivos presumidos, ou referentes a outros descobrimentos que não eram esperados (BARDIN, 1997).

5 Resultados e discussões

Neste capítulo serão divulgados as análises e resultados de todas as aulas, bem como suas atividades específicas; além disso, da mesma maneira, serão apresentadas as discussões sobre os resultados. Foram reproduzidas em sua totalidade todas as respostas dos alunos, de maneira que ficasse evidente a forma como foram feitas, desse modo, desvios ortográficos e erros gramaticais permaneceram inalterados.

PRIMEIRA AULA – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte I)

Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Realizar leitura de texto de divulgação científica;
2. Formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica;
3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica;
4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento.

De maneira que se tornasse possível atingir tais objetivos, esta aula foi configurada em dois momentos, onde foram aplicadas as seguintes estratégias didáticas:

- a) No primeiro momento, juntamente com os alunos, foi realizada a leitura de um texto de divulgação científica, efetivada através de debates acerca dos temas tratados no texto, com tempo de aplicação de 30 minutos;
- b) No segundo momento, os alunos responderam, no decorrer de 20 minutos, um questionário, este foi corrigido pelo docente baseado nos debates dos alunos.

Para esta aula, compareceram 23 alunos que colaboraram para a aplicação dessa unidade didática.

Análise da Aula 01

No primeiro momento da aula foi realizada a leitura do texto: Diferença de potencial e corrente elétrica² (APÊNDICE A). Esse texto começa tratando um conceito importante da Física, a carga elétrica; em seguida, apresenta o conceito de corrente elétrica e diferença de potencial, desenvolvendo-os por meio de exemplos do cotidiano; então, finda exibindo a relação

² Diferença de potencial e corrente elétrica: Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1.)

matemática para estimar a corrente elétrica média. Da mesma maneira o texto apresenta outros elementos importantes, como watt (W), ampere (A) e coulomb (C).

O processo de leitura foi realizado do seguinte modo: cada parágrafo do texto foi lido por um aluno aleatório, em seguida o docente tecia comentários e do mesmo modo respondia às indagações que eram colocadas pelos estudantes enquanto se desenvolvia a leitura, essas etapas proporcionaram a criação de um ambiente interacionista na sala de aula, já que a leitura era realizada com bastante foco, evidentemente, devido a possibilidade iminente de cada aluno ser o próximo escolhido para discutir ou apresentar sua opinião acerca de determinados pontos do texto (ANEXO 2).

Nesse momento, foi possível observar que alguns alunos demonstraram entusiasmo em tentar apresentar seus pontos de vistas acerca dos aspectos do texto, sobretudo relativo ao começo do debate sobre o que faz os dispositivos eletroeletrônicos funcionarem. Do mesmo modo foi possível, para os alunos, perceber que a leitura pausada e discutida proporcionou conhecer melhor os conceitos de corrente elétrica e diferença de potencial, observando todo processo de desenvolvimento dos conceitos ao longo da história até serem utilizados nos livros didáticos contemporâneos. Os alunos se envolveram de modo efetivo e com bastante empolgação desse primeiro momento da aula. Cabe destacar um ponto intrigante que foi o caso de alguns alunos tentarem calcular a potência média de seus celulares fazendo uso da intensidade da corrente elétrica média do dispositivo e utilizando a diferença de potencial da bateria do telefone móvel.

Tornou-se possível observar com essa atividade que os alunos e o fazer científico entraram em contato, sendo que esses debateram o modo como aparecem e são desenvolvidos os conceitos e teorias, a maneira como acontecem os debates em ciência, o que comprova a afirmação de Terrazzan e Cabana (2003) ao declarar que:

em TDCs encontramos discussões sobre os processos de produção dos conhecimentos científicos, o que pode auxiliar o leitor a formar imagens/ideias mais adequadas do que seja o “fazer científico”, diminuindo o grau de mistificação ou de exaltação ou ainda de recusa que costuma permear a imagem pública da Ciência (TERRAZZAN e CABANA, 2003, p. 2).

No segundo momento da aula os alunos solucionaram um questionário com seis questões de múltipla escolha, dos quais podem ser observados os resultados no gráfico 1, e no gráfico 2 podem ser observadas os resultados das três questões discursivas. O questionário analisado, cujas questões tratavam de conceitos como corrente elétrica, diferença de potencial e potência elétrica, está incluída no APÊNDICE B. Os alunos solucionaram o questionário de modo individual e entregaram-no ao professor, que mediou todo processo, abstendo-se de

comentários ou qualquer tipo de interferência até que tudo fosse terminado por parte dos estudantes.

Um fato interessante é que alguns alunos foram ao texto buscar suporte para solucionar as questões, salientando que era permitida essa atitude. Do mesmo modo, ressalta-se a necessidade do docente mediar todo o processo de leitura do texto, mantendo-se atento aos pensamentos e, ao mesmo tempo, concedendo voz àqueles que se colocam dispostos a colaborar com as temáticas das discussões. Desse modo é fundamental se manter atento à explicação feita por Libâneo (2004):

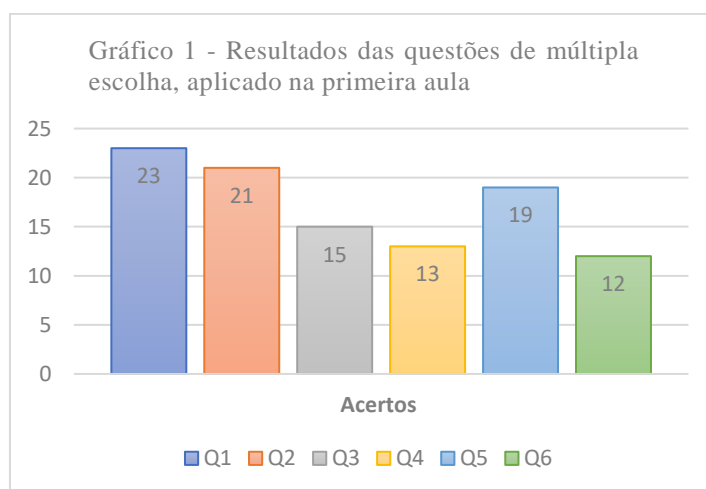
A didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar. [...] Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho do professor é a mediação docente pela qual ele se põe entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas (LIBÂNEO, 2004, p. 23).

Após o recebimento das respostas do questionário, o docente realizou a leitura dessas para a classe, observando a maneira como as respostas foram apresentadas pelos alunos. A socialização dessas respostas dadas pelos alunos possibilitou a participação de todos no decorrer do processo de aprendizagem. Além disso, o professor também convocou a participação daqueles estudantes que demonstravam certa recusa, devido a timidez e outros fatores, a participarem ativamente de todo o processo, colaborando de maneira que todos participassem.

Correção da atividade da primeira aula

Os Gráficos 1 e 2 apresentam os resultados do questionário aplicado e corrigido que fez parte da primeira aula.

Primeira etapa – Questões de múltipla escolha



As questões Q4 e Q6, ambos referentes aos conceitos de diferença de potencial e carga elétrica, foram as que demonstraram os principais obstáculos para os alunos. A Q6, que foi a

questão na qual os alunos demonstraram mais dificuldades, evidencia que vários estudantes tiveram dificuldades em fazer a interpretação correta do problema, demonstrando que os alunos ainda não conseguem diferenciar uma resposta correta com a variação do tempo.

Segunda etapa – Perguntas discursivas

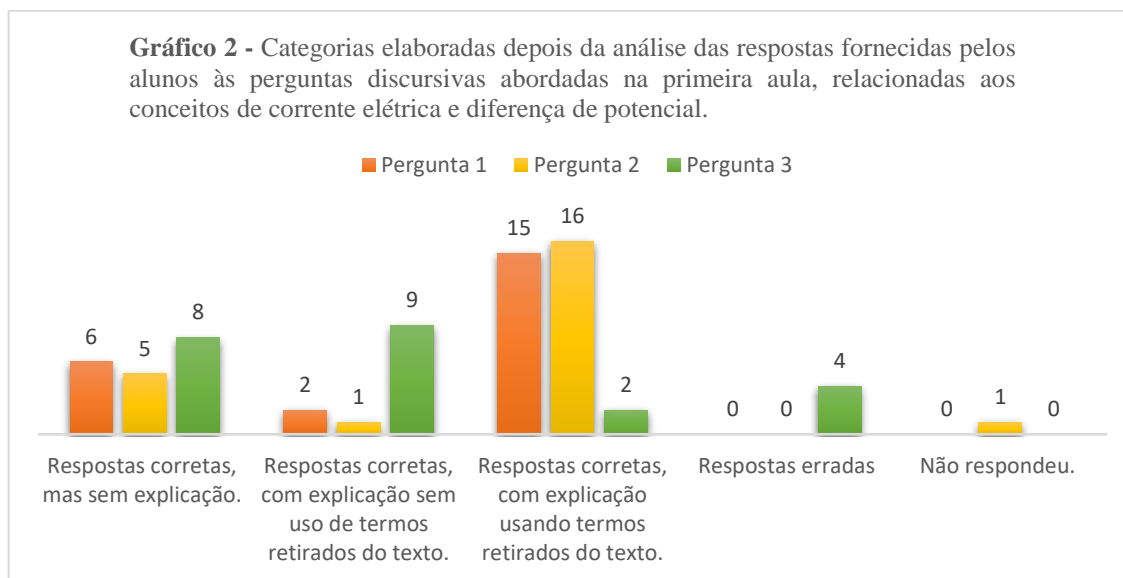
As perguntas que foram usadas nessa etapa do questionário foram estas:

Pergunta 1 (P1): Pode-se dizer que a corrente elétrica é o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica? Explique qual a importância da diferença de potencial para a corrente elétrica.

Pergunta 2 (P2): Pode-se afirmar que os elétrons, após aplicada uma diferença de potencial, movimentam-se de maneira ordenada para o maior potencial elétrico? Explique a diferença entre o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica.

Pergunta 3 (P3): Pode-se dizer que potência é a relação entre energia e tempo? Explique de que maneira podemos relacionar corrente elétrica com potência elétrica.

As categorias elaboradas depois da análise das respostas dos alunos às perguntas discursivas acerca de corrente elétrica e diferença de potencial, abordados na primeira aula e, em seguida, são realizados comentários acerca delas.



O conteúdo tratado nesse questionário foi trabalhado anteriormente durante as aulas regulares, por essa razão acreditava-se que os alunos possuíam domínio básico. Contudo, observou-se que dezesseis alunos de um total de vinte e três alunos procuraram as resoluções no texto, isto é, os estudantes deixaram a impressão de que não recordavam ou não se apropriaram dos conceitos trabalhados. Faz-se necessário destacar que não foi exigido que os

alunos deveriam responder sem poder consultar o texto de divulgação científica. Além disso, foi passado aos alunos a informação de que estes poderiam consultar livremente o texto.

O tipo de resoluções apresentadas por esses dezesseis alunos nos encaminha sobretudo à página 2 do texto do APÊNDICE A, utilizado em classe, no qual o autor estabelece que “sem esta diferença de potencial não existe corrente elétrica”. Além disso, da mesma maneira determina que

Convencionou-se que a corrente elétrica é o deslocamento de cargas positivas no sentido do maior potencial (polo positivo) para o menor potencial (polo negativo), assim como a água que se movimenta da região de maior altura para a de menor altura em relação ao solo. Na verdade, num circuito elétrico quem está se movimentando são as cargas negativas (os elétrons) no sentido do potencial negativo para o positivo, mas este movimento das cargas negativas tem o mesmo efeito como se fossem cargas positivas movendo-se no sentido contrário (ALMEIDA e CUNHA, 2015, p. 3).

Isto é, os estudantes fizeram uso da linguagem formal ao contrário de tentar mostrar, à sua maneira, o entendimento que conseguiram acerca das perguntas.

Essa conclusão é corroborada por respostas que se mostram do seguinte modo:

“Sim. É importante porque sem esta diferença de potencial não existe corrente elétrica.” (Resposta à pergunta (P1) do aluno E4T).

“Sim. A diferença entre os dois é o sentido de deslocamento de cargas positivas (sentido real) no sentido do maior potencial (polo positivo) para o menor potencial (polo negativo). Na verdade num circuito elétrico quem está se movimentando são as cargas negativas (sentido convencional) no sentido do potencial negativo para o positivo.” (Resposta à pergunta (P2) do aluno E1M)

“Sim. Porque potência elétrica (energia/tempo) consumida por qualquer dispositivo elétrico no qual seja aplicada uma tensão (ddp) igual a U e por ele circular uma corrente elétrica i .” (Resposta à pergunta (P3) do aluno E3P).

Outros erros conceituais puderam ser encontrados nas respostas criadas pelos alunos, inclusive depois da leitura do texto.

Na P1, o aluno (E3O) foi incluído na categoria “não respondeu”, pelo fato de ter respondido do seguinte modo:

“Os elétrons vão para um sentido enquanto os prótons vão para o sentido contrário.” (Aluno E3O).

Percebe-se que o aluno nessa resposta demonstrou erro conceitual, uma vez que a resposta se apresenta incompleta.

Na pergunta P3, os quatro alunos que erraram as respostas responderam da seguinte maneira:

“Não. Potência é o produto entre a diferença de potencial e a corrente elétrica.” (aluno E5B)

“Não. Porque potência é $P=U.i$.” (aluno E3P).

“Não. $P=U.i$.” (aluno E1L).

Outra resposta que pode ser destacada é a seguinte:

“Sim. Já que potência é $P=U.i$.” (aluno E4R).

Embora o aluno E4R tenha respondido à pergunta corretamente, percebe-se que o mesmo não explicou adequadamente. A tentativa dos outros alunos de explicar a diferença entre o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica ficou restrita apenas à equação, o que por si só não conta como suficiente para atingir o esclarecimento da questão. Além disso, esses três alunos erraram suas respostas ao afirmar que é possível dizer que potência é a relação entre energia e tempo, quando o ideal teria sido o inverso.

Durante essa aula, percebeu-se que os alunos interagiram de maneira diferente das aulas tradicionais, participando mais ativamente do processo de leitura e debate, fazendo com que todo o processo se tornasse dinâmico; do mesmo modo foi possível observar que houve contribuição significativa da interação social para a evolução dos modos de expressão, fazendo com que o vocabulário científico melhorasse e, portanto, colaborando para a evolução teórica. Ao debater passagens do texto, os alunos utilizaram sua própria linguagem, o que possibilitou ao docente intervir para destacar prováveis equívocos de interpretação, assim como discursos errados. Observou-se também viabilidade de ajudar os alunos na transferência da linguagem do dia a dia para a linguagem formal da perspectiva científica, já que um dos objetivos colocados para essa aula foi formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica, por meio das respostas às perguntas da atividade.

Nesse tipo de estratégia de ensino, uma das peculiaridades a se ressaltar é que os alunos possuem muitas chances de debater com seus colegas de classe, ao contrário do que é comumente visto nas aulas de cunho mais tradicional, nas quais os debates geralmente ficam limitados apenas ao professor e alunos, e não entre estes próprios. Ademais, haverá mais facilidade para intervir no intuito de intermediar a (re)significação quanto maior for a interação com os alunos. Desse modo, algumas colaborações da teoria desenvolvimental, de Davydov, e irradiada nas ideias de Vygotsky, são pontuadas por Libâneo (2004), as quais guiaram nossas percepções:

- a) A educação e o ensino são fatores determinantes do desenvolvimento mental, inclusive por poder ir adiante do desenvolvimento real da criança.
- b) Deve-se levar em consideração as origens sociais do processo de desenvolvimento, ou seja, o desenvolvimento individual depende do desenvolvimento do coletivo. A atividade cognitiva é inseparável do meio cultural, tendo lugar em um sistema interpessoal de forma que, através das interações com esse meio, os alunos aprendem os instrumentos cognitivos e comunicativos de sua cultura. Isto caracteriza o processo de internalização das funções mentais.
- c) A educação é componente da atividade humana orientada para o desenvolvimento do pensamento através da atividade de aprendizagem dos alunos (formação de conceitos teóricos, generalização, análise, síntese, raciocínio teórico, pensamento lógico), desde a escola elementar.
- d) A referência básica do processo de ensino são os objetos científicos (os conteúdos), que precisam ser apropriados pelos alunos mediante a descoberta de um princípio interno do objeto e, daí, reconstruído sob forma de conceito teórico na atividade

conjunta entre professor e alunos. A interação sujeito–objeto implica o uso de mediações simbólicas (sistemas, esquemas, mapas, modelos, isto é, signos, em sentido amplo) encontradas na cultura e na ciência. A reconstrução e reestruturação do objeto de estudo constituem o processo de internalização, a partir do qual se reestrutura o próprio modo de pensar dos alunos, assegurando, com isso, seu desenvolvimento. (LIBÂNEO, 2004).

Outra peculiaridade interessante de perspectiva pedagógica é que o texto de divulgação científica estudado em classe oportunizou debates acerca da maneira como surgiram os conceitos e estes foram desenvolvidos, fazendo com que o terceiro objetivo desta aula fosse alcançado, que era discutir acerca da relação entre os dois conceitos, corrente elétrica e diferença de potencial, e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica. Uma vez que, de acordo com a teoria do ensino desenvolvimental, de Davydov:

A essência do pensamento teórico consiste em que se trata de um procedimento especial com o qual o homem enfoca a compreensão das coisas e dos acontecimentos por meio da análise das condições de sua origem e desenvolvimento (DAVYDOV, 1988).

SEGUNDA AULA – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte II)

Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Realizar leitura de texto de divulgação científica;
2. Formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica;
3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica;
4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento.

Para que fosse possível alcançar esses objetivos, esta aula foi dividida em duas etapas, nas quais foram aplicadas estas estratégias didáticas:

- a) No primeiro momento, juntamente com os alunos, foi realizada a leitura de um texto de divulgação científica, efetivada através de debates acerca dos temas tratados no texto, com tempo de aplicação de 30 minutos;
- b) No segundo momento, os alunos responderam, no decorrer de 20 minutos, um questionário; este foi corrigido pelo docente baseado nos debates dos alunos.

Para esta aula, compareceram 17 alunos que colaboraram para a aplicação dessa unidade didática. Os alunos ausentes apresentaram diversas justificativas para a ausência, como problemas particulares. Além disso, foi liberado aos alunos a utilização de calculadoras para a resolução das questões, de maneira que o tempo pudesse ser otimizado. No entanto, mesmo com essa liberação, percebeu-se que os alunos tiveram dificuldades de resolver as questões e perguntas dentro do limite do prazo estipulado. Com isso, fez-se necessário aumentar o tempo

estabelecido para o segundo momento da aula, o que totalizou trinta e cinco minutos até o término e entrega do último questionário.

Análise da Aula 02

Na primeira etapa da aula foi realizada a leitura do texto: Resistência elétrica e lei de Ohm³ (APÊNDICE A). Esse texto inicia abordando um conceito importante da Física: o Efeito Joule; depois, apresenta o conceito de resistência elétrica e aborda o conceito das Leis de Ohm, trabalhando-os por meio de exemplos do cotidiano; por fim, trata da potência dissipada pelo resistor.

Outro aspecto interessante que se observou durante a aplicação dessa estratégia de ensino foi a fluidez com que os alunos puderam ir de um ponto a outro do texto durante a leitura, em meio às constantes pausas para discussões dos temas tratados nos textos; além disso, o trabalho se desenvolveu de maneira bastante dinâmica, fazendo com que os alunos demonstrassem ainda mais interesse pela aula.

Semelhante à aula anterior, a leitura do texto de divulgação científica nesta aula se desenvolveu da seguinte maneira: cada estudante leu um parágrafo do texto, depois o professor realizava comentários e igualmente respondia às indagações dos alunos durante todo o processo de leitura. Com isso, foi estabelecido um ambiente de interação entre os alunos, o conteúdo e o professor, de maneira ainda mais intensa do que na aula anterior (ANEXO 2).

Percebeu-se que os alunos se sentiram mais familiarizados com a nova metodologia de ensino/aprendizagem; e, assim, participaram mais ativamente durante a aula. No entanto, mesmo que tenha ocorrido essa pequena mudança em relação à primeira aula, a leitura nesta continuou com muita atenção, isso porque os alunos sabiam que seriam escolhidos aleatoriamente para comentarem sobre o parágrafo lido.

De mais a mais foi possível, para os estudantes, notar que os conceitos de resistência elétrica e as leis de Ohm trabalhados através da leitura pausada e debatida era muito melhor do que as tratadas nas aulas tradicionais, fazendo com que demonstrassem mais interesse pelo estudo. Ademais, o texto também apresentou os conceitos de forma panorâmica, indo desde sua origem até o modo como são cobrados nos testes da escola e dos vestibulares.

Por fim, cabe destacar que foi possível perceber, com essa estratégia de ensino, que houve interação entre o fazer científico e os alunos, uma vez que estes discutiram todo o

³ Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1.

processo de desenvolvimento dos conceitos tratados nesse texto de divulgação científico. Diferentemente do que ocorre, como pontuam Terrazzan e Cabana (2003), “na maioria dos LDs [livros didáticos], [onde] encontramos basicamente apenas os "resultados da Ciência" geralmente apresentados como “verdades irrefutáveis”, sendo que os processos de obtenção desses resultados não são apresentados e discutidos”.

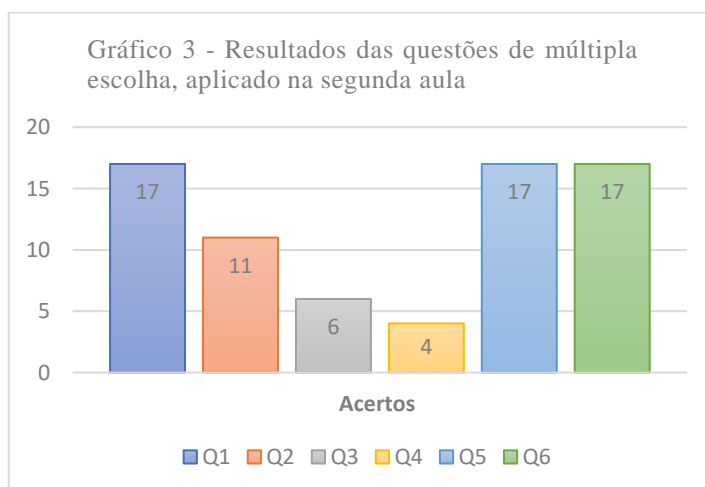
Na segunda etapa da aula os alunos fizeram a resolução de um questionário com seis questões de múltipla escolha, dos quais podem ser observados os resultados no gráfico 3, e no gráfico 4 podem ser observadas os resultados das três perguntas discursivas. O questionário analisado, cujas questões tratavam de conceitos como resistência elétrica e leis de Ohm, está incluída no APÊNDICE B. Os alunos solucionaram o questionário de modo individual e entregaram-no ao professor, que se manteve em silêncio, abstando-se de comentários ou qualquer tipo de interferência até que tudo fosse terminado por parte dos estudantes.

Depois de recolher as respostas do questionário, o professor leu-as para todos, ponderando o modo como os estudantes apresentaram suas respostas. Todos puderam participar do processo de aprendizagem por meio da socialização das respostas. Ademais, destaca-se que não foi necessário para o professor ter que chamar os alunos mais tímidos para participarem, uma vez que esses se sentiram mais dispostos a contribuírem com todo o processo.

Correção da atividade da segunda aula

Os Gráficos 3 e 4 apresentam os resultados do questionário aplicado e corrigido que fez parte da primeira aula.

Primeira etapa – Questões de múltipla escolha



As questões Q3 e Q4, ambos referentes aos conceitos de resistência elétrica e Lei de Ohm, foram as que demonstraram os principais obstáculos para os alunos. A Q4, que foi a

questão na qual os alunos demonstraram mais dificuldades, evidencia que a maioria dos estudantes não conseguiram levar em conta a influência da temperatura na resistência. Embora esse aspecto tenha sido discutido durante a leitura do texto de divulgação científica, percebeu-se que os alunos não conseguiram compreender bem esse aspecto.

Segunda etapa – Perguntas discursivas

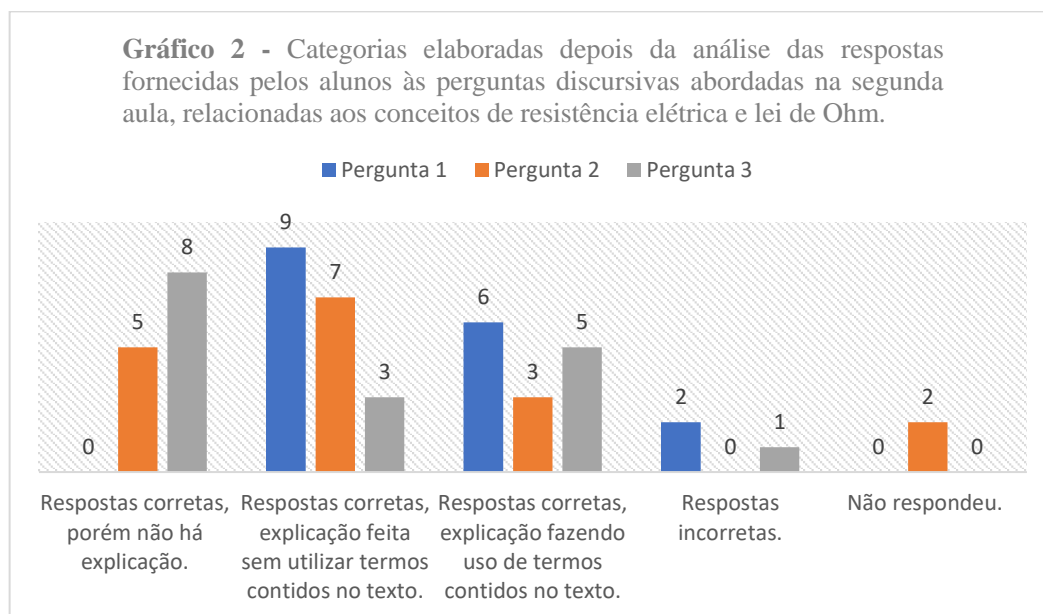
As perguntas que foram usadas nessa etapa do questionário foram estas:

Pergunta 1 (P1): O que é a primeira Lei de Ohm? Explique como ela pode ser representada matematicamente.

Pergunta 2 (P2): O que é a segunda Lei de Ohm? Explique quais fatores influenciam essa lei.

Pergunta 3 (P3): Todo resistor, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica através do efeito joule? Explique.

As categorias elaboradas depois da análise das respostas dos alunos às perguntas discursivas acerca de resistência elétrica e Leis de Ohm, abordados na segunda aula e, em seguida, são realizados comentários acerca delas.



Como o conteúdo abordado nestas questões já havia sido desenvolvido nas aulas regulares esperava-se que os estudantes já o dominassem. Embora alguns alunos tenham recorrido ao texto para responder às perguntas, percebe-se que muitos estudantes responderam sem utilizar termos retirados do texto. Assim, é possível deduzir que as atitudes dos alunos em

relação à primeira aula, e o modo como responderam, mudou, o que evidencia que houve um melhor entendimento dos conceitos trabalhados nessa segunda aula.

As respostas que corroboram esta conclusão se apresentaram da seguinte forma:

A primeira lei de ohm diz que a diferença de potencial quando aplicado nos terminais de uma resistência será atravessado por uma corrente elétrica que aumenta na mesma proporção da diferença de potencial, resultando num valor constante. Ela pode ser representada por $U=R.i$. (Resposta à pergunta (P1) do aluno E4M).

Uma forma de calcular a resistência em qualquer condutor. E os fatores que influenciam são o material, que é resistividade, o comprimento do fio, e a área da secção transversal. (Resposta à pergunta (P2) do aluno E2P).

Sim. O principal papel da resistência é transformar energia elétrica em energia térmica (efeito joule) (Resposta à pergunta (P3) do aluno E1A).

Mesmo após a leitura do texto ainda é possível encontrar alguns erros conceituais nas respostas elaboradas pelos estudantes.

Na pergunta 1, dois alunos foram contabilizados na categoria “resposta incorreta”, uma vez que embora tenham explicado como é feita a representação matemática da primeira lei de ohm, os mesmos não conseguiram conceituar essa lei, o que pode ser observado nas respostas a seguir:

“Lei de Ohm é $U=R.i$.” (aluno E4L).

“ $U=R.i$ ” (aluno E1F)

Na pergunta 2, dos dezessete alunos presentes, cinco conseguiram responder à P2, porém sem conseguir explicar os fatores que influenciam essa lei, como pode ser visto a seguir:

“A segunda lei de ohm é $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$.” (aluno E1P).

“É $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$.” (aluno E5M).

“A segunda lei de ohm calcula a resistência de fios” (aluno E3A).

“A segunda lei de ohm é responsável por calcular a resistência elétrica” (aluno E2B).

“A segunda lei de ohm é $R = \rho \cdot \frac{L}{A}$.” (aluno E3D).

Pode-se observar que os alunos responderam à pergunta de maneira sucinta, utilizando a representação matemática para conceituar a segunda lei de Ohm. Esse tipo de atitude demonstra que os alunos tiveram dificuldades em associar o conceito da lei com o texto utilizado na aula, mesmo que esse conceito tenha sido extensivamente discutido com a turma.

Com relação aos dois alunos que não responderam à pergunta P2, acredita-se que foi por falta de tempo, mesmo que tenha sido disponibilizado mais tempo do que o previsto no planejamento desta aula, pois são estudantes aplicados que tem disposição em fazer as tarefas e normalmente tem bom aproveitamento nas atividades regulares de sala de aula.

Na pergunta P3, os dois alunos que foram categorizados como tendo respondido corretamente e fizeram uso dos termos contidos no texto de divulgação científica para responder à P3 reproduziram exatamente as mesmas palavras, como pode ser observado a seguir:

“Sim. Devido à diferença de temperatura, o resistor irá dissipar este excesso de energia térmica para o ambiente exterior por meio de condução de calor ou por irradiação” (aluno E1F).

“Sim. Devido à diferença de temperatura, o resistor irá dissipar este excesso de energia térmica para o ambiente exterior por meio de condução de calor ou por irradiação” (aluno E2B).

Esses alunos demonstraram insegurança durante o processo de aprendizagem, isso porque percebeu-se que esses estudantes tiveram pouco foco durante o processo de leitura e discussão do texto de divulgação científica. Além disso, esses alunos estavam sentados próximos um do outro, o que pode ter corroborado para que um pudesse ter copiado do outro a ideia de responder dessa maneira. Porém, esses estudantes têm um perfil de bons estudantes durante as aulas regulares, o que nos leva a crer que houve algum fator desconhecido que os impediu de responderem com suas próprias palavras essas perguntas discursivas.

Durante esta aula, os alunos interagiram entre si e com o texto no decorrer da leitura deste e suas respectivas discussões, foi possível perceber da mesma maneira que tudo ocorreu de modo bastante dinâmico, contrastando com as aulas regulares e tradicionais. Outro aspecto interessante, semelhante ao ocorrido durante a primeira aula, foi a oportunidade de poder observar que houve uma colaboração significativa para o desenvolvimento das maneiras de expressão a partir da interação social, o que melhorou ainda mais o vocabulário científico e colaborou do mesmo modo para a evolução teórica. Ao pegar passagens do texto para discutir, os alunos fizeram uso de sua própria linguagem, o que tornou possível ao professor que este intervisse em momentos importantes, para que não houvesse erros conceituais. Houve uma maior facilidade de adequar a linguagem dos alunos para uma linguagem formal no sentido científico, já que um dos objetivos dessa aula foi a formalização dos conceitos de resistência elétrica e Lei de Ohm.

Percebeu-se que nesse tipo de estratégia de ensino, assim como na primeira aula, uma das peculiaridades a se ressaltar é que os alunos possuem muitas chances de debater com seus colegas de classe, ao contrário do que é comumente visto nas aulas de cunho mais tradicional, nas quais os debates geralmente ficam limitados apenas ao professor e alunos, e não entre os próprios estudantes. Isso vai ao encontro do que é colocado por Davydov (1987), ao apontar alguns princípios do ensino escolar de acordo com a base das generalizações teóricas:

a) A assimilação dos conhecimentos de caráter geral e abstrato precede a familiarização com os conhecimentos mais particulares e concretos; é a partir daqueles que se deduzem estes, correspondendo às exigências da ascensão do abstrato ao concreto.

b) Os conceitos de uma disciplina escolar devem ser assimilados por meio do exame das condições que os originaram e os tornaram essenciais, ou seja, os conceitos não se dão como “conhecimentos já prontos”, devendo ser deduzidos a partir do geral e do abstrato.

- c) No estudo da origem dos conceitos os alunos devem, antes de tudo, descobrir a conexão geneticamente inicial, geral, que determina o conteúdo e a estrutura do campo de conceitos dados.
- d) É necessário reproduzir esta conexão em modelos objetivados, gráficos e simbólicos (literais) que permitam estudar suas propriedades em “forma pura” (por exemplo, a estrutura interna das palavras pode ser representada com a ajuda de esquemas gráficos especiais).
- e) Há que se formar nos alunos ações objetivadas que lhes permitam revelar no material de estudo e reproduzir nos modelos as conexões primárias e universais do objeto de estudo, de modo que se garantam as transições mentais do universal para o particular e vice-versa.
- f) Os escolares devem passar paulatinamente e no seu devido tempo da realização de ações no plano mental para a realização de ações no plano externo (objetivadas) e vice-versa.

Por fim, destaca-se outra peculiaridade interessante de perspectiva pedagógica, o texto de divulgação científica estudado em classe oportunizou debates acerca da maneira como surgiram os conceitos e estes foram desenvolvidos, fazendo com que o terceiro objetivo desta aula fosse alcançado, que era discutir acerca da relação entre os dois conceitos, corrente elétrica e diferença de potencial, e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica. Tudo isso se alinha com o que escreveu Davydov na introdução de seu livro derradeiro, na edição espanhola:

Os pedagogos começam a compreender que a tarefa da escola contemporânea não consiste em dar às crianças uma soma de fatos conhecidos, mas em ensiná-las a orientar-se independentemente na informação científica e em qualquer outra. Isto significa que a escola deve ensinar os alunos a pensar, quer dizer, desenvolver ativamente neles os fundamentos do pensamento contemporâneo para o qual é necessário organizar um ensino que impulse o desenvolvimento. Chamemos esse ensino de “desenvolvimental”. (Davydov, 1988d, p. 3).

TERCEIRA AULA – Experimentos circuito em série

A terceira aula se configurou com a realização, em equipes, da primeira atividade de experimentação, com foco nos circuitos elétricos em série.

Não somente neste experimento como nos demais, foram usadas atividades experimentais que estão categorizadas como laboratórios com grau de liberdade II, segundo Carvalho (2010).

Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Identificar se os estudantes conseguem reconhecer na atividade experimental os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores.
2. Verificar se os estudantes conseguem relacionar o conteúdo trabalhado com situações do dia a dia.
3. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório;

4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Para atingir esses objetivos, foi executada um experimento no decorrer de um tempo de 50 minutos, sendo que tal atividade foi realizada em equipes de no máximo 5 alunos de um total de 21 alunos que participaram dessa aula.

Análise da aula 03

Durante esta aula foi utilizado um aparato experimental que consistia em uma placa de acrílico 50x50cm com quatro lâmpadas incandescentes de 40W e uma de 60W, quatro bocais, dezesseis plugs banana, cabo de 10mm, fita isolante, um alicate de cortar fio, chave de fenda e parafusos. Ademais, para efeito de cálculo, foi adotado uma tensão elétrica de 120V.

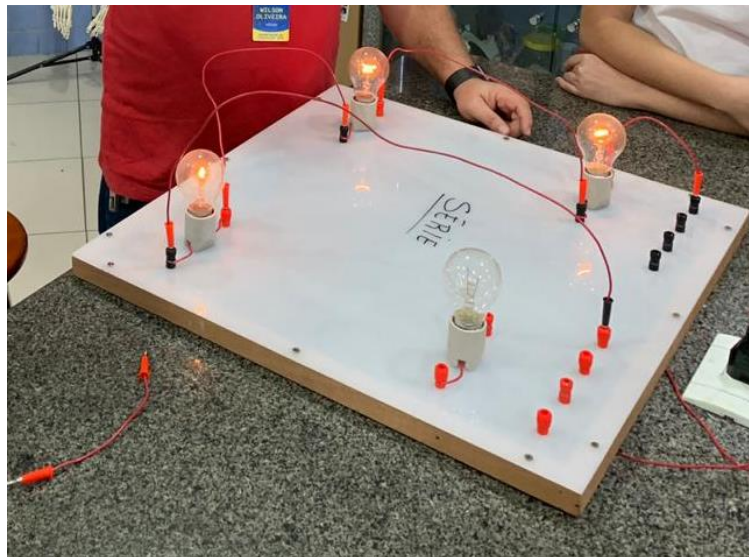


Figura 14 - Aparato experimental de circuito em série

Utilizou-se um roteiro investigativo com seis questões como guia para a efetuação do experimento, que estão descritas e analisadas em seguida.

No decorrer desta aula os alunos foram notificados de que não poderiam consultar quaisquer materiais que não fosse o roteiro fornecido pelo professor, de maneira que a análise das respostas concernentes aos objetivos 1 e 2 não fosse dificultada.

Em seguida serão apresentadas tabelas com as respostas dos estudantes ao roteiro investigativo desta aula experimental.

Tabela 1 - Respostas para o item (a) Observando o aparato que está montado sobre a bancada, as lâmpadas demonstram o mesmo brilho? Tente justificar essa resposta inicial.

E1	Sim. Porque as lâmpadas são iguais.
E2	Sim. Todas as lâmpadas tem a mesma potência.
E3	Sim. Porque são iguais.
E4	Sim. A corrente que passa por elas é a mesma.
E5	Sim. Porque estão ligadas em série.

Ao analisar as respostas dos alunos ao item (a), pode-se observar que todas as cinco equipes demonstraram a mesma percepção quanto ao experimento, isto é, todas as equipes conseguiram perceber que todas as lâmpadas demonstram o mesmo brilho. As equipes E2 e E4 demonstraram um entendimento mais completo que as demais, pois conseguiram relacionar o brilho das lâmpadas com a potência destas e a corrente elétrica que passa por elas.

Tabela 2 - Respostas para o item (b) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?

E1	As outras também vão queimar.
E2	As lâmpadas irão se apagar, pois não terá corrente elétrica no circuito.
E3	As outras irão se apagar. Mesmo sem queimar.
E4	As demais lâmpadas não acenderão porque o circuito ficará aberto.
E5	Todas as lâmpadas queimarão.

Pode-se perceber a partir dessas respostas que três das cinco equipes responderam corretamente esse item do roteiro. As respostas das equipes E2 e E4 se destacam por apresentarem justificativa, elemento não solicitado no roteiro. Além disso, essas respostas evidenciam outro aspecto importante: a apropriação do conceito de corrente elétrica, ou seja, os estudantes conseguiram associar o conceito de corrente elétrica, trabalhado nas aulas anteriores, com o experimento. Da mesma maneira é possível observar que as respostas das equipes E1 e E5 evidenciam que esses alunos não conseguiram compreender as malhas do circuito em série, isto é, o conceito de corrente elétrica ainda não foi efetivamente entendido por essas equipes.

Tabela 3 - Respostas para o item (c) De que maneira a corrente elétrica se comporta neste circuito? Qual o seu valor nominal?

E1	É a mesma corrente elétrica. E a corrente elétrica é 1,33A.
E2	A corrente é igual para todas as lâmpadas e com valor nominal de $\frac{4}{3}A$.
E3	A corrente elétrica é igual em todas as lâmpadas. 1,33A.
E4	A corrente elétrica se comporta como um fluxo de elétrons e com valores nominais iguais em cada lâmpada. O valor nominal é 1,33A.
E5	Temos a mesma corrente em cada lâmpada.

Todas as equipes responderam certo. Contudo, ao analisar as respostas das equipes do item (c) do roteiro, percebe-se que a equipe E4 apresentou a resposta mais adequada, já que esta fez a aplicação correta do conceito de corrente elétrica, além de efetuar corretamente o cálculo para encontrar o valor nominal certo. Outra resposta interessante a ser abordada é a da equipe E5, pois embora tenha respondido corretamente à questão, não apresentou nenhum cálculo.

Tabela 4 - Respostas para o item (d) Qual a tensão elétrica em cada lâmpada?

E1	É a mesma em todas as lâmpadas: 30V.
E2	É aproximadamente 30V.
E3	30V.
E4	Como são 4 lâmpadas iguais e a tensão total é 120V, cada lâmpada terá 30V.
E5	30V, já que tem a mesma potência.

Todas as equipes conseguiram responder corretamente essa questão. Entretanto, vale ressaltar a resposta da equipe E4, uma vez que esta utilizou a corrente elétrica calculada no item anterior para encontrar a resistência de cada lâmpada, e em seguida fez uso da lei de Ohm para calcular a diferença de potencial em cada lâmpada. Outra resposta que se destaca é da equipe E5, pois esta não apresentou o cálculo das resistências das lâmpadas, embora tenha respondido à questão corretamente.

Tabela 5 - Respostas para o item (e) Onde é possível encontrar uma ligação em série no dia a dia?

E1	Pisca pisca de natal.
E2	Pisca-pisca de Natal.

E3	Não sei.
E4	Em pisca-pisca de Natal.
E5	Pisca-pisca.

As equipes E1, E2, E4 e E5 responderam com o mesmo exemplo, o que demonstra que elas fizeram uso do mesmo exemplo apresentado pelo professor durante as aulas do curso regular, quando o conteúdo de circuitos foi aplicado. Entretanto, a E3 não respondeu adequadamente, já que afirmou não saber, o que evidencia que eles não conseguiram correlacionar o conteúdo trabalhado com o cotidiano.

Tabela 6 - Respostas para o item (f) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique.

E1	Vão queimar porque uma delas é mais potente que as outras.
E2	As lâmpadas irão acender normalmente, mas a lâmpada nova vai ter um brilho maior.
E3	Vão funcionar normalmente mas vai diminuir a corrente elétrica.
E4	Vai diminuir o brilho das três lâmpadas de menor potência enquanto a de maior aumentará.
E5	As lâmpadas não vão acender.

Ao analisar as respostas das equipes pode-se perceber que a equipe E1 respondeu erroneamente esse item do roteiro investigativo, já que as lâmpadas não queimarão se ocorrer a trocar de qualquer uma delas por outra, ainda que a potência seja maior. Por outro lado, a resposta da E2 se apresenta parcialmente correta, pois o brilho das lâmpadas de 40W diminuirão, ou seja, a corrente elétrica aumentará ao invés de diminuir, já que a resistência equivalente irá diminuir. Outra resposta que vale ressaltar é a da equipe E5, o que evidencia que esta equipe não analisou o contexto, de modo que sua resposta é considerada errada, ou seja, as lâmpadas não deixarão de acender se houver a troca de uma lâmpada por outra de maior potência.

De acordo com a análise das respostas das equipes contidas nas tabelas 1, 2, 3, 4, 5 e 6, foram elaboradas as categorias apresentadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Categorias elaboradas de acordo com a análise das respostas das equipes aos itens do roteiro investigativo do primeiro experimento.

	E1	E2	E3	E4	E5
Observaram corretamente o brilho e justificaram.	X	X	x	x	x
Compreenderam as malhas do circuito em série.		X	x	x	
Entenderam o comportamento da corrente elétrica e conseguiram o valor nominal.	X	X	x	x	
Apresentaram apropriação do conceito de tensão elétrica.	X	X	x	x	x
Relacionaram o experimento com algum evento do cotidiano.	X	X		x	x
Previram correta ou parcialmente o que aconteceria.		X		x	

As categorias exibidas no Quadro 2 apontam que os objetivos foram conquistados, visto que em conjunturas reais os alunos fizeram observações corretas, utilizando os termos tensão, potência e corrente [elétrica] de maneira adequada, assim como trabalhados em classe nas primeira e segunda aulas, evidenciando que tais conceitos foram apropriados pelos alunos. Além disso, os estudantes conseguiram entender o comportamento da corrente elétrica, embora uma das equipes não tenha apresentado o valor nominal solicitado no roteiro. Por fim, destaca-se que as equipes também conseguiram relacionar o experimento com eventos do cotidiano.

Nesse contexto, pode-se observar que o trabalho com a experimentação possui grande potencial como técnica de ensino, já que é dever do professor “ajudar os alunos a aprender através do estabelecimento de interrelações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do conhecimento escolar em ciências (ZANON & SILVA, 2000). Da mesma maneira, pode-se observar a relevância da experimentação na modificação de comportamento diante dessa técnica, pois “o experimento é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo...” (CARVALHO et al., 1999).

Os debates em equipes e as interações sociais entre os partícipes do processo de ensino demonstram que a aprendizagem pode se dá de modo coletivo, como foi proposto por Libâneo (2009).

QUARTA AULA – Experimentos circuito paralelo

A quarta aula se configurou com a realização, em equipes, da segunda atividade de experimentação, com foco nos circuitos elétricos em paralelo.

Não somente neste experimento como nos demais, foram usadas atividades experimentais que estão categorizadas como laboratórios com grau de liberdade II, segundo Carvalho (2010).

Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Identificar se os estudantes conseguem reconhecer na atividade experimental os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores.
2. Verificar se os estudantes conseguem relacionar o conteúdo trabalhado com situações do dia a dia.
3. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório;
4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Para atingir esses objetivos, foi executado um experimento no decorrer de um tempo de 50 minutos, sendo que tal atividade foi realizada em cinco equipes de no máximo cinco alunos de um total de vinte e um alunos que participaram dessa aula.

Análise da aula 04

Durante esta aula foi utilizado um aparato experimental que consistia em uma placa de acrílico 50x50cm, com quatro lâmpadas incandescentes de 40W e uma de 60W, quatro bocais, dezesseis plugs banana, uma tomada externa, cabo de 10mm, fita isolante, um alicate de cortar fio, chave de fenda e parafusos. Ademais, para efeito de cálculo, foi adotado uma tensão elétrica de 120V.

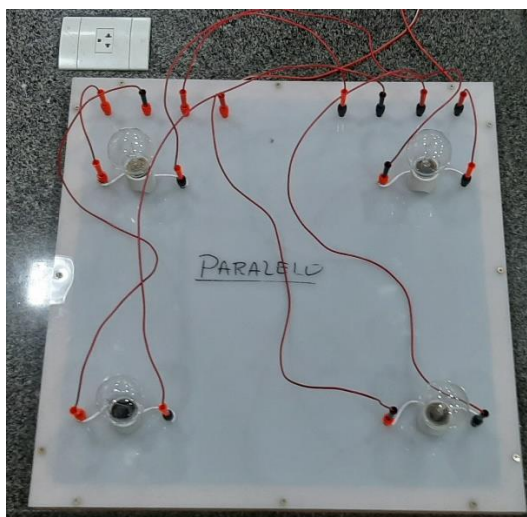


Figura 15 - Aparato experimental de circuito em paralelo

Utilizou-se um roteiro investigativo com seis questões como guia para a efetuação do experimento, que estão descritas e analisadas em seguida.

No decorrer desta aula os alunos foram notificados de que não poderiam consultar quaisquer materiais que não fosse o roteiro fornecido pelo professor, de maneira que a análise das respostas concernentes aos objetivos 1 e 2 não fosse dificultada.

Em seguida serão apresentadas tabelas com as respostas dos estudantes ao roteiro investigativo desta aula experimental.

Tabela 7 - Respostas para o item (a) Você recebeu alguns materiais específicos para criar um modelo de circuito em paralelo. Assim, ao ligarmos o circuito, descreva o que você observa.

E1	Todas as lâmpadas têm brilho iguais e intenso.
E2	As lâmpadas tem brilho idênticos, pois as correntes são independentes.
E3	As lâmpadas tem o mesmo brilho.
E4	O brilho das lâmpadas é o mesmo.
E5	Todas as lâmpadas têm brilho iguais e intenso.

Todas as equipes perceberam e descreveram que as lâmpadas apresentaram a mesma intensidade de brilho. No entanto, deve-se ressaltar a resposta da E2, pois apresentou justificativa para sua observação.

Tabela 8 - Respostas para o item (b) O que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso? Qual o comportamento da corrente elétrica neste circuito?

E1	Como as lâmpadas são de 40W apresentam o mesmo brilho, porque a corrente é a mesma em cada lâmpada.
E2	Apresentam potências iguais. A corrente é independente em cada lâmpada, com o mesmo módulo.
E3	Como a ligação é em paralelo a tensão é a mesma em cada lâmpada. Da mesma forma a corrente.
E4	Como são lâmpadas de igual potência, apresenta o mesmo brilho. A corrente se comporta de maneira independente em cada lâmpada.
E5	Porque as lâmpadas são iguais. Cada uma com sua corrente.

Todas as equipes responderam corretamente. Além disso, pode-se perceber, ao analisar as respostas, que as equipes E1, E2 e E4 fizeram uso do conceito de potência elétrica para explicar o motivo pelo qual as lâmpadas demonstram brilho intenso, demonstrando que essas equipes se apropriaram do conceito de potência elétrica, trabalhado na segunda aula. Assim, essas equipes conseguiram associar a teoria com a prática, o que demonstra que houve evolução conceitual.

Por outro lado, percebe-se na resposta da equipe E3 que esta tomou o discurso do professor, “ParalelU, mesmo U”, utilizada nas aulas regulares, para responder essa questão, pois fizeram uso do conceito de tensão elétrica para explicar o que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso. Além disso, na segunda pergunta da questão, a equipe buscou explicar que a corrente elétrica é a mesma em cada lâmpada, embora a resposta não tenha sido apresentada de modo organizado.

Tabela 9 - Respostas para o item (c) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?

E1	As outras vão funcionar normalmente.
E2	Se uma das lâmpadas queimar isso não afetará as demais, já que a tensão elétrica em cada lâmpada é 120V.
E3	As outras lâmpadas vão continuar acessas.
E4	O circuito continuará funcionando normalmente
E5	As outras lâmpadas não vão acender.

Todas as equipes, exceto a E5, fizeram previsões corretas para essa questão. Acredita-se que essa previsão errônea tenha ocorrido por falta de atenção dessa equipe, pois em um circuito em paralelo todas as ligações são independentes. Além disso, acredita-se que essa equipe tenha confundido o modo de funcionamento de um circuito em paralelo com o circuito em série, utilizado na aula anterior, uma vez que essa questão também estava contida no roteiro daquela aula.

Tabela 10 - Respostas para o item (d) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique.

E1	As lâmpadas antigas vão perder brilho por causa da nova lâmpada.
E2	A lâmpada de maior potencia vai ter um maior brilho.
E3	Como as lâmpadas funcionam de maneira independente no circuito, a troca de lâmpada não vai afetar o brilho das outras lâmpadas, mesmo que essa nova lâmpada tenha um brilho maior.
E4	O circuito vai funcionar normalmente, mas a lâmpada nova vai ter um brilho maior que as outras porque tem uma corrente elétrica maior.
E5	As lâmpadas vão funcionar normalmente mas a lâmpada trocada vai ficar com pouco brilho.

Ao analisar as repostas das equipes, observou-se que as E1 e E5 erraram as respostas. Nota-se na resposta da E1 que houve confusão entre circuito em série e circuito em paralelo, pois no circuito em paralelo, ao trocar uma lâmpada por outra de maior potência não afetará as demais, pois cada lâmpada possui uma ligação independente, ou seja, as lâmpadas antigas não vão perder brilho por causa da nova lâmpada. Já a resposta da E5, embora tenha acertado que o circuito continuará funcionando normalmente, errou ao afirmar que a lâmpada trocada terá pouco brilho, ou seja, que essa nova lâmpada apresentará um brilho menor em relação as demais.

Por outro lado, a E4 foi a equipe que apresentou a resposta mais adequada para esse tipo de questão, pois relacionou o brilho com a corrente elétrica, ou seja, quanto menor for a resistência elétrica da lâmpada maior será a corrente sobre ela. Assim, percebeu-se que essa equipe conseguiu se apropriar do conceito de resistência elétrica, conseguindo percebê-la na prática.

Tabela 11 - Respostas para o item (e) Desenvolva o cálculo para descobrir os valores das resistências de cada lâmpada. Em seguida, encontre o valor da resistência equivalente do circuito trabalhado com as lâmpadas de igual potência (40W).

E1	Cada lâmpada vai ter 360Ω. 90Ω.
E2	Usando a tensão como 120V, cada lâmpada terá uma resistência de 360Ω. E a resistência equivalente do circuito será de 90Ω.
E3	360Ω. 90Ω.
E4	Os valores das resistências de cada lâmpada será de 360Ω. O valor da resistência equivalente do circuito será de 90Ω.
E5	Resistências das lâmpadas = 360Ω. Resistência equivalente = 90Ω.

Todas as equipes responderam corretamente. Contudo, foi possível perceber que algumas equipes demonstraram dificuldades para responder essa questão, pois não lembravam da equação de potência. Por essa razão, o professor optou por disponibilizar para os alunos a equação, de maneira que todos pudessem responder o problema.

Tabela 12 - Respostas para o item (f) Fazendo uso das leis de Ohm, qual é o valor da corrente elétrica em cada lâmpada de 40W, e na de 60W?

E1	Cada lâmpada de 40W é de aproximadamente 0,33A. E a de 60W é 0,5A.
E2	As lâmpadas de 40W têm corrente elétrica de aproximadamente 0,33A. E a lâmpada de 60W é 0,5A.
E3	As de 40W é 3A. A de 60W é 2A.
E4	O valor da corrente elétrica em cada lâmpada de 40W será de aproximadamente 0,33A. E na de 60W será de 0,5A.
E5	40W = 0,33. 60W = 0,5A.

Ao analisar as repostas das equipes para essa questão, observa-se que apenas a equipe E3 não conseguiu responder corretamente. Pode-se perceber que a E3 ao invés de utilizar $I = \frac{U}{R}$, utilizou $I = \frac{R}{U}$, dessa maneira os resultados obtidos estão incorretos.

Tabela 13 - Respostas para o item (g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação em paralelo?

E1	Em residências.
E2	Todas as ligações residenciais são feitas com associação em paralelo.
E3	Em residências.
E4	Em residências.
E5	Em residências e indústrias.

Ao fazer a análise das respostas das equipes, nota-se que todas conseguiram apresentar situações do cotidiano em que encontramos a associação em paralelo. Contudo, ressalva-se que os exemplos apresentados pelos alunos já haviam sido utilizados pelo professor durante as aulas do curso regular.

De acordo com a análise das respostas das equipes contidas nas tabelas 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 13, foram elaboradas as categorias apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 - Categorias elaboradas de acordo com a análise das respostas das equipes aos itens do roteiro investigativo do primeiro experimento.

	E1	E2	E3	E4	E5
Não confundiram circuito em série com circuito em paralelo.	X	X	x	x	
Apresentaram apropriação dos conceitos de corrente elétrica, potência elétrica e tensão elétrica.	X	X	x	x	
Previram correta ou parcialmente o que aconteceria.	X	X	x	x	
Encontraram os valores das resistências.	X	X	x	x	x
Fizeram uso correto da lei de Ohm.	X	X		x	x
Relacionaram o experimento com algum evento do cotidiano.	X	X	x	x	x

Por meio das categorias exibidas no Quadro 3, pode-se perceber que os objetivos desta aula foram conquistados, uma vez que os alunos, com exceção dos integrantes da equipe E5, conseguiram apresentar apropriação dos conceitos de corrente elétrica, potência elétrica e tensão elétrica, bem como conseguiram diferenciar um circuito elétrico simples de um circuito em paralelo. Além disso, fizeram previsões corretas ou parcialmente no decorrer das experimentações, assim como conseguiram encontrar os valores requeridos no roteiro

investigativo. Pode-se perceber que elas também conseguiram relacionar o experimento com eventos do cotidiano. Somente a equipe E5 demonstrou algumas dificuldades no início da aula, que foram ajustadas posteriormente.

E, segundo as respostas, pode-se concluir que os alunos conseguiram reconhecer na atividade experimental os conteúdos trabalhados nas primeiras aulas. As equipes foram muito participativas, e as interações sociais ocorreram o tempo todo de modo que promoveram a evolução dos participantes.

À vista disso, percebeu-se da mesma maneira que a utilização da teoria histórico-cultural como subsídio para o trabalho em equipes, assim como a utilização de experimentos, proporcionou a socialização dos alunos, com intercâmbio de dados, debates, reconhecimento dos saberes que os alunos trouxeram previamente, assim como uma mais satisfatória interação com as ferramentas de educação, mediadas pelo docente.

QUINTA AULA – Experimentos circuito misto

A quinta aula se configurou com a realização, em equipes, da segunda atividade de experimentação, com foco nos circuitos elétricos em paralelo.

Não somente neste experimento como nos demais, foram usadas atividades experimentais que estão categorizadas como laboratórios com grau de liberdade II, segundo Carvalho (2010).

Para esta aula, foram estabelecidos estes objetivos:

1. Identificar se os estudantes conseguem reconhecer na atividade experimental os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores.
2. Verificar se os estudantes conseguem relacionar o conteúdo trabalhado com situações do dia a dia.
3. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório;
4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Para atingir esses objetivos, foi executado um experimento no decorrer de um tempo de 50 minutos, sendo que tal atividade foi realizada em cinco equipes de no máximo cinco alunos de um total de vinte e dois alunos que participaram dessa aula.

Análise da aula 05

Durante esta aula foi utilizado um aparato experimental que consistia em uma placa de acrílico de 50x50cm, com quatro lâmpadas incandescentes de 40W e duas de 60W, quatro bocais banana, cabo de 10mm, fita isolante, um alicate de cortar fio, chave de fenda e parafusos.

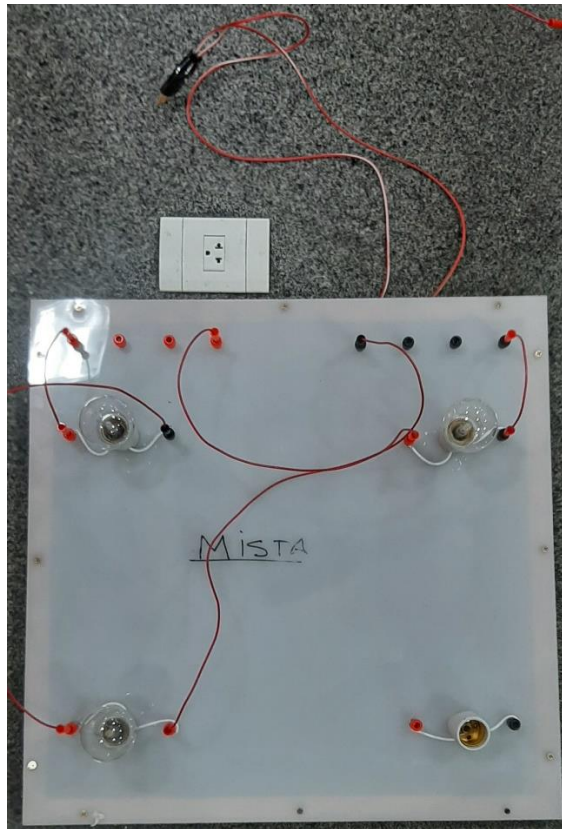


Figura 16 - Aparato experimental de circuito misto

Utilizou-se um roteiro investigativo com seis questões como guia para a efetuação do experimento, que estão descritas e analisadas em seguida.

No decorrer desta aula, os alunos foram notificados de que não poderiam consultar quaisquer materiais que não fosse o roteiro fornecido pelo professor, de maneira que a análise das respostas concernentes aos objetivos 1 e 2 não fosse dificultada.

Em seguida, serão apresentadas tabelas com as respostas dos estudantes ao roteiro investigativo desta aula experimental.

Tabela 14 - Respostas para o item (a) Utilize os materiais sobre a bancada para montar um circuito elétrico com duas lâmpadas de 40W em série associada a uma terceira de 40W em paralelo.

E1	Criou o circuito corretamente.
E2	Criou o circuito corretamente.
E3	Criou o circuito corretamente.
E4	Criou o circuito corretamente.
E5	Criou o circuito parcialmente correto.

Os resultados obtidos desta questão foram registrados no diário de campo do professor, por ser uma questão exploratória com o objetivo de verificar a autonomia das equipes na montagem do experimento. Assim, ficou evidente que apenas a equipe E5 teve dificuldades para montar o aparato experimental, sendo necessária a ajuda do professor. Ademais, tornou-se claro que as equipes conseguiram se familiarizar com aulas experimentais, compreendendo o modo como a corrente elétrica se comporta no circuito, bem como a diferença de potencial sobre as lâmpadas.

Tabela 15 - Respostas para o item (b) Antes de começarmos o experimento, você acha que as lâmpadas demonstrarão o mesmo brilho? Tente justificar.

E1	Não. As lâmpada em série terão brilho menos intenso que a lâmpada em paralelo.
E2	Não. A lâmpada em paralelo vai ter maior brilho que as lâmpadas em série.
E3	Não. O brilho da lâmpada em paralelo será maior porque terá maior corrente elétrica.
E4	Não. As lâmpadas associadas em série terão maior resistência, logo menor corrente elétrica. Por isso as lâmpadas em série terão menor brilho que a lâmpada em paralelo.
E5	Não. As lâmpadas em serie brilharão menos.

Todas as equipes previram corretamente a intensidade do brilho das lâmpadas. Contudo, pode-se perceber que ocorreu pequenas variações conceituais entre as equipes, para justificar suas respostas. A equipe E3 utiliza o conceito de corrente elétrica para explicar o brilho mais intenso da lâmpada em paralelo. Por outro lado, a equipe E4 utiliza o conceito de associação de resistores e da lei de Ohm. Já a equipe E5 não fez uso de qualquer conceito para justificar sua resposta, o que demonstra que essa equipe não se apropriou adequadamente dos conceitos trabalhados nas aulas anteriores.

Tabela 16 - Respostas para o item (d) Fazendo uso do conceito de potência elétrica, descreva em detalhes o que você observa ao ligarmos o circuito montado sobre a bancada.

E1	As lâmpadas em série não estão dissipando 40W.
E2	As lâmpadas associadas em série têm brilho menor que a em paralelo. Logo, as lâmpadas em série não estão dissipando 40W e a lâmpada em paralelo sim.
E3	As lâmpadas em série apresentam menor brilho.
E4	Embora todas as lâmpadas sejam de 40W, a lâmpada em paralelo está dissipando uma potência elétrica de 40W, enquanto as lâmpadas em série um valor menor de 40W.
E5	A potência nas lâmpadas em série é menor.

Todas as equipes conseguiram descrever em detalhes o que observaram. No entanto, a equipe E3 não fez uso do conceito de potência elétrica para descrever sua observação, isso demonstra que essa equipe não conseguiu associar o brilho das lâmpadas à potência dissipadas pelas mesmas. Pode-se perceber que a equipe E5 associou o brilho das lâmpadas ao conceito de potência elétrica, já que usa o termo potência para descrever o brilho entre as lâmpadas do circuito.

Tabela 17 - Respostas para o item (e) Qual a tensão e a corrente elétrica na lâmpada ligada em paralelo? E nas lâmpadas em série? Desenvolva o cálculo.

E1	Paralelo: Tensão = 120V. Corrente = 0,33A. Série: 60V cada lâmpada e a corrente em ambas de 0,16A.
E2	A tensão na lâmpada em paralelo é 120V e sua corrente é de 0,33A. A tensão nas lâmpadas em série é de 60V em cada, tendo a mesma corrente de 0,16A.
E3	A tensão na associação em paralelo é 120V. E na associação em série como são lâmpadas idênticas 60V para cada. A corrente elétrica na lâmpada em paralelo é 0,33A e na associação em série essa corrente é a metade 0,16A.
E4	Na lâmpada ligada em paralelo a tensão é de 120V e a corrente elétrica é de 0,33A. Na associação em série a tensão elétrica é 60V em cada lâmpada, e a corrente elétrica é de aproximadamente 0,16A.
E5	A lâmpada em paralelo tem tensão de 120V e as lâmpadas em série tem 60V. A corrente da lâmpada em paralelo é 0,33A e na série um valor menor.

Ao analisar as respostas das equipes, pode-se perceber que as equipes E1, E2, E3 e E4 conseguiram obter os valores corretos do que foi solicitado na questão. Entretanto, pode-se observar que a E5 não apresentou o valor da corrente elétrica na associação em série, além disso, também cabe salientar que ao apresentar o valor da tensão elétrica (60V) na mesma associação, a equipe deixou de mencionar que esse valor seria o de cada lâmpada, o que poderia

conduzir a equívocos posteriores, como por exemplo, calcular a corrente elétrica com valores errôneos.

Tabela 18 - Respostas para o item (f) Utilizando o mesmo circuito da questão anterior, o que você acha que acontecerá com a lâmpada em paralelo, que é de 40W, se associarmos uma terceira lâmpada, que também é de 40W, na associação em série? E o que você acha que acontecerá com as outras lâmpadas, de 40W cada, ligadas em série?

E1	A lâmpada em paralelo continua com o mesmo brilho. Vão ter brilho menor que antes.
E2	Continuará dissipando a mesma potência. As outras lâmpadas em série passam a dissipar uma potência menor ainda.
E3	Paralelo continua com o mesmo brilho que antes. Série muda o brilho, fica menor.
E4	Se associarmos uma terceira lâmpada em série não vai interferir no brilho da lâmpada em paralelo. Mas na associação em série aumentará a resistência e consequentemente diminuirá a corrente, fazendo com que o brilho diminua.
E5	Essa lâmpada vai ficar com o mesmo brilho de antes. As outras lâmpadas vão perder brilho.

Observa-se que todas as equipes responderam corretamente à questão. Entretanto, pode-se perceber que a equipe E2 se apropriou do conceito de potência elétrica para explicar a intensidade do brilho das lâmpadas. Por outro lado, pode-se observar que a E4 utilizou o conceito de associação de resistores em série e a lei de Ohm para explicar a diferença de brilho (potência dissipada) das lâmpadas no circuito.

Tabela 19 - Respostas para o item (g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação mista?

E1	Aparelhos eletrônicos.
E2	Celular, vídeo game, televisão.
E3	Aparelhos eletrônicos.
E4	Aparelhos eletrônicos.
E5	Celulares.

Todas as equipes conseguiram relacionar o experimento com situações cotidianas. No entanto, foi possível observar que os exemplos dados pelas equipes foram os mesmos fornecidos pelo professor nas aulas do curso regular.

Quadro 4 - Categorias elaboradas de acordo com a análise das respostas das equipes aos itens do roteiro investigativo do primeiro experimento.

	E1	E2	E3	E4	E5
Criaram o circuito correto ou parcialmente correto.	x	x	x	x	x
Fizeram previsões corretas e apresentaram justificativas adequadas.	x	x	x	x	x
Apresentaram apropriação do conceito de potência elétrica	x	x		x	x
Encontraram os valores corretos.	x	x	x	x	
Previram correta ou parcialmente o que aconteceria.	x	x	x	x	x
Relacionaram o experimento com algum evento do cotidiano.	x	x	x	x	x

A análise das categorias apresentadas no Quadro 4 evidenciam que os objetivos desta aula foram alcançados. Os estudantes conseguiram demonstrar autonomia na montagem do aparato experimental, embora a equipe E5 tenha demonstrado dificuldades nessa atividade. Além disso, pode-se perceber que as equipes conseguiram fazer previsões corretas dos problemas contidos no roteiro investigativo. Também é possível perceber que os alunos apresentaram apropriação do conceito de potência elétrica, com exceção da equipe E3, que demonstrou dificuldades em associar o brilho das lâmpadas com a potência, o que por sua vez conduziu a uma resposta inadequada para a questão.

As equipes demonstraram compreensão das malhas do circuito misto, assim como apropriação dos conceitos de corrente elétrica e tensão elétrica, para encontrar os valores desta e daquela. Da mesma maneira é possível notar que os alunos conseguiram obter melhor desempenho ao realizar previsões no desenvolvimento do experimento dessa aula.

6. Considerações finais

O desenvolvimento de um trabalho educacional, que busca refletir uma maneira de colaborar para a evolução dos alunos diante do processo de ensino/aprendizagem, além de ser fatigante é bastante recompensador, já que várias leituras se fazem essenciais para que seja possível se apropriar de didáticas e estratégias, sendo que geralmente não dimensionamos a quantidade de estudos e pesquisas, bem como testes, para assegurar eficiência. O professor teve sua postura modificada, tornando-a melhor diante do processo de ensino/aprendizagem, devido a dedicação para se apropriar das teorias de aprendizagem, que nesta pesquisa foram as teorias histórico-cultural, de Vygotsky, e a do ensino desenvolvimental, de Davydov.

Ao longo deste estudo, foi possível perceber como os alunos, por meio da interação entre si, demonstraram maior entusiasmo na execução das atividades. Esse tipo de ocorrência pode ser percebido em inúmeras situações quando se ouve debates nos diversos espaços da escola como mencionar-se-á posteriormente, acerca de conteúdos e práticas usadas. Embora sejam alunos bastante incentivados tanto pela escola quanto pelas famílias, tais debates são incomuns quando se trata de aulas regulares.

Os debates gerados pelos alunos, assim como a participação eficaz desses no decorrer da execução das atividades, no intuito de elaborarem as respostas mais adequadas, evidenciaram uma mudança de conduta, quando contrastada com a que eles possuem durante as aulas do curso regular, geralmente tradicionais, ou conteudistas. Muitos dos alunos se apresentaram mais abertos a esse modelo de ensino, refletindo diretamente nos produtos conquistados por eles.

A utilização das diversas metodologias, como leitura de textos de divulgação científica, trabalho em equipes, experimentações, subsidiadas por teorias de aprendizagem já referenciadas, demonstra que o ensino assim desenvolvido é eficaz, sendo possível comprovar isso por meio das análises dos resultados obtidos durante as aulas. Nesse contexto, pode-se perceber que o objetivo específico de “Verificar se a efetivação da didática proposta pode proporcionar discussões e interação dos alunos no processo de desenvolvimento do saber” foi alcançado; já que, no decorrer da aplicação das atividades, pode-se perceber os estudantes socializaram suas ideias e saberes, fosse por meio da manifestação de dúvidas, hipóteses, respostas ou qualquer outro mecanismo de socialização. Além disso, houve troca de dados, debates, assim como a apreciação dos saberes trazidos pelos estudantes de maneira prévia. Ademais, faz-se fundamental também enfatizar a relevância do mediador realizado pelo docente,

uma vez que este não forneceu resposta prontas para os alunos, ao contrário, apenas indicou a direção na qual os alunos poderiam conseguir obter seus próprios resultados.

Utilizaram-se os textos de divulgação científica no começo para expor os conceitos relacionados à Eletrodinâmica, como corrente elétrica, diferença de potencial, potência elétrica, resistores etc. Contudo, tais textos foram utilizados por trazerem de modo diferenciado o mesmo conteúdo que muitas das vezes os alunos têm dificuldades de entender em seus materiais didáticos. Ao escolher essa metodologia se almejava demonstrar ao aluno de que maneira se constroem os conceitos, expondo moderadamente o processo do fazer ciência. É possível observar que as dúvidas que os alunos apresentaram durante os debates foram mais no sentido de ampliar ainda mais a compreensão dos conteúdos trabalhados, o que possibilitou ao docente a compreensão mais nítida da gênese da dúvida do aluno. Com isso, foi possível perceber que seu pensamento estava coerente ao se olhar do prisma da criação do conhecimento. Portanto, pode-se concluir que a utilização de textos de divulgação científica são instrumentos excelentes para viabilizar diálogos, debates e contestações em sala de aula, de maneira que o conhecimento seja promovido de modo socializado, correspondendo aos postulados de Davydov.

A realização dos experimentos ocorreu de modo que os alunos pudessem responder às perguntas dos questionários investigativos sobre corrente elétrica, diferença de potencial, resistores, potência elétrica dentre outros conceitos da Eletrodinâmica. Assim, fomos guiados por essas respostas no modo como os alunos utilizavam os conceitos no dia a dia, e ficamos admirados ao perceber como se tornou relativamente fácil para eles transferir a teoria discutida na escola para seu cotidiano.

Todavia é preciso chamar atenção para a necessidade de se ter paciência nesse processo de transição de posicionamento, isto é, o momento em que um docente passa de um modelo tradicional de ensino para um que esteja engajado nas teorias que fundamentam este estudo, já que pode incidir que após uma atividade as expectativas do professor concernente às respostas dos alunos podem não serem correspondidas justamente por não estar familiarizado com respostas divergentes às de estilo tradicionais, que são aquelas do tipo já prontas, assim como geralmente se encontra nos materiais didáticos diversos, como o livro didático, as apostilas, os testes e avaliativos, que estão presentes nas aulas do curso regular. É fundamental que se tenha paciência, uma vez que é sabido que o saber não se faz tão rápido quanto gostaríamos que fosse, porém é preciso respeitar o tempo dos alunos.

A correção de eventuais equívocos conceituais foi feita tendo como referência as respostas dos alunos obtidas a partir dos questionários investigativos, que integraram as

experimentações feitas no laboratório; da mesma maneira foi conquistado o objetivo específico de “Analisar de que maneira os alunos associam os conceitos teóricos às atividades experimentais e às circunstâncias cotidianas, colaborando para sua formação cidadã.

Os temas da Eletrodinâmica foram inseridos na aula 1, assim que todo o ambiente foi estabelecido, no qual os estudantes debateram inúmeras perguntas. Após discussão vigorosa entre todos os estudantes, a direção ficou estabelecida para a realização da leitura de textos, onde surgiram diversos pensamentos. Nesse momento, percebe-se que foi atingido o objetivo específico de “Verificar de que maneira textos científicos podem contribuir para o debate e desenvolvimento de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica”.

Recapitulando o problema da pesquisa: De que maneira a implementação de uma unidade didática com abordagens metodológicas diversas, como: trabalhos em equipes, leituras de textos científicos e experimentos de caráter investigativo, pode contribuir para o debate e a aprendizagem de conceitos de conteúdos relacionados à Eletrodinâmica?

Para que essa questão seja respondida, é necessário realizar algumas ponderações, já que não se pode deixar de destacar esforço demonstrado pelos alunos, no decorrer das atividades desenvolvidas acerca de corrente elétrica e diferença de potencial, resistência elétrica e lei de Ohm, resistores e circuitos elétricos, observados no desenvolvimento desse estudo. Além disso, há também as pesquisas feitas pelos estudantes, para a apresentação dos seminários, no intuito de que estas fossem bem executadas. Dessa maneira, foram estabelecidas circunstâncias ideais para a implantação da Eletrodinâmica, correspondendo ao objetivo específico de “*Identificar como os alunos reagem à estratégia de se usar conceitos de conteúdos relacionados ao tema Eletrodinâmica, destacando o pensamento de uma ciência em constante processo de construção.*”. Contudo, deve-se ressaltar que não há evidências se os alunos compreenderam as rupturas de paradigma. Ademais, é fundamental recordar que o trabalho é essencial para se obter as circunstâncias necessárias para que se realize discussões sobre esses temas. Esse tipo de resultado precisa de tempo para se descobrir de que maneira os alunos se apropriaram dos conteúdos discutidos.

Tem-se a expectativa de que esse trabalho seja capaz de ajudar outros docentes que almejem incorporar esse conteúdo em suas aulas, e que modificações possam ser realizadas por aqueles que fizerem uso desse material, de modo que as peculiaridades de cada lugar ou instituição de ensino sejam atendidas.

Em muitos casos, os docentes se deparam imersos em seus afazeres, sobretudo com seu cronograma, cuja obrigação os submetem, mantendo-os sem oportunidades propícias para

pesquisar e se inteirar de novas didáticas e métodos de ensino diversificados. Por essa razão, faz-se necessário e urgente que sejam proporcionadas formações continuadas, de maneira a assegurar aos docentes contato com o que se tem descoberto através das pesquisas em suas determinadas áreas de ensino. Apenas com esse subsídio das universidades, lugar no qual se faz pesquisas nesse campo de educação, é que o docente tem a oportunidade de aperfeiçoar seu ofício, uma vez que geralmente os docentes são visto isolados em certas regiões da nação, impossibilitados, portanto, de se atualizarem e trocarem experiências com os seus semelhantes; além disso, falta-lhes, em muitos casos, tempo para tentarem uma formação continuada, já que lhe são impostas uma excessiva jornada de trabalho.

O desenvolvimento deste estudo tornou-se bastante significativo para a instrução do autor deste estudo, habituado às aulas de cunho tradicional, cujo foco é conduzir o aluno a obter notas significativas no Enem e demais vestibulares. Desse modo, o desenvolvimento desta pesquisa propiciou ao mestrando a chance de perceber que a criação e execução de atividades experimentais ocorre de modo muito mais fácil na teoria que na prática, onde se dá muito aborrecimento por causa das inúmeras complicações que surgem em meio às dificuldades do cotidiano. Contudo, essas experiências colaboram bastante para que os atores envolvidos no processo do ensino percebam a maneira como se dá o fazer ciência.

Percebeu-se que o fator determinante para que o aluno desenvolva o pensar científico são os questionários investigativos, já que esses fazem com que o aluno mude de postura diante da ciência, diferentemente dos modelos tradicionais de experimentos, cuja característica fundamental é a de provar que tanto o professor quanto a ciência sempre estão corretas. Além disso, a descoberta da magnitude dos textos de divulgação científica e como fazer uso deles nas aulas foi impressionante. Todos esses elementos foram deveras riquíssimos para se aperfeiçoar ainda mais como professor. No entanto, o começo das primeiras leituras das teorias de aprendizagem, ou melhor, a apropriação dessas, que fundamentam este estudo, é a parte que tornou mais enriquecido, sobretudo após tanta resistência em ponderá-las valorosas e essenciais.

Por fim, espera-se que este trabalho possa contribuir para o debate sobre o ensino de Física no país, contribuindo positivamente para o desenvolvimento de novas estratégias de ensino, como as aqui apresentadas.

Referências

ABREU, L. N.; MASSI, L. E S. L. QUEIROZ. Textos de divulgação científica no ensino superior de química. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007. 1 CD-ROM.

ALVES, F, J. P. **Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático**. Caderno Catarinense Ensino de Física, 17 (2): 174-188. (2000).

ALMEIDA, M. J. P. M. Questões formuladas e representações de alunos e professores na leitura de textos de divulgação científica. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 1., 1997, Águas de Lindóia. Atas... Águas de Lindóia, 1997. 1CD-ROM.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, 2003.

BARDIN, L., **Análise de conteúdo**. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: DF, 2002.

CHIZZOTTI, A. **Pesquisa em ciências humanas e sociais**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2006.

CARVALHO, A. M. P., PEREZ, D. G., O saber e o saber fazer dos professores. In: **Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira. Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Ed.), 2001.

CARVALHO, A. M. P. **As práticas experimentais no ensino de Física**. In: CARVALHO, A. M. P. (coord) Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

ZACCARELLI, L. M., GODOY, A. S. **Perspectivas do uso de diários nas pesquisas em organizações**. Cadernos. EBAPE.BR [online], vol.8, n.3, 2003.

DAVYDOV, Vasili Vasilievich. **La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico: investigación teórica y experimental**. Tradução: Marta Shuare. Moscou: Progreso, 1988.

FERREIRA, Luciana Nobre de Abreu; QUEIROZ, Salette Linhares. **Textos de Divulgação Científica no Ensino de Ciências: uma revisão**. Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, v. 5, n. 1, p. 3-31, maio 2012.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. Trad: Heloisa Coimbra de Souza; Rev: Antonio Manoel Mansanares. 3ª Ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2011.

GUERRA, A.; MENEZES, A. M. S. **Literatura na física: uma possível abordagem para o ensino de ciências?** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2009. 1 CD-ROM.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física. Eletromagnetismo**. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman. 2015.

HIGA, I., OLIVEIRA, O. B.; **A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos**. Educ. rev. [online]. 2012, n.44, pp.75-92. ISSN 0104-4060. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602012000200006>.

LIBÂNEO, J. C., FREITAS, R. A. M. M. **Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática**. Revista Brasileira de Educação, n. 27, 2004.

LIBÂNEO, José Carlos. **A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-Cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov**. Revista Brasileira de Educação, n. 27, 2004.

LIBÂNEO, José Carlos. **Conteúdos, formação de competências cognitivas e ensino com pesquisa: unindo ensino e modos de investigação**. Cadernos de Pedagogia Universitária, 10, artigo 5. 2009.

LIBÂNEO, José Carlos. Educação escolar: políticas, estrutura e organização/João Ferreira de Oliveira, Mirza Seabra Toschi. 10 Ed. São Paulo: Cortez, 2012.

LIBÂNEO, José Carlos. **O dualismo perverso da escola pública brasileira: escola do conhecimento para os ricos, escola do acolhimento social para os pobres**. Educação e Pesquisa, vol.38, no.1, mar. 2012.

MARTINS, I.; CASSAB, M.; ROCHA, M. B. **Análise do processo de re-elaboração discursiva de um texto de divulgação científica para um texto didático**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 3., 2001, Atibaia. Anais... Atibaia, 2001. 1 CD-ROM.

MÁXIMO, Antonio & ALVARENGA, Beatriz. **Física: Ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2006.

MENEGAT, T. M. C.; CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. **Textos de divulgação científica em aulas de física: uma abordagem investigativa**. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis. Atas... Florianópolis, 2007. 1CD-ROM.

MOREIRA, A. C. S.; PENIDO, M. C. M. **Sobre as propostas de utilização das atividades experimentais no ensino de Física**. Disponível em: <http://posgrad.fae.ufmg.br/posgrad/viiencpec/pdfs/814.pdf>. Acesso: 16 de mar. de 2019.

QUADROS, A. L.; SILVA, D. C.; SILVA, F. C. **Formulação de questões a partir da leitura de um texto: desempenho dos estudantes de licenciatura em química da modalidade a distância**. Ensaio, v. 13, n. 1, p. 43-56, 2011.

SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. **O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física.** Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 4, n. 3, p. 155-179, 2005.

SILVA, J. A.; KAWAMURA, M. R. D. **A natureza da luz: uma atividade com textos de divulgação científica em sala de aula.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 18, n. 3, p. 317-340, 2001.

TERRAZZAN, E. A.; GABANA, M. **Um estudo sobre o uso de atividade didática com texto de divulgação científica em aulas de física.** In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. Atas... Bauru, 2003. 1CD-ROM.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores** (6ª. ed). (J. Cipolla Netto et al., Trad.). São Paulo: Martins Fontes, 2003 a.

VIGOTSKI, L. S. **Psicologia Pedagógica.** Edição Comentada. Porto Alegre: Artmed, 2003b.

ZABALA, A. **A prática educativa.** Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

ZAMBONI, Lilian Márcia Simões. **Cientistas, jornalistas e a divulgação científica: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica.** Campinas: Autores Associados, 2001.

ZANCHETTA JÚNIOR, J. **Circulação de textos midiáticos entre alunos de escola pública básica.** Educação e Pesquisa, v. 36, n. 1, p. 297-310, 2010.

ZANON, L. B., SILVA, L. H. **A experimentação no ensino de Ciências.** In: SCHNETZLER, R. P., ARAGÃO, R. M. R. Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens. Campinas: Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000.

APÊNDICE A – Produto educacional

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE),
BLOCO DA FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS - IFAM
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
CAMPUS CAMPO MOURÃO

WILSON CAMPOS OLIVEIRA

ENSINO DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO
MEDIANTE O USO DE UMA UNIDADE DIDÁTICA

MANAUS
2019

WILSON CAMPOS OLIVERIA

**ENSINO DE ELETRODINÂMICA NO ENSINO MÉDIO
MEDIANTE O USO DE UMA UNIDADE DIDÁTICA**

Produto Educacional apresentado ao Programa Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Dr. Igor Tavares Padilha

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	81
2 OBJETIVOS	82
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	83
3.1 TRABALHO EM EQUIPES	84
3.2 EXPERIMENTAÇÕES.....	85
3.3 TEXTOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA (TDC)	86
4 O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	87
5 ESTRUTURA DAS AULAS	88
6 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	91
7 UNIDADE DIDÁTICA	92
REFERÊNCIAS	113

1. INTRODUÇÃO

O Produto Educacional disponibilizado aqui tem o intuito de atender um requisito do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Sendo esse constituído por uma unidade didática que segue junto com a dissertação. A unidade didática utilizada seguiu a definição proposta por Zabala (1998), que diz se tratar de um “Conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos, tanto por professores como pelos alunos (ZABALA, 1988). Além disso, é fundamental levar em consideração ao elaborar a unidade didática a necessidade que os docentes têm de saber elaborar atividades que sejam inovadoras e conduzam os estudantes a uma evolução consistente em seus conceitos, habilidades e atitudes. No entanto, o mais importante é saber direcionar os trabalhos de estudantes, de modo que estes atinjam as metas estabelecidas.

Diante disso, ao elaborar essa unidade didática, colocou-se como objetivo o desenvolvimento de conteúdos de Eletrodinâmica junto a alunos do Ensino Médio. Desenvolveu-se, portanto, a partir dos conceitos de corrente elétrica, diferença de potencial, resistência elétrica e lei de Ohm, e passando pelos circuitos elétricos.

Levaram-se da mesma maneira em conta os documentos oficiais, já que estes fornecem certas diretrizes fundamentais, *eg*, mostrar aos alunos os modos mediante os quais se dá o desenvolvimento da ciência, tal como se encontra nos PCNs, que declaram que:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (BRASIL, 2002).

Além disso, também é fundamental que seja desenvolvida nos alunos a habilidade de se nortearem, procurando dados consoante suas carências, aptos a realizarem leituras que sejam capazes de guiá-los na elaboração do seu próprio saber:

Lidar com o arsenal de informações atualmente disponíveis depende de habilidades para se obter, sistematizar, produzir e mesmo difundir informações (...). Isso inclui ser um leitor crítico e atento das notícias científicas divulgadas de diferentes formas: vídeos, programas de televisão, sites da Internet ou notícias de jornais (BRASIL, 2002, p.27).

Da mesma maneira é importante que se mantenha em foco, ao começar um projeto educacional, o que pontua Libâneo (2004):

a didática precisa incorporar as investigações mais recentes sobre modos de aprender e ensinar e sobre o papel mediador do professor na preparação dos alunos para o pensar. Mais precisamente, será fundamental entender que o conhecimento supõe o desenvolvimento do pensamento e que desenvolver o pensamento supõe metodologia e procedimentos sistemáticos do pensar. Nesse caso, a característica mais destacada do trabalho do professor é a mediação docente pela qual ele se põe entre o aluno e o conhecimento para possibilitar as condições e os meios de aprendizagem, ou seja, as mediações cognitivas (LIBÂNEO, 2004).

Pode-se perceber, através dessas pontuações colocadas por Libâneo (2004), o valor atribuído ao docente e às possibilidades dos processos de mediação entre este e o discente, bem como seus efeitos no processo de desenvolver a cognição.

É prevista para essa unidade didática a realização de cinco aulas de cinquenta minutos, além disso se sugere que as atividades sejam todas elas feitas em equipes. A elaboração da unidade didática foi idealizada de maneira que se pudesse propiciar a interação entre os atores do processo de ensino: professor, alunos e materiais didáticos. Assim, poder-se-ia alcançar o saber de maneira coletiva.

Almeja-se que este material possa ser útil para o docente que almeja desenvolver conteúdos de eletrodinâmica (corrente elétrica, diferença de potencial, associação de resistores, lei de ohm dentre outros).

Portanto, deixo aqui nossa gratidão aos docentes que escolherem desenvolver, junto aos seus estudantes, as propostas aqui contidas.

O autor.

2. OBJETIVOS

Desenvolver por meio de uma unidade didática tópicos de eletrodinâmica junto a alunos do segundo ano do Ensino Médio, de maneira a colaborar para um entendimento mais vasto da realidade na qual estão inseridos e contribuir para a compreensão de determinados fenômenos de eletricidade.

Investigar de que maneira os alunos entendem fenômenos ligados à eletrodinâmica e a relevância de se estudar por meio de múltiplas didáticas, no intuito de reconhecer colaborações para se desenvolver uma formação cidadã crítica.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

É necessário que se desenvolvam estratégias que colaborem para a interação entre os atores partícipes (docente, discente e materiais didáticos) do processo de ensino/aprendizagem ao se desenvolver um projeto educacional que leve em consideração o valor do docente como aquele que media o processo inteiro, bem como as atividades que proporcionarão tal interação. É significativo que haja interação entre professor e alunos, e destes entre si, sem que aquele forneça respostas fechadas, completas, prontas, de maneira que ocorra uma procura coletiva por respostas e soluções aos questionamentos e problemas que surgem diante de todos.

Levando em consideração essa preocupação com atividades que podem proporcionar essa interação entre os atores partícipes do processo de ensino/aprendizagem, e buscando conseguir atingir a sugestão de Libâneo (2004), ao versar de um ensino mais atualizado, no qual se deve ponderar

Um papel ativo dos sujeitos na aprendizagem escolar, professores e alunos cúmplices perante os objetivos do conhecimento mediante o diálogo; construção de conceitos articulados com as representações dos alunos; aprendizagem de pensar criticamente, implicando o desenvolvimento de competências cognitivas do aprender a aprender e instrumentos conceituais para interpretar a realidade e intervir nela; introdução de práticas interdisciplinares; valorização do vínculo entre o conhecimento científico e sua funcionalidade na prática; integração da cultura escolar com as outras culturas que perpassam a escola; reconhecimento da diferença e da diversidade cultural; explicitação de valores e atitudes por meio do currículo (LIBÂNEO, 2007).

Diante disso, escolheu-se utilizar estas estratégias de ensino: trabalho em equipes, experimentações e textos de divulgação científica, que serão exploradas a partir do próximo tópico.

3.1 Trabalhos em equipes

A escolha pelos trabalhos em equipes se baseia na teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky, que postula que só acontece aprendizagem significativa se ocorrer interação entre aqueles que participam do processo, isto é, docentes, discentes e material didático utilizados nas experiências efetivadas em todas as atividades. É necessário que as atividades, excetuando-se as da primeira e da segunda aula, sejam todas elas desenvolvidas em equipes, nas quais os alunos tenham a possibilidade de se expressarem

abertamente e com total liberdade, emitindo pontos de vistas e intercambiando dados, de maneira que suas incertezas e interesses sejam debatidos enquanto acontecem.

Vygotsky é o maior expoente da teoria histórico-cultural, na qual o desenvolvimento mental dos alunos é explicado tendo como aporte o materialismo dialético. Além disso, tornaram-se imprescindíveis as contribuições de outros dois teóricos da escola histórico-cultural, Alexei Leontiev e Vasili Davydov, para desenvolver este trabalho, uma vez que acreditam que a escola é um lugar onde ocorre interação social.

Libâneo (2004) elucida também, dentro da teoria de Vygotsky, que é por meio da interação (comunicação) com outros sujeitos que ocorre a apropriação da cultura. Elementos essenciais, a educação e o ensino, têm funções elementares no desenvolvimento dos alunos. Além disso, deve-se levar em consideração também o que Leontiev diz acerca da atividade docente, que esta não é abstrata, já que o professor possui um propósito ao idealizar uma atividade prática. Ademais, o docente da mesma maneira pode (deve) burilar seu ofício no decorrer do tempo, apropriando-se de novos modelos e estratégias de ensino, elaborados tanto por si mesmo quanto pelos outros docentes. Alinhado a isso, Davydov apresenta uma preocupação com o arranjo dos currículos, já que a maneira de pensar do aluno será desenvolvida a partir do trabalho com os conteúdos contidos no programa. Assim, o pensador, em sua teoria, crê que se faz necessário ligar a atividade de aprendizagem do aluno aos procedimentos mediativos que são apresentados pelo docente, uma vez que desse modo o estudante poderá atingir um pensamento teórico científico, aumentando sua evolução mental, de maneira que esse aluno saiba raciocinar.

3.2 Experimentações

Questionários investigativos complementarão invariavelmente os experimentos contidos nessa unidade didática, intentando-se que, desse modo, os alunos sejam capazes de instituir correspondências entre os saberes trazidos do dia a dia e o saber científico. O trabalho com experimentos possui esse potencial de auxiliar os estudantes a “aprender através do estabelecimento de inter-relações entre os saberes teóricos e práticos inerentes aos processos do conhecimento escolar em ciências (ZANON & SILVA, 2000).”

Além disso, o trabalho com experimentos do mesmo modo é essencial na perspectiva de o aluno ter uma participação mais ativa em todo processo, uma vez que o

experimento é “uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e a agir sobre o seu objeto de estudo [...]”(CARVALHO et al., 1999).

Os estudantes serão conduzidos a raciocinar, no decorrer da aplicação dos experimentos, partindo de uma situação-problema, de maneira que os partícipes da experimentação se encontrem dispostos e livres para intervir, apresentando suas dúvidas e pontos de vista, intercambiar dados e debater seus pensamentos, tanto internamente (sua equipe), quanto externamente (demais equipes). Para tanto, os alunos poderão contar com roteiros de teor investigativo, que servirão para apoiar os experimentos.

3.3 Textos de Divulgação Científica (TDC)

A utilização desses TDC deve ocorrer de modo que cada aluno leia um parágrafo do material. Além disso, tanto o docente quanto os discentes propiciarão debates nos aspectos que julgarem ser relevantes. No tocante à adesão do uso de TDC, que fazem uso de uma linguagem menos complicada, muitos pesquisadores apontam que esses textos fazem com que o saber científico esteja mais perto da vida do aluno, o que colabora para evidenciar o valor da leitura para se formar cidadãos críticos. Assim, aprova-se que

“É de fundamental importância que os professores percebam o potencial didático de outros textos, que estejam mais próximos da leitura espontânea de seus alunos do que os livros didáticos. Seria desejável também que estas leituras fossem organizadas em atividades didáticas que permitissem e estimulassem um maior grau de discussão e participação dos alunos nas próprias aulas” (TERRAZAN e GABANA, 2003).

Esses TDC do mesmo modo serão colocados como referência, para que aos estudantes sejam elucidados os modos pelos quais a ciência é desenvolvida. Ademais, os TDC podem ser o instrumento mediativo que o docente poderá fazer uso para transpor ao ambiente escolar o debate acerca daquilo que está ocorrendo no momento atual nos lugares em que se faz ciência. Tal mediação se faz essencial para que as atividades sejam feitas de modo a destacar a relevância do processo de construção do saber sem que sejam fornecidas respostas fechadas.

4. O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

O ensino dos conteúdos de física, como os de Eletrodinâmica, na educação básica, tanto na rede pública como na privada, apresenta inúmeras deficiências, tais como: a pouca quantidade de aulas disponíveis, a péssima formação e remuneração dos docentes e a incontestável falta de recursos dentre outros. Esse contexto, evidentemente, promove o desenvolvimento de um ensino, geralmente, desprovido de motivação e longe das propostas colocadas pelos PCNs:

“[...] O estudo da eletricidade deverá centrar-se em conceitos e modelos da Eletrodinâmica e do eletromagnetismo, possibilitando, por exemplo, compreender por que aparelhos que servem para aquecer consomem mais energia do que aqueles utilizados para comunicação, dimensionar e executar pequenos projetos residenciais, ou ainda, distinguir um gerador de um motor. Será também indispensável compreender de onde vem a energia elétrica que utilizamos e como ela se propaga no espaço” (BRASIL, 2002).

Mesmo que a maior parte do discurso presente acerca do ensino de Ciências esteja centralizado em questões como: ensino centrado no estudante, encurtamento entre teoria e prática, uso de recursos tecnológicos no âmbito educacional, ensino problematizado, interdisciplinaridade, etc. O que tem sido observado na maior parte das salas de aula tradicionais é um ensino baseado em uma metodologia quase que exclusivamente tradicionalistas, ou seja, pautada no uso do livro didático (MOREIRA, 2013). Diante disso, quando ocorre o ensino dos conteúdos de Eletrodinâmica, pois nem sempre isso é possível, devido à pouca quantidade de aulas de Física, acontece basicamente pela abordagem oralizada do conteúdo pelo docente, com a resolução de exercícios no livro didático na sequência, categorizado pelos estudantes como um ensino sem motivação, desinteressante e de pouca utilidade, sendo, dessa maneira, decisivo para que os estudantes passem a não ter o menor interesse pela disciplina de Física.

Neste trabalho os conteúdos de Eletrodinâmica foram organizados em quatro grupos, da seguinte maneira: Grupo 1 – Corrente elétrica; Grupo 2 – Diferença de Potencial; Grupo 3 – Resistência elétrica; e, Grupo 4 – Lei de Ohm. Cada um desses grupos foi organizado em unidades temáticas que comportam a unidade didática.

5. ESTRUTURA DAS AULAS

AULAS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CONTEÚDO	METODOLOGIA	RECURSOS DIDÁTICOS
Aula I – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte I)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar leitura de texto de divulgação científica. 2. Formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica. 3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica 4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diferença de Potencial. 2. Corrente elétrica. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura oral do texto de divulgação científica. 2. Discussão dos conteúdos. 3. Teste de conhecimento. 	<p>Texto de divulgação científica. Questionário.</p>
Aula II – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte II)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar leitura de texto de divulgação científica. 2. Formalizar os conceitos de resistência elétrica e Lei de Ohm. 3. Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica 4. Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resistência Elétrica. 2. Lei de Ohm. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Leitura oral do texto de divulgação científica. 2. Discussão dos conteúdos. 3. Teste de conhecimento. 	<p>Texto de divulgação científica. Questionário.</p>
Aulas III e IV – Experimentos circuito em série.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Corrente elétrica. 2. Diferença de potencial. 3. Resistência. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes. 2. Realização de experimentos na 	<p>Experimento circuito em série na placa de experimento.</p>

	<p>em situações do dia a dia.</p> <p>2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.</p> <p>3. Realizar experimentos.</p> <p>4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.</p>	<p>4. Tensão.</p> <p>5. Circuito Divisor de Tensão.</p> <p>6. Potência elétrica.</p>	<p>placa de experimentos.</p> <p>3. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.</p>	<p>Questionário investigativo.</p>
<p>Aulas V e VI – Experimentos circuitos paralelos.</p>	<p>1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia.</p> <p>2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.</p> <p>3. Realizar experimentos.</p> <p>4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.</p>	<p>1. Corrente elétrica.</p> <p>2. Diferença de potencial.</p> <p>3. Resistência.</p> <p>4. Tensão.</p> <p>5. Circuito Divisor de Tensão.</p> <p>6. Potência elétrica.</p>	<p>1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes.</p> <p>2. Realização de experimentos na placa de experimentos.</p> <p>4. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.</p>	<p>Experimento circuito em paralelo na placa de experimento. Questionário investigativo.</p>
<p>Aulas VII e VIII – Experimentos circuitos misto.</p>	<p>1. Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia.</p>	<p>1. Corrente elétrica.</p> <p>2. Diferença de potencial.</p> <p>3. Resistência.</p> <p>4. Tensão.</p>	<p>1. Realização de atividade em equipes de quatro componentes.</p> <p>2. Realização de experimentos na placa de experimentos.</p>	<p>Experimento 3: circuito em paralelo na placa de experimento. Questionário investigativo.</p>

	<p>2. Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.</p> <p>3. Realizar experimentos.</p> <p>4. Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.</p>	<p>5. Potência elétrica.</p> <p>6. Exemplos descritivos de circuitos em série e paralelo.</p>	<p>3. Socialização e debate dos resultados encontrados pelas equipes ao desenvolverem os experimentos e simulações.</p>	
--	---	---	---	--

6. DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Antes de começar as atividades detalhadas abaixo, os alunos deverão ser informados acerca dos objetivos de cada aula, para que assim estejam mais conscientes do processo de ensino/aprendizagem.

Através de um conjunto de atividades experimentais, o debate se inicia com os tópicos de eletrodinâmica: corrente elétrica e diferença de potencial. Estabelece-se dessa maneira as circunstâncias precisas para começar os debates acerca de eletrodinâmica, demonstrando o modo como se deu o seu desenvolvimento.

Portanto, sugere-se que o primeiro e o segundo encontros comecem com a realização da leitura de textos de divulgação científica, demonstrando assim como se deu o processo de desenvolvimento de tópicos de eletrodinâmica. O valor dessas aulas está em averiguar se os conceitos desses tópicos estão sendo empregados de maneira correta pelos alunos.

Os encontros três, quatro, cinco, seis, sete e oito, deverão ser realizados por meio da realização de experimentos, bem como a exploração destes, juntamente com seus respectivos roteiros e questionários investigativos, e também por meio da socialização das ideias, dúvidas e respostas dos alunos. O intuito desse tratamento é mostrar aos estudantes o modo como se constrói a ciência e de que maneira novas indagações e problemas aparecem partindo-se da investigação, de modo que seja possível procurar soluções e respostas, fazendo, portanto, com que novos saberes sejam desenvolvidos.

6.1 Construção da placa de experimentos

Propõe-se a construção de uma placa de experimentos para desenvolvimento das atividades experimentais. Tornando possível aos alunos desenvolver o saber por meio da realização de testes experimentais, que podem começar com uma demonstração simples como acender uma lâmpada, verificar fenômenos e leis, sendo sempre norteados de maneira investigativa na realização das atividades. Assim, os alunos partem da observação de modo a ser motivado a realizar análises, estabelecer hipóteses, apresentar argumentos e explicações para os fenômenos.

Porém, é necessário bastante cuidado na realização das atividades, principalmente na primeira parte, destacando os perigos e cuidados, já que muitos estudantes não possuem experiências nesse tipo de atividades realizados em laboratórios. Portanto, é imprescindível que os alunos não realizem essas atividades sem o acompanhamento do professor, até que eles atinjam a autonomia necessária.

A construção da placa de experimentos proposta, para que os estudantes pudessem manipular e entender melhor os elementos fundamentais de circuitos elétricos, é constituída de:

- Uma fonte de corrente alternada, dispositivo para conectar a tomada, que geralmente é de 127 volts;
- Várias lâmpadas incandescentes de potências diversas (40W e 60W), que atuam como resistores;
- Fios de ligação com plugs bananas, para servirem de condutores no circuito.

Esses materiais possibilitarão a simulação de diversos tipos de circuitos (série, paralelo e misto). Proporcionará o entendimento da passagem de corrente através dos resistores e a queda de tensão em cada um deles, bem como conhecer acerca de potência e consumo elétrico como exploração simples e oportunos a aprendizagem proposta.

O esquema da construção da placa de experimentos utilizada nessa UD é apresentado a seguir. Ele permitirá aos professores uma aproximação entre aquilo que já sabe sobre o conteúdo e a informação teórica resultante ao longo das aulas.

- ✓ Placa de acrílico - 50 cm x 50 cm
- ✓ 4 lâmpadas incandescentes de 60W
- ✓ 1 lâmpada incandescente de 40W
- ✓ 4 bocais com tomada macho
- ✓ 1 interruptor externo
- ✓ 16 plugs banana
- ✓ Fio 1,5 mm
- ✓ Fita isolante
- ✓ 1 alicate de cortar fio
- ✓ 1 régua e lapis

O investimento para a construção desse kit pode variar de acordo com a região, cidade ou estado, bem como com os estabelecimentos comerciais que vendem esses tipos de materiais. Porém, há facilidade para encontrar tais materiais. Além disso, o valor aproximado para compra desses itens é de R\$ 80,00.

7. UNIDADE DIDÁTICA

Aborda-se nessa unidade didática primeiramente do desenvolvimento de conceitos relacionados à eletrodinâmica. Em seguida, trabalha-se com experimentos onde se pode estabelecer as relações entre teoria e prática, no qual os alunos poderão observar todo o processo de evolução dos conteúdos tratados. Para tanto, anseia-se que os alunos possuam conhecimento destes pré-requisitos para desenvolver as atividades:

- Entendimentos acerca de grandezas direta e inversamente proporcionais.
- Entendimentos acerca das operações básicas com potências de dez.
- Entendimentos acerca múltiplos e submúltiplos;
- Entendimentos acerca energia elétrica e térmica;
- Entendimentos acerca modelo atômico de Rutherford e Bohr;
- Entendimentos acerca de carga elementar.

6.1 Aula I – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte I)

Espera-se que, ao término desta aula, os seguintes objetivos possam ser alcançados:

- ✓ Realizar leitura de texto de divulgação científica.
- ✓ Formalizar os conceitos de diferença de potencial e corrente elétrica.
- ✓ Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica.
- ✓ Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento.

Essa aula deverá ser desenvolvida no decorrer de 50 minutos, dos quais 30 minutos deverão ser destinados para leitura e discussão do texto de divulgação científica. A leitura será oral, sendo que cada aluno ficará responsável pela leitura de um parágrafo, e o professor poderá fazer comentários conforme a necessidade de se aprofundar o tema ou discuti-lo com a turma.

O conhecimento deve ser construído de maneira social, para isso será necessário que os debates e comentários deverão ser socializados com a turma. Portanto, o conhecimento prévio dos estudantes deverá ser valorizado e colocado na discussão, sendo que o professor não poderá fornecer respostas prontas, fazendo com que os alunos se sintam instigados a refletirem acerca delas. Por fim, os últimos 20 minutos da aula

deverão ser destinados para resolução de um questionário, no intuito de avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes.

Material de Apoio

Texto de Divulgação Científica	
DIFERENÇA DE POTENCIAL E CORRENTE ELÉTRICA (Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1. 2015)	Tempo: 30min
Prof.:	Escola:
Aluno(a):	

Diferença de Potencial e Corrente Elétrica

Você sabe o que faz os dispositivos eletroeletrônicos funcionarem?

Você já deve ter se perguntado qual seria a relação entre fios condutores da sua residência, pilhas, baterias, fios de alta tensão da rua, transformadores, disjuntores, fusíveis, choques elétricos, raios em dias de chuva. Todos estes dispositivos e fenômenos estão relacionados a um conceito da Física, o de carga elétrica. Apesar de não se saber ao certo o que seja a carga elétrica, sabemos muitas informações sobre esta propriedade da matéria.

Sabe-se que existem dois tipos de carga elétrica: a positiva e a negativa, que cargas elétricas do mesmo tipo se repelem, ou seja, se afastam uma da outra e cargas de tipos diferentes se atraem, ou seja, se aproximam uma da outra. Sabe-se também que esta propriedade é quantizada, ou seja, todas as cargas elétricas são múltiplas de uma carga elétrica elementar que é a carga de um elétron¹.

Também sabemos que a quantidade total de carga elétrica de um sistema eletricamente isolado se mantém constante, este fato é denominado princípio da conservação da carga elétrica.

Tanto numa descarga elétrica de um raio como nos fios condutores dos aparelhos elétricos e eletrônicos, essas cargas elétricas estão em movimento, este fluxo de cargas elétricas nos condutores é denominado na Física de corrente elétrica e será explicado nos parágrafos seguintes.

Se você tentar ligar um celular sem estar conectado a uma bateria, ou um televisor sem conectá-lo à rede elétrica, provavelmente não obterá sucesso, pois não percorrerá, nestes dispositivos, o que denominamos de corrente elétrica. Define-se como corrente elétrica o movimento dos portadores de carga elétrica de um corpo. No caso dos condutores elétricos dos dispositivos eletrônicos que utilizamos, estes portadores de carga são denominados elétrons. O elétron é uma das partículas fundamentais constituintes dos átomos de qualquer elemento. Qualquer elétron tem carga negativa igual a menor carga possível. Portanto a carga de um elétron é a carga fundamental¹. Nos condutores, alguns elétrons estão livres para se deslocarem ao longo dele, portanto uma corrente elétrica corresponde ao movimento destes elétrons ao longo de um condutor.

Mas o que produz este movimento de cargas elétricas em um condutor? Como resposta temos a **diferença de potencial (ddp)**, popularmente conhecida como **voltagem** ou **tensão elétrica**; sem esta diferença de potencial não existe corrente elétrica. Pilhas, baterias de automóvel e celular, e nossa rede elétrica, produzem de alguma forma esta diferença de potencial ou voltagem nos dispositivos eletroeletrônicos. A diferença de potencial que uma pilha ou bateria fornece a um circuito, assim como a fornecida pela rede de energia elétrica, é medida em **volt (V)**. Como exemplo, em uma pilha é informada a diferença de potencial elétrico (ddp) entre os terminais positivo e negativo da mesma sendo de 1,5 volts. Em uma bateria de telefone móvel geralmente a bateria possui uma diferença de potencial de 3,7 volts e em uma bateria de automóvel a ddp entre os terminais positivo e negativo é de 12 volts.

Para entendermos esta voltagem elétrica, podemos fazer a seguinte analogia: para que a água se desloque de uma caixa d'água para a torneira de sua casa é necessária uma diferença de altura entre a caixa e torneira. O que faz a água se deslocar da caixa d'água para a torneira é a diferença de potencial gravitacional entre a caixa d'água e a torneira, que fará a água descer para a torneira, devido a força gravitacional agindo sobre ela. O análogo elétrico é a diferença de potencial elétrico que existe entre os polos de uma pilha ou bateria ou de uma tomada da rede elétrica, que permitirá que os elétrons se desloquem no sentido do polo negativo para o positivo da pilha ou bateria. Ainda no análogo hidráulico de sua casa, caso a torneira esteja em uma altura maior que a caixa d'água, será necessário o auxílio de uma bomba d'água para que se possa deslocar a água do seu reservatório até a torneira. A bomba d'água é o análogo aos geradores de eletricidade, ou aos carregadores de bateria que levam as cargas no sentido contrário, carregando a bateria

¹ O valor desta carga elétrica elementar foi medida pelo físico norte-americano Robert Millikan no início do século XX que é de $1,6 \times 10^{-19}$ C (coulombs).

ou gerando a ddp necessária para o funcionamento dos dispositivos elétricos a eles conectados.

Assim, para que haja o deslocamento de elétrons livres em um condutor sólido (fios e componentes de um circuito) é necessária uma diferença de potencial entre os dois pontos do circuito.

Se você fizer a análise de uma pilha ou uma bateria, você vai observar em todas elas há um sinal de + e outro de -, que indicam o polo positivo ou negativo das mesmas. Convenciona-se que a corrente elétrica é o deslocamento de cargas positivas no sentido do maior potencial (polo positivo) para o menor potencial (polo negativo), assim como a água que se movimenta da região de maior altura para a de menor altura em relação ao solo. Na verdade num circuito elétrico quem está se movimentando são as cargas negativas (os elétrons) no sentido do potencial negativo para o positivo, mas este movimento das cargas negativas tem o mesmo efeito como se fossem cargas positivas movendo-se no sentido contrário.

Já na rede elétrica a diferença de potencial é aplicada nas tomadas e *plugs* onde os aparelhos são conectados. Uma diferença de potencial é aplicada aos furos das tomadas através dos fios que conduzem a eletricidade desde as centrais geradoras, que no Brasil podem ser hidroelétrica, termoelétrica, eólicas, entre outras. Entre os padrões de tomadas aprovadas pelo INMETRO² para o Brasil, um deles tem dois pinos nos plugues e, respectivamente dois furos nas tomadas: um neutro, cuja tensão não varia, e outro cuja tensão varia a uma taxa de 60 vezes por segundo (60Hz). A diferença de potencial entre estes dois pinos pode ser de 127 V ou 220 V, dependendo da região do país. O outro modelo de tomada tem três furos, sendo o furo central aterrado, ou seja, mantido no mesmo potencial da terra. Entre os outros dois furos na tomada temos aplicada uma diferença de potencial também de 127 V ou 220 V, dependendo da região do país. Esta diferença de potencial também varia a uma taxa de 60 Hz. Portanto, neste tipo de rede, temos corrente elétrica alternada, oriunda da oscilação dos elétrons contidos nos fios condutores das instalações elétricas das residências, assim como nos fios elétricos nas linhas de transmissão de energia.

Definição de Corrente elétrica

A corrente elétrica é por definição o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica e para que este movimento ocorra, é necessário que exista uma diferença de

² <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/> e <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/cartilha.asp> visitados em 03/03/2015.

potencial entre os terminais da rede. Os portadores de carga elétrica são os elétrons livres no caso de um condutor sólido e os íons no caso de uma solução líquida e um gás. Existem dois tipos de corrente elétrica: a alternada (C.A) e a contínua (C.C). Na corrente elétrica contínua (C.C), o fluxo de carga elétrica se dá em apenas um sentido, (1) geralmente é produzida por pilhas, baterias, fontes de tensão de computador. Na corrente elétrica alternada (C.A) o sentido do fluxo de carga inverte-se rapidamente, na mesma razão da variação da diferença de potencial, fazendo as cargas elétricas vibrarem em torno de uma posição relativa fixa, normalmente (no Brasil e em muitos Países) a taxa de 60 inversões de sentido a cada um segundo.

Relação matemática para estimar a corrente elétrica média

Para estimar a corrente elétrica média que percorre um dispositivo elétrico é necessário saber a quantidade de carga que atravessa uma seção transversal do fio e o intervalo de tempo necessário para esta quantidade de carga atravessar esta seção, isto pode ser representado pela equação abaixo:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (2)$$

Onde,

i = intensidade da corrente elétrica (medida em ampere[A])

ΔQ = quantidade de carga que atravessa a seção transversal do fio (medida em coulombs[C])

Δt = intervalo de tempo(medido em segundos[s])

Podemos utilizar esta relação matemática para medir a corrente elétrica média que percorreu um telefone móvel durante sua utilização. Por exemplo, um celular que possui uma bateria com carga total de 1000 mAh³ (miliampères-hora) funciona sem ser desligado em média, por três dias (72 horas). Para saber a sua corrente elétrica média, basta realizar o seguinte cálculo:

$$i = \frac{1000mAh}{72h} \approx 13,9 mA \approx 0,0139 A$$

O símbolo \approx significa aproximadamente, logo, estamos aproximando o resultado obtido, pois o valor encontrado tem mais casas decimais do que as apresentadas no cálculo acima.

Portanto, nesta situação a corrente elétrica percorrida em média neste dispositivo eletrônico foi de 0,0139 A.

Através das grandezas diferença de potencial e corrente elétrica, podemos também saber a potência de um dispositivo elétrico ou eletrônico. A potência sempre nos informa a relação de energia consumida ou utilizada por ele durante o funcionamento por unidade de tempo. Ela sempre é medida em **watt (W)** que, na verdade, significa uma energia de um joule utilizada ou transferida a cada um segundo. A relação matemática necessária para medir a potência do circuito é dada abaixo:

Potência = Diferença de Potencial x Corrente Elétrica

$$P = U \cdot i$$

A fórmula (2) nos dará a potência elétrica (energia/tempo) consumida (3) por qualquer dispositivo elétrico no qual seja aplicada uma tensão (ddp) igual a U e por ele circular uma corrente elétrica i . Este dispositivo poderá ser um chuveiro elétrico que gera aquecimento, uma lâmpada que gera luz ou um motor que realiza algum tipo de trabalho.

Como exemplo, podemos calcular a potência média de um telefone móvel utilizando a intensidade da corrente elétrica média do dispositivo e utilizando a ddp da bateria do celular que é de 3,7 volts teremos:

$$P = 3,7 \text{ volts} \times 0,0139 \text{ ampere} = 0,0514 \text{ watt}$$

Esta seria a potência média de consumo do dispositivo em questão. A partir desta equação também podemos determinar a corrente elétrica média que irá percorrer um dispositivo, quando conhecemos a sua potência média e a tensão de operação:

$$i = \frac{P}{U}$$

3 1000 mAh seria a carga elétrica que possui uma bateria pois mA é a unidade de medida de corrente elétrica e h é a unidade de medida de tempo. Reorganizando a equação (1) temos que $q = i \cdot t$, que é a quantidade de carga da bateria em questão. Logo 1000 mAh corresponde a carga de 3600 coulomb, pois $1000 \text{ mA} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ C}$ a quantidade de carga da bateria em questão. Logo 1000 mAh corresponde a carga de 3600 coulomb, pois $1000 \text{ mA} \times 1 \text{ h} = 1 \text{ A} \times 3600 \text{ s} = 3600 \text{ C}$.

Testes e questões	Tempo: 20min
Prof.:	Escola:
Aluno(a):	

1. (PUC-RS) - A razão entre a carga que flui por uma secção reta de um condutor e o tempo gasto para essa carga fluir define uma grandeza elétrica chamada:
 - a. intensidade da corrente.
 - b. resistência.
 - c. condutância.
 - d. diferença de potencial.
 - e. força eletromotriz.

2. (UNISA) A corrente elétrica nos condutores metálicos é constituída de:
 - a. Elétrons livres no sentido convencional.
 - b. Cargas positivas no sentido convencional.
 - c. Elétrons livres no sentido oposto ao convencional.
 - d. Cargas positivas no sentido oposto ao convencional.
 - e. Íons positivos e negativos fluindo na estrutura cristalizada do metal.

3. (PUC-PR) Uma corrente elétrica de 10 A é mantida em um condutor metálico durante dois minutos. Pede-se a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor.
 - a. 120 C
 - b. 1.200 C
 - c. 200 C
 - d. 20 C
 - e. 600 C

4. A diferença de potencial pode ser entendida como:
 - a) Uma grandeza vetorial, medida em Volts por metro, responsável pela movimentação das cargas.
 - b) Uma grandeza escalar, medida em Volts, responsável pela movimentação das cargas.
 - c) Uma grandeza escalar, medida em Coulomb, responsável pela eletrização dos corpos.
 - d) Uma grandeza escalar, medida em Joules, responsável pela eletrização dos corpos.
 - e) Uma grandeza escalar, medida em Watts, responsável pelo efeito Joule dos corpos.

5. Existe uma relação estabelecida entre potencial elétrico e potência elétrica. Indique qual das alternativas abaixo apresenta corretamente essa relação:
 - a) $P = U.R^2$
 - b) $P = U.i$

- c) $P = U \cdot i^2$
- d) $P = U/R^2$
- e) $P = U^2/i$

6. (PUC-RS) - Uma corrente elétrica que flui num condutor tem um valor igual a 5A. Pode-se, então, afirmar que a carga que passa numa secção reta do condutor é de:

- a) 1C em cada 5 s.
- b) 5C em cada 5s.
- c) 1/5 C em cada 1s.
- d) 1C a cada 1s.
- e) 1C a cada 1/5s.

P.1 – Pode-se dizer que a corrente elétrica é o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica? Explique qual a importância da diferença de potencial para a corrente elétrica.

P.2 – Pode-se afirmar que os elétrons, após aplicada uma diferença de potencial, movimentam-se de maneira ordenada para o maior potencial elétrico? Explique a diferença entre o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica.

P. 3 – Pode-se dizer que potência é a relação entre energia e tempo? Explique de que maneira podemos relacionar corrente elétrica com potência elétrica.

6.2 Aula II – Eletrodinâmica: primeiros passos (Parte II)

Espera-se que, ao término desta aula, os seguintes objetivos possam ser alcançados:

- ✓ Realizar leitura de texto de divulgação científica.
- ✓ Formalizar os conceitos de resistência elétrica e Lei de Ohm.
- ✓ Discutir acerca da relação entre os dois conceitos e suas respectivas importâncias para o estudo da eletrodinâmica
- ✓ Aplicar teste para avaliação do desenvolvimento do conhecimento.

Essa aula deverá ser desenvolvida no decorrer de 50 minutos, como na primeira aula, dos quais 30 minutos deverão ser destinados para leitura e discussão do texto de divulgação científica. A leitura será oral, sendo que cada aluno ficará responsável pela leitura de um parágrafo, e o professor poderá fazer comentários conforme a necessidade de se aprofundar o tema ou discuti-lo com a turma.

O conhecimento deve ser construído de maneira social, para isso será necessário que os debates e comentários deverão ser socializados com a turma. Portanto, o conhecimento prévio dos estudantes deverá ser valorizado e colocado na discussão, sendo que o professor não poderá fornecer respostas prontas, fazendo com que os alunos se sintam instigados a refletirem acerca delas. Por fim, os últimos 20 minutos da aula deverão ser destinados para resolução de um questionário, no intuito de avaliar o processo de aprendizagem dos estudantes.

Material de Apoio

Texto de Divulgação Científica	
RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEI DE OHM	
(Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1.)	
Tempo:	30min
Prof.:	Escola:
Aluno(a):	

Resistência Elétrica

Por que dispositivos elétricos elevam sua temperatura?

Quando utilizamos dispositivos elétricos percebemos uma elevação de temperatura em todos eles. Muitos deles utilizam este fenômeno para o seu funcionamento, como chuveiro elétrico, ferro de passar roupas, secador de cabelo, forno elétrico, aquecedor de ambientes etc., cuja única função é transformar energia elétrica em calor. Este fenômeno ocorre devido à transformação da energia elétrica em energia na forma energia térmica, efeito estudado por James P. Joule em 1840, e hoje é conhecido pelo seu nome, Efeito Joule.

Associamos esta perda de energia elétrica em energia na forma de calor a uma propriedade que os condutores possuem denominada resistência elétrica. Podemos entender essa resistência elétrica como uma dificuldade a passagem de corrente elétrica. Logo, conforme esta definição, podemos dizer que, quando submetido a uma mesma diferença de potencial, quanto maior a resistência elétrica de um dispositivo, menor será a corrente elétrica que o percorre. Os dispositivos que utilizam esta propriedade para o seu funcionamento são denominados resistores. Ferro de passar roupas, chuveiro elétrico e forno elétrico possuem, no seu interior, um resistor. A passagem de corrente elétrica por um resistor resulta no seu aquecimento, ou seja, transformação de energia elétrica em energia interna do resistor, resultando em um aumento de sua temperatura. O fenômeno que leva a transformação de energia elétrica em energia interna (energia térmica) nos resistores é conhecido como Efeito Joule, por ter sido estudado e enunciado pela primeira vez pelo físico inglês James Prescott Joule (1840).

Lei de Ohm

O físico alemão Georg Simon Ohm, analisando vários materiais e submetendo-os a várias diferenças de potencial e medindo diferentes correntes elétricas, formulou a seguinte lei: Em um condutor, mantido à temperatura constante, a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade da corrente elétrica percorrida é constante. Denomina-se essa constante de resistência elétrica.

Também podemos representar esta lei matematicamente:

$$R = \frac{U}{i} \quad (4)$$

Onde R é a resistência elétrica, medida em ohm (Ω), U é a diferença de potencial elétrico, medida em volt (V) e i é a intensidade da corrente elétrica, medida em ampère (A).

Exemplo: Um chuveiro elétrico possui nas suas especificações as seguintes informações:

- ✓ Potência 5500 W
- ✓ Tensão 110 V
- ✓ Corrente elétrica 50 A

Considerando esses dados, encontre a resistência elétrica deste resistor.

Resolução:

Utilizando a equação (4), podemos medir o valor da resistência efetuando o cálculo abaixo:

$$R = \frac{100 \text{ V}}{50 \text{ A}} = 2,2 \Omega$$

Outros fatores que influenciam na resistência

A resistência elétrica em um condutor depende de alguns fatores como o seu comprimento, que aumenta a resistência à medida que o mesmo aumenta, da sua área transversal (que depende da sua espessura), que diminui a resistência com o seu aumento e da resistividade que é uma propriedade do material associado à resistência elétrica. A resistividade depende do material e normalmente varia com a temperatura. Estes fatores podem ser expressos e relacionados na equação abaixo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (5)$$

onde R é a resistência do condutor medida em ohm (Ω), L é o comprimento do condutor, em metro (m), A é a área da secção transversal, medida em metro quadrado (m^2), e ρ é a

resistividade do material de que é constituído o condutor, medida em ohm-metro ($\Omega \cdot m$), que também pode variar com a temperatura.

Quando se vai escolher um resistor, é necessário analisar todos esses fatores tanto quando se quer uma pequena resistência como quando se deseja uma grande resistência, lembrando que, como em nossas residências, a diferença de potencial elétrico é sempre a mesma, é necessário que os dispositivos possuam diferentes resistências para que funcionem adequadamente.

Existem dispositivos que variam o comprimento do resistor para que se varie a resistência do dispositivo, aumentando ou diminuindo a intensidade da corrente elétrica que o percorre, variando assim a quantidade de energia elétrica transformada em calor por Efeito Joule e, conseqüentemente, a quantidade de calor gerado. São os casos do chuveiro elétrico, secadores de cabelo, ferro de passar roupas, etc.

Potência dissipada pelos resistores

Todo resistor, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica através do efeito joule, resultando no seu aquecimento, ou seja, aumento de temperatura. Devido à diferença de temperatura, o resistor irá dissipar este excesso de energia térmica para o ambiente exterior por meio de condução de calor ou por irradiação.

A radiação emitida por qualquer corpo devido à sua temperatura é conhecida por Radiação de Corpo Negro¹. A quantidade total de energia térmica irradiada por um corpo, bem como a distribuição desta energia irradiada ao longo do espectro eletromagnético, depende apenas de sua temperatura. Para temperaturas não muito altas (abaixo de ~ 700 °C), quase toda energia irradiada pelo corpo será na região espectral correspondente ao infravermelho, ou seja, calor. Neste caso este resistor irá funcionar como um aquecedor. Este é o caso dos aquecedores de ambiente, ferro de passar roupa, chuveiros elétricos, secadores de cabelo, etc.

Quando a temperatura do resistor é muito alta (acima de 1500 °C), uma grande parte da energia térmica dissipada pelo resistor será na forma de radiação na faixa espectral visível. Neste caso este resistor irá funcionar como uma lâmpada, como as lâmpadas incandescentes, ainda hoje utilizadas na iluminação das residências.

A potência dissipada por um resistor (energia elétrica convertida por segundo em energia térmica) depende do valor da resistência do dispositivo e da corrente elétrica que passa por ele, conforme a relação (6). Esta relação se obtém substituindo na ddp da equação (4) na equação (2), obteremos:

¹ A radiação que será emitida por este corpo será ~~100%~~ totalmente originada da sua energia interna e a quantidade total de energia irradiada dependerá apenas de sua temperatura absoluta $T[K]$.

$$p = R \cdot i^2 \quad (6)$$

onde P, é a potência dissipada pelo resistor, medida em watt (W), R é a resistência elétrica do dispositivo, medida em ohm (Ω), e i, a intensidade da corrente elétrica que percorre o aparelho, medido em ampère (A).

Outra maneira para determinar a potência dissipada, é substituímos a intensidade da corrente elétrica na equação (3) pela intensidade da corrente elétrica da equação (4) e obteremos a equação (7) indicada abaixo:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (7)$$

onde P, é a potência dissipada pelo resistor, R é a resistência do resistor e U é a diferença de potencial elétrico, em volt (V). 4 Define-se um corpo negro como um corpo ou substância que absorve toda a radiação emitida nele.

Se considerarmos o chuveiro do exemplo deste texto, podemos estimar a potência dissipada por ele através da equação $P = R \cdot i^2$:

Dados:

$$R = 2,2 \Omega$$

$$i = 50 \text{ A}$$

$$P = 2,2 \Omega \cdot (50 \text{ A})^2 = 5500 \text{ W}$$

Testes e questões		Tempo: 20min
Prof.:	Escola:	
Aluno(a):		

1. (UFJF-MG) Medidas da corrente elétrica em função da diferença de potencial aplicada foram realizadas em dois resistores de metais diferentes, encontrando-se os resultados relacionados abaixo. Durante as medidas, a temperatura dos resistores foi mantida constante.

Resistor I		Resistor II	
Ampères	Volts	Ampères	Volts
0,5	2,18	0,5	3,18
1,0	4,36	1,0	4,36
2,0	8,72	2,0	6,72
4,0	17,44	4,0	11,44

Nestas condições são feitas as afirmativas:

I. Somente o resistor 1 obedece à lei de Ohm.

II. Somente o resistor 2 obedece à lei de Ohm.

III. Um dos resistores tem resistência elétrica com valor de $4,36 \Omega$ é (São) verdadeira(s):

- I
 - II
 - III
 - I e III
 - II e III
2. (ACAFE-SC) Suponha que você mude de São Paulo, onde a tensão da rede é 110V, para Florianópolis, onde a tensão na rede é 220V, e traga consigo um aquecedor elétrico. Você pode manter a mesma potência do aquecedor substituindo a resistência original de $8,0\Omega$ por uma outra, cujo valor, em Ω , seja:
- 16
 - 32
 - 4
 - 2
 - 64
3. (Mackenzie-SP) Um fio A tem resistência elétrica igual a duas vezes a resistência elétrica de um outro fio B. Sabe-se que o fio A tem o dobro do comprimento do fio B e sua seção transversal tem raio igual à metade do raio da seção transversal do fio B. A relação entre a resistividade do material do fio A e a resistividade do material do fio B é:
- 0,25.
 - 0,50.
 - 0,75.
 - 1,25.
 - 1,50.

4. (VUNESP) Os valores nominais de uma lâmpada incandescente, usada em uma lanterna, são: 6,0 V; 20 mA. Isso significa que a resistência elétrica do seu filamento é de:
- a) 150 Ω , sempre, com a lâmpada acesa ou apagada.
 - b) 300 Ω , sempre, com a lâmpada acesa ou apagada.
 - c) 300 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem maior quando apagada.
 - d) 300 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem menor quando apagada.
 - e) 600 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem maior quando apagada.
5. (Uneb-BA) Um resistor ôhmico, quando submetido a uma ddp de 40 V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 20 A. Quando a corrente que o atravessa for igual a 4 A, a ddp, em volts, nos seus terminais, será:
- a) 8
 - b) 12
 - c) 16
 - d) 20
 - e) 30
6. Determine a corrente elétrica que flui por um resistor de 1 k Ω quando ele é submetido a uma ddp de 200 V.
- a) 0,5 A
 - b) 2 dA
 - c) 4 A
 - d) 0,02 A
 - e) 1 A

P1. O que é a primeira Lei de Ohm? Explique como ela pode ser representada matematicamente.

P2. O que é a segunda Lei de Ohm? Explique quais fatores influenciam essa lei.

P3. Todo resistor, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica através do efeito joule? Explique.

6.3 Aula III – Experimentos I

Espera-se que, ao término desta aula, os seguintes objetivos possam ser alcançados:

- ✓ Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia.
- ✓ Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.
- ✓ Realizar experimentos;
- ✓ Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Nesse primeiro momento da aula, o professor conduzirá os alunos ao laboratório para que os experimentos possam ser desenvolvidos. Cabe destacar a importância dos cuidados que devem ser tomados ao realizar experimentos com eletricidade, devido ao alto nível de perigo que esta proporciona se negligenciada. Portanto, o professor deverá montar o aparato experimental sozinho durante essa aula, levando os alunos a se familiarizar com esse tipo de aula.

Em seguida, o professor deverá formar grupos de quatro ou cinco alunos para desenvolver os experimentos, levantando questões no intuito de ativar o conhecimento prévio do aluno, associando-o aos conceitos trabalhados nas aulas anteriores, para que, desse modo, possam perceber o desenvolvimento do conhecimento no decorrer dos experimentos. Sendo que os alunos poderão participar ativamente com perguntas e comentários sempre que houver pertinência. Além disso, o professor entregará aos grupos um roteiro com questões que deverão ser respondidas pelos alunos. Esse roteiro deverá ser recolhido ao término da aula, para servir como material de análise da aprendizagem dos alunos.

Roteiro 1 – Circuitos Elétricos Simples na placa de experimentos	Tempo: 100min
Prof.:	Escola:
Equipe	1. 2. 3. 4.

Você está recebendo os seguintes materiais:

- ✓ Placa de acrílico - 50 cm x 50 cm
- ✓ 4 lâmpadas incandescentes de 60W
- ✓ 1 lâmpada incandescente de 40W
- ✓ 4 bocais com tomada macho
- ✓ 1 interruptor externo
- ✓ 16 plugs banana
- ✓ Fio 1,5 mm
- ✓ Fita isolante
- ✓ 1 alicate de cortar fio
- ✓ 1 régua e lápis

Questões

- a) Observando o aparato que está montado sobre a bancada, escreva qual é a lâmpada que demonstra maior brilho? Tente justificar essa resposta inicial.
- b) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?
- c) De que maneira a corrente se comporta neste circuito? Qual o seu valor nominal?
- d) Qual a tensão elétrica em cada lâmpada?
- e) Onde é possível encontrar uma ligação em série no dia a dia?
- f) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique.

6.4 Aula IV – Experimentos II

Espera-se que, ao término desta aula, os seguintes objetivos possam ser alcançados:

- ✓ Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia.
- ✓ Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.
- ✓ Realizar experimentos.
- ✓ Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Nessa primeira parte da aula, o professor deve resgatar os conteúdos trabalhados na aula anterior, levantando problemas que possibilitem a discussão dos conceitos pertinentes para o desenvolvimento das experimentações que serão feitas na placa de experimentos durante essa aula. Depois, os alunos deverão se reagrupar nas equipes que foram formadas na aula anterior, cada uma deve receber um roteiro do professor com questões que proporcionarão o debate dos conteúdos, e o desenvolvimento do conhecimento. Esse roteiro será recolhido ao término da aula, para servir de instrumento de avaliação do processo de aprendizagem.

O professor deve realizar a montagem do aparato experimental juntamente com as equipes, discutindo cada etapa do processo, e enfatizando a importância dos cuidados necessários com a segurança. Além disso, as equipes podem participar ativamente do processo levantando questionamento ou discutindo os conteúdos pertinentes.

Roteiro 3 – Circuitos Elétricos Paralelo na placa de Experimentos	Tempo: 100min
Prof.:	Escola:
Equipe 1. 2. 3. 4.	

Você está recebendo os seguintes materiais:

- ✓ Placa de acrílico - 50 cm x 50 cm
- ✓ 4 lâmpadas incandescentes de 60W
- ✓ 1 lâmpada incandescente de 40W
- ✓ 4 bocais com tomada macho
- ✓ 1 interruptor externo
- ✓ 16 plugs banana
- ✓ Fio 1,5 mm
- ✓ Fita isolante
- ✓ 1 alicate de cortar fio a
- ✓ 1 régua e lápis

Questões

- a) Você recebeu alguns materiais específicos para criar um modelo de circuito em paralelo. Assim, ao ligarmos o circuito, descreva o que você observa.
- b) O que ocorre ao circuito para que todas as lâmpadas demonstrem brilho intenso? Qual o comportamento da corrente elétrica neste circuito?
- c) O que vocês acham que acontecerá ao circuito se por acaso uma das lâmpadas queimar?
- d) O que você acha que acontecerá ao trocar uma das lâmpadas por outra de maior potência? Explique
- e) Desenvolva o cálculo para descobrir os valores das resistências de cada lâmpada. Em seguida, encontre o valor da resistência equivalente do circuito trabalhado com as lâmpadas de igual potência (40W).
- f) Fazendo uso das leis de Ohm, qual é o valor da corrente elétrica em cada lâmpada de 40W, e na de 60W?
- g) Em que situação do cotidiano encontramos a associação em paralelo?

6.5 Aulas V – Experimentos III

Espera-se que, ao término desta aula, os seguintes objetivos possam ser alcançados:

- ✓ Identificar o conhecimento dos alunos acerca do conteúdo trabalhado nas aulas anteriores em situações do dia a dia.
- ✓ Investigar como os alunos se comportam diante de experimentações no laboratório.
- ✓ Realizar experimentos.
- ✓ Discutir os resultados encontrados pelas equipes acerca dos problemas propostos no roteiro de investigação.

Nessa primeira parte da aula, o professor deve resgatar os conteúdos trabalhados na aula anterior, levantando problemas que possibilitem a discussão dos conceitos pertinentes para o desenvolvimento das experimentações que serão feitas na placa de experimentos durante essa aula. Depois, os alunos deverão se reagrupar nas equipes que foram formadas na aula anterior, cada uma deve receber um roteiro do professor com questões que proporcionarão o debate dos conteúdos, e o desenvolvimento do conhecimento. Esse roteiro será recolhido ao término da aula, para servir de instrumento de avaliação do processo de aprendizagem.

Embora os alunos já estejam familiarizados com as experimentações devido às aulas anteriores, o professor deve supervisionar a montagem do aparato experimental realizada pelas equipes, discutindo cada etapa do processo, e enfatizando a importância dos cuidados necessários com a segurança. Além disso, os estudantes podem participar ativamente do processo levantando questionamento ou discutindo os conteúdos pertinentes.

Roteiro 5 – Circuitos Elétricos Misto na placa de experimentos	Tempo: 100min
Prof.:	Escola:
Equipe	1. 2. 3. 4.

Você está recebendo os seguintes materiais:

- ✓ Placa de acrílico - 50 cm x 50 cm
- ✓ 4 lâmpadas incandescentes de 60W
- ✓ 1 lâmpada incandescente de 40W
- ✓ 4 bocais com tomada macho
- ✓ 1 interruptor externo
- ✓ 16 plugs banana
- ✓ Fio 1,5 mm
- ✓ Fita isolante
- ✓ 1 alicate de cortar fio
- ✓ 1 régua e lápis

Questões

- a) Utilize os materiais sobre a bancada para montar um circuito elétrico com duas lâmpadas de 40W em série associada a uma terceira de 40W em paralelo.
- b) Antes de começarmos o experimento, você acha que as lâmpadas demonstrarão o mesmo brilho? Tente justificar
- c) Fazendo uso do conceito de potência elétrica, descreva em detalhes o que você observa ao ligarmos o circuito montado sobre a bancada.
- d) Qual a tensão e a corrente elétrica na lâmpada ligada em paralelo? E nas lâmpadas em série? Desenvolva o cálculo.
- e) Utilizando o mesmo circuito da questão anterior, o que você acha que acontecerá com a lâmpada em paralelo, que é de 40W, se associarmos uma terceira lâmpada, que também é de 40W, na associação em série? E o que você acha que acontecerá com as outras lâmpadas, de 40W cada, ligadas em série?
- f) Em que situação do cotidiano encontramos a associação mista.

REFERÊNCIAS

BRASIL, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: DF, 2002.

CARVALHO, A. M. P., PEREZ, D. G., O saber e o saber fazer dos professores. In: **Ensinar a ensinar: didática para a escola fundamental e média**. São Paulo: Pioneira. Amélia Domingues de Castro, Anna Maria Pessoa de Carvalho (Ed.), 2001.

CARVALHO, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. (coord) **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning. 2010.

LIBÂNEO, J. C., FREITAS, R. A. M. M. **Vygotsky, Leontiev, Davydov: três aportes teóricos para a Teoria Histórico-Cultural e suas contribuições para a Didática**. Revista Brasileira de Educação, n. 27, 2004.

LIBÂNEO, José Carlos. **A didática e a aprendizagem do pensar e do aprender: a Teoria Histórico-Cultural da atividade e a contribuição de Vasili Davydov**. Revista Brasileira de Educação, n. 27, 2004.

TERRAZZAN, E. A.; GABANA, M. Um estudo sobre o uso de atividade didática com texto de divulgação científica em aulas de física. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 4., 2003, Bauru. Atas... Bauru, 2003. 1CD-ROM.

ZABALA, A. **A prática educativa**. Tradução: Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

ZANON, L. B., SILVA, L. H. A experimentação no ensino de Ciências. In: SCHNETZLER, R. P., ARAGÃO, R. M. R. **Ensino de Ciências: fundamentos e abordagens**. Campinas: Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2000.

APÊNDICE B – Textos de divulgação científica usados nas aulas 1 e 2

DIFERENÇA DE POTENCIAL E CORRENTE ELÉTRICA

(Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1.)

Você sabe o que faz os dispositivos eletroeletrônicos funcionarem?

Você já deve ter se perguntado qual seria a relação entre fios condutores da sua residência, pilhas, baterias, fios de alta tensão da rua, transformadores, disjuntores, fusíveis, choques elétricos, raios em dias de chuva. Todos estes dispositivos e fenômenos estão relacionados a um conceito da Física, o de carga elétrica. Apesar de não se saber ao certo o que seja a carga elétrica, sabemos muitas informações sobre esta propriedade da matéria.

Sabe-se que existem dois tipos de carga elétrica: a positiva e a negativa, que cargas elétricas do mesmo tipo se repelem, ou seja, se afastam uma da outra e cargas de tipos diferentes se atraem, ou seja, se aproximam uma da outra. Sabe-se também que esta propriedade é quantizada, ou seja, todas as cargas elétricas são múltiplas de uma carga elétrica elementar que é a carga de um elétron¹.

Também sabemos que a quantidade total de carga elétrica de um sistema eletricamente isolado se mantém constante, este fato é denominado princípio da conservação da carga elétrica.

Tanto numa descarga elétrica de um raio como nos fios condutores dos aparelhos elétricos e eletrônicos, essas cargas elétricas estão em movimento, este fluxo de cargas elétricas nos condutores é denominado na Física de corrente elétrica e será explicado nos parágrafos seguintes.

Se você tentar ligar um celular sem estar conectado a uma bateria, ou um televisor sem conectá-lo à rede elétrica, provavelmente não obterá sucesso, pois não percorrerá, nestes dispositivos, o que denominamos de corrente elétrica. Define-se como corrente elétrica o movimento dos portadores de carga elétrica de um corpo. No caso dos condutores elétricos dos dispositivos eletrônicos que utilizamos, estes portadores de carga são denominados elétrons. O elétron é uma das partículas fundamentais constituintes dos

¹ O valor desta carga elétrica elementar foi medida pelo físico norte-americano Robert Millikan no início do século XX que é de $1,6 \times 10^{-19}$ C (coulombs).

átomos de qualquer elemento. Qualquer elétron tem carga negativa igual a menor carga possível. Portanto a carga de um elétron é a carga fundamental¹. Nos condutores, alguns elétrons estão livres para se deslocarem ao longo dele, portanto uma corrente elétrica corresponde ao movimento destes elétrons ao longo de um condutor.

Mas o que produz este movimento de cargas elétricas em um condutor? Como resposta temos a **diferença de potencial (ddp)**, popularmente conhecida como **voltagem** ou **tensão elétrica**; sem esta diferença de potencial não existe corrente elétrica. Pilhas, baterias de automóvel e celular, e nossa rede elétrica, produzem de alguma forma esta diferença de potencial ou voltagem nos dispositivos eletroeletrônicos. A diferença de potencial que uma pilha ou bateria fornece a um circuito, assim como a fornecida pela rede de energia elétrica, é medida em **volt (V)**. Como exemplo, em uma pilha é informada a diferença de potencial elétrico (ddp) entre os terminais positivo e negativo da mesma sendo de 1,5 volts. Em uma bateria de telefone móvel geralmente a bateria possui uma diferença de potencial de 3,7 volts e em uma bateria de automóvel a ddp entre os terminais positivo e negativo é de 12 volts.

Para entendermos esta voltagem elétrica, podemos fazer a seguinte analogia: para que a água se desloque de uma caixa d'água para a torneira de sua casa é necessário uma diferença de altura entre a caixa e torneira. O que faz a água se deslocar da caixa d'água para a torneira é a diferença de potencial gravitacional entre a caixa d'água e a torneira, que fará a água descer para a torneira, devido a força gravitacional agindo sobre ela. O análogo elétrico é a diferença de potencial elétrico que existe entre os polos de uma pilha ou bateria ou de uma tomada da rede elétrica, que permitirá que os elétrons se desloquem no sentido do polo negativo para o positivo da pilha ou bateria. Ainda no análogo hidráulico de sua casa, caso a torneira esteja em uma altura maior que a caixa d'água, será necessário o auxílio de uma bomba d'água para que se possa deslocar a água do seu reservatório até a torneira. A bomba d'água é o análogo aos geradores de eletricidade, ou aos carregadores de bateria que levam as cargas no sentido contrário, carregando a bateria ou gerando a ddp necessária para o funcionamento dos dispositivos elétricos a eles conectados.

Assim, para que haja o deslocamento de elétrons livres em um condutor sólido (fios e componentes de um circuito) é necessária uma diferença de potencial entre os dois pontos do circuito.

Se você fizer a análise de uma pilha ou uma bateria, você vai observar em todas elas há um sinal de + e outro de -, que indicam o polo positivo ou negativo das mesmas.

Convenciona-se que a corrente elétrica é o deslocamento de cargas positivas no sentido do maior potencial (polo positivo) para o menor potencial (polo negativo), assim como a água que se movimenta da região de maior altura para a de menor altura em relação ao solo. Na verdade num circuito elétrico quem está se movimentando são as cargas negativas (os elétrons) no sentido do potencial negativo para o positivo, mas este movimento das cargas negativas tem o mesmo efeito como se fossem cargas positivas movendo-se no sentido contrário.

Já na rede elétrica a diferença de potencial é aplicada nas tomadas e *plugs* onde os aparelhos são conectados. Uma diferença de potencial é aplicada aos furos das tomadas através dos fios que conduzem a eletricidade desde as centrais geradoras, que no Brasil podem ser hidroelétrica, termoelétrica, eólicas, entre outras. Entre os padrões de tomadas aprovadas pelo INMETRO² para o Brasil, um deles tem dois pinos nos plugues e, respectivamente dois furos nas tomadas: um neutro, cuja tensão não varia, e outro cuja tensão varia a uma taxa de 60 vezes por segundo (60Hz). A diferença de potencial entre estes dois pinos pode ser de 127 V ou 220 V, dependendo da região do país. O outro modelo de tomada tem três furos, sendo o furo central aterrado, ou seja, mantido no mesmo potencial da terra. Entre os outros dois furos na tomada temos aplicada uma diferença de potencial também de 127 V ou 220 V, dependendo da região do país. Esta diferença de potencial também varia a uma taxa de 60 Hz. Portanto, neste tipo de rede, temos corrente elétrica alternada, oriunda da oscilação dos elétrons contidos nos fios condutores das instalações elétricas das residências, assim como nos fios elétricos nas linhas de transmissão de energia.

Definição de Corrente elétrica

A corrente elétrica é por definição o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica e para que este movimento ocorra, é necessário que exista uma diferença de potencial entre os terminais da rede. Os portadores de carga elétrica são os elétrons livres no caso de um condutor sólido e os íons no caso de uma solução líquida e um gás. Existem dois tipos de corrente elétrica: a alternada (C.A) e a contínua (C.C). Na corrente elétrica contínua (C.C), o fluxo de carga elétrica se dá em apenas um sentido, geralmente é produzida por pilhas, baterias, fontes de tensão de computador. Na corrente elétrica alternada (C.A) o sentido do fluxo de carga inverte-se rapidamente, na mesma razão da

² <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/> e <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pluguestomadas/cartilha.asp> visitados em 03/03/2015.

variação da diferença de potencial, fazendo as cargas elétricas vibrarem em torno de uma posição relativa fixa, normalmente (no Brasil e em muitos Países) a taxa de 60 inversões de sentido a cada um segundo.

Relação matemática para estimar a corrente elétrica média

Para estimar a corrente elétrica média que percorre um dispositivo elétrico é necessário saber a quantidade de carga que atravessa uma seção transversal do fio e o intervalo de tempo necessário para esta quantidade de carga atravessar esta seção, isto pode ser representado pela equação abaixo:

$$i = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

Onde,

i = intensidade da corrente elétrica (medida em ampere[A])

ΔQ = quantidade de carga que atravessa a seção transversal do fio (medida em coulombs[C])

Δt = intervalo de tempo (medido em segundos[s])

Podemos utilizar esta relação matemática para medir a corrente elétrica média que percorreu um telefone móvel durante sua utilização. Por exemplo, um celular que possui uma bateria com carga total de 1000 mAh³ (miliampères-hora) funciona sem ser desligado em média, por três dias (72 horas). Para saber a sua corrente elétrica média, basta realizar o seguinte cálculo:

$$i = \frac{1000mAh}{72h} \approx 13,9 mA \approx 0,0139 A \quad (2)$$

O símbolo \approx significa aproximadamente, logo, estamos aproximando o resultado obtido, pois o valor encontrado tem mais casas decimais do que as apresentadas no cálculo acima.

Portanto, nesta situação a corrente elétrica percorrida em média neste dispositivo eletrônico foi de 0,0139 A.

Através das grandezas diferença de potencial e corrente elétrica, podemos também saber a potência de um dispositivo elétrico ou eletrônico. A potência sempre nos informa a relação de energia consumida ou utilizada por ele durante o funcionamento por unidade de tempo. Ela sempre é medida em **watt (W)** que, na verdade, significa uma energia de um joule utilizada ou transferida a cada um segundo. A relação matemática necessária para medir a potência do circuito é dada abaixo:

³ 1000 mAh seria a carga elétrica que possui uma bateria pois mA é a unidade de medida de corrente elétrica e h é a unidade de medida de tempo. Reorganizando a equação (1) temos que $q = i \cdot t$, que é a quantidade de carga da bateria em questão. Logo 1000 mAh corresponde a carga de 3600 coulomb, pois $1000 mA \times 1 h = 1 A \times 3600 s = 3600 C$ a quantidade de carga da bateria em questão. Logo 1000 mAh corresponde a carga de 3600 coulomb, pois $1000 mA \times 1 h = 1 A \times 3600 s = 3600 C$.

Potência = Diferença de Potencial x Corrente Elétrica

$$P = U \cdot i$$

A fórmula (2) nos dará a potência elétrica (energia/tempo) consumida por qualquer dispositivo elétrico no qual seja aplicada uma tensão (ddp) igual a U e por ele circular uma corrente elétrica i . Este dispositivo poderá ser um chuveiro elétrico que gera aquecimento, uma lâmpada que gera luz ou um motor que realiza algum tipo de trabalho. (3)

Como exemplo, podemos calcular a potência média de um telefone móvel utilizando a intensidade da corrente elétrica média do dispositivo e utilizando a ddp da bateria do celular que é de 3,7 volts teremos:

$$P = 3,7 \text{ volts} \times 0,0139 \text{ ampere} = 0,0514 \text{ watt}$$

Esta seria a potência média de consumo do dispositivo em questão. A partir desta equação também podemos determinar a corrente elétrica média que irá percorrer um dispositivo, quando conhecemos a sua potência média e a tensão de operação:

$$i = \frac{P}{U}$$

Resistência Elétrica e Lei de Ohm

(Adaptado de ALMEIDA, Rodrigo Lapuente de; CUNHA, Sílvio Luiz de Souza. Textos de Apoio ao Professor de Física – IFUFRGS, v. 26, nº 1.)

Por que dispositivos elétricos elevam sua temperatura?

Quando utilizamos dispositivos elétricos percebemos uma elevação de temperatura em todos eles. Muitos deles utilizam este fenômeno para o seu funcionamento, como chuveiro elétrico, ferro de passar roupas, secador de cabelo, forno elétrico, aquecedor de ambientes etc., cuja única função é transformar energia elétrica em calor. Este fenômeno ocorre devido à transformação da energia elétrica em energia na forma energia térmica, efeito estudado por James P. Joule em 1840, e hoje é conhecido pelo seu nome, Efeito Joule.

Associamos esta perda de energia elétrica em energia na forma de calor a uma propriedade que os condutores possuem denominada resistência elétrica. Podemos entender essa resistência elétrica como uma dificuldade a passagem de corrente elétrica. Logo, conforme esta definição, podemos dizer que, quando submetido a uma mesma diferença de potencial, quanto maior a resistência elétrica de um dispositivo, menor será a corrente elétrica que o percorre. Os dispositivos que utilizam esta propriedade para o seu funcionamento são denominados resistores. Ferro de passar roupas, chuveiro elétrico e forno elétrico possuem, no seu interior, um resistor. A passagem de corrente elétrica por um resistor resulta no seu aquecimento, ou seja, transformação de energia elétrica em energia interna do resistor, resultando em um aumento de sua temperatura. O fenômeno que leva a transformação de energia elétrica em energia interna (energia térmica) nos resistores é conhecido como Efeito Joule, por ter sido estudado e enunciado pela primeira vez pelo físico inglês James Prescott Joule (1840).

Lei de Ohm

O físico alemão Georg Simon Ohm, analisando vários materiais e submetendo-os a várias diferenças de potencial e medindo diferentes correntes elétricas, formulou a seguinte lei: Em um condutor, mantido à temperatura constante, a razão entre a diferença de potencial aplicada e a intensidade da corrente elétrica percorrida é constante. Denomina-se essa constante de resistência elétrica.

Também podemos representar esta lei matematicamente:

$$R = \frac{U}{i} \quad (4)$$

Onde R é a resistência elétrica, medida em ohm (Ω), U é a diferença de potencial elétrico, medida em volt (V) e i é a intensidade da corrente elétrica, medida em ampère (A).

Exemplo: Um chuveiro elétrico possui nas suas especificações as seguintes informações:

- ✓ Potência 5500 W
- ✓ Tensão 110 V
- ✓ Corrente elétrica 50 A

Considerando esses dados, encontre a resistência elétrica deste resistor.

Resolução:

Utilizando a equação (4), podemos medir o valor da resistência efetuando o cálculo abaixo:

$$R = \frac{100 \text{ V}}{50 \text{ A}} = 2,2 \Omega$$

Outros fatores que influenciam na resistência

A resistência elétrica em um condutor depende de alguns fatores como o seu comprimento, que aumenta a resistência à medida que o mesmo aumenta, da sua área transversal (que depende da sua espessura), que diminui a resistência com o seu aumento e da resistividade que é uma propriedade do material associado à resistência elétrica. A resistividade depende do material e normalmente varia com a temperatura. Estes fatores podem ser expressos e relacionados na equação abaixo:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (5)$$

onde R é a resistência do condutor medida em ohm (Ω), L é o comprimento do condutor, em metro (m), A é a área da secção transversal, medida em metro quadrado (m^2), e ρ é a resistividade do material de que é constituído o condutor, medida em ohm-metro ($\Omega \cdot m$), que também pode variar com a temperatura.

Quando se vai escolher um resistor, é necessário analisar todos esses fatores tanto quando se quer uma pequena resistência como quando se deseja uma grande resistência, lembrando que, como em nossas residências, a diferença de potencial elétrico é sempre a mesma, é necessário que os dispositivos possuam diferentes resistências para que funcionem adequadamente.

Existem dispositivos que variam o comprimento do resistor para que se varie a resistência do dispositivo, aumentando ou diminuindo a intensidade da corrente elétrica que o percorre, variando assim a quantidade de energia elétrica transformada em calor por Efeito Joule e, conseqüentemente, a quantidade de calor gerado. São os casos do chuveiro elétrico, secadores de cabelo, ferro de passar roupas, etc.

Potência dissipada pelos resistores

Todo resistor, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica através do efeito joule, resultando no seu aquecimento, ou seja, aumento de temperatura. Devido à diferença de temperatura, o resistor irá dissipar este excesso de energia térmica para o ambiente exterior por meio de condução de calor ou por irradiação.

A radiação emitida por qualquer corpo devido à sua temperatura é conhecida por Radiação de Corpo Negro¹. A quantidade total de energia térmica irradiada por um corpo, bem como a distribuição desta energia irradiada ao longo do espectro eletromagnético, depende apenas de sua temperatura. Para temperaturas não muito altas (abaixo de ~700 °C), quase toda energia irradiada pelo corpo será na região espectral correspondente ao infravermelho, ou seja, calor. Neste caso este resistor irá funcionar como um aquecedor. Este é o caso dos aquecedores de ambiente, ferro de passar roupa, chuveiros elétricos, secadores de cabelo, etc.

Quando a temperatura do resistor é muito alta (acima de 1500 °C), uma grande parte da energia térmica dissipada pelo resistor será na forma de radiação na faixa espectral visível. Neste caso este resistor irá funcionar como uma lâmpada, como as lâmpadas incandescentes, ainda hoje utilizadas na iluminação das residências.

A potência dissipada por um resistor (energia elétrica convertida por segundo em energia térmica) depende do valor da resistência do dispositivo e da corrente elétrica que passa por ele, conforme a relação (6). Esta relação se obtém substituindo na ddp da equação (4) na equação (2), obteremos:

$$p = R \cdot i^2 \quad (6)$$

onde P, é a potência dissipada pelo resistor, medida em watt (W), R é a resistência elétrica do dispositivo, medida em ohm (Ω), e i, a intensidade da corrente elétrica que percorre o aparelho, medido em ampère (A).

Outra maneira para determinar a potência dissipada, é substituímos a intensidade da corrente elétrica na equação (3) pela intensidade da corrente elétrica da equação (4) e obteremos a equação (7) indicada abaixo:

¹ A radiação que será emitida por este corpo será totalmente originada da sua energia interna e a quantidade total de energia irradiada dependerá apenas de sua temperatura absoluta T[K].

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (7)$$

onde P, é a potência dissipada pelo resistor, R é a resistência do resistor e U é a diferença de potencial elétrico, em volt (V). 4 Define-se um corpo negro como um corpo ou substância que absorve toda a radiação emitida nele.

Se considerarmos o chuveiro do exemplo deste texto, podemos estimar a potência dissipada por ele através da equação $P = R \cdot i^2$:

Dados:

$$R = 2,2 \, \Omega$$

$$i = 50 \, \text{A}$$

$$P = 2,2 \, \Omega \cdot (50 \, \text{A})^2 = 5500 \, \text{W}$$

APÊNDICE C – Questionário aplicado nas aulas

1 e 2

Testes e questões - Corrente Elétrica e Diferença de Potencial	Tempo: 20min
Prof.:	Escola:
Aluno(a):	

1. (PUC-RS) - A razão entre a carga que flui por uma seção reta de um condutor e o tempo gasto para essa carga fluir define uma grandeza elétrica chamada:
 - f. intensidade da corrente.
 - g. resistência.
 - h. condutância.
 - i. diferença de potencial.
 - j. força eletromotriz.

2. (UNISA) A corrente elétrica nos condutores metálicos é constituída de:
 - f. Elétrons livres no sentido convencional.
 - g. Cargas positivas no sentido convencional.
 - h. Elétrons livres no sentido oposto ao convencional.
 - i. Cargas positivas no sentido oposto ao convencional.
 - j. Íons positivos e negativos fluindo na estrutura cristalizada do metal.

3. (PUC-PR) Uma corrente elétrica de 10 A é mantida em um condutor metálico durante dois minutos. Pede-se a carga elétrica que atravessa uma seção do condutor.
 - f. 120 C
 - g. 1.200 C
 - h. 200 C
 - i. 20 C
 - j. 600 C

4. A diferença de potencial pode ser entendida como:
 - f) Uma grandeza vetorial, medida em Volts por metro, responsável pela movimentação das cargas.
 - g) Uma grandeza escalar, medida em Volts, responsável pela movimentação das cargas.
 - h) Uma grandeza escalar, medida em Coulomb, responsável pela eletrização dos corpos.
 - i) Uma grandeza escalar, medida em Joules, responsável pela eletrização dos corpos.

- j) Uma grandeza escalar, medida em Watts, responsável pelo efeito Joule dos corpos.
5. Existe uma relação estabelecida entre potencial elétrico e potência elétrica. Indique qual das alternativas abaixo apresenta corretamente essa relação:
- a) $P = U.R^2$
 - b) $P = U.i$
 - c) $P = U.i^2$
 - d) $P = U/R^2$
 - e) $P = U^2/i$
6. (PUC-RS) - Uma corrente elétrica que flui num condutor tem um valor igual a 5A. Pode-se, então, afirmar que a carga que passa numa secção reta do condutor é de:
- a) 1C em cada 5 s.
 - b) 5C em cada 5s.
 - c) 1/5 C em cada 1s.
 - d) 1C a cada 1s.
 - e) 1C a cada 1/5s.

P.1 – Pode-se dizer que a corrente elétrica é o movimento ordenado dos portadores de carga elétrica? Explique qual a importância da diferença de potencial para a corrente elétrica.

P.2 – Pode-se afirmar que os elétrons, após aplicada uma diferença de potencial, movimentam-se de maneira ordenada para o maior potencial elétrico? Explique a diferença entre o sentido real e o sentido convencional da corrente elétrica.

P. 3 – Pode-se dizer que potência é a relação entre energia e tempo? Explique de que maneira podemos relacionar corrente elétrica com potência elétrica.

Testes e questões - Resistência Elétrica e Lei de Ohm	Tempo: 20min
Prof.:	Escola:
Aluno(a):	

1. (UFJF-MG) Medidas da corrente elétrica em função da diferença de potencial aplicada foram realizadas em dois resistores de metais diferentes, encontrando-se os resultados relacionados abaixo. Durante as medidas, a temperatura dos resistores foi mantida constante.

Resistor I		Resistor II	
Ampères	Volts	Ampères	Volts
0,5	2,18	0,5	3,18
1,0	4,36	1,0	4,36
2,0	8,72	2,0	6,72
4,0	17,44	4,0	11,44

Nestas condições são feitas as afirmativas:

- I. Somente o resistor 1 obedece à lei de Ohm.
 II. Somente o resistor 2 obedece à lei de Ohm.
 III. Um dos resistores tem resistência elétrica com valor de $4,36 \Omega$ é (São verdadeira(s):

- a) I
 b) II
 c) III
 d) I e III
 e) II e III

2. (ACAFE-SC) Suponha que você mude de São Paulo, onde a tensão da rede é 110V, para Florianópolis, onde a tensão na rede é 220V, e traga consigo um aquecedor elétrico. Você pode manter a mesma potência do aquecedor substituindo a resistência original de $8,0\Omega$ por uma outra, cujo valor, em Ω , seja:

- a) 16
 b) 32
 c) 4
 d) 2
 e) 64

3. (Mackenzie-SP) Um fio A tem resistência elétrica igual a duas vezes a resistência elétrica de um outro fio B. Sabe-se que o fio A tem o dobro do comprimento do fio B e sua seção transversal tem raio igual à metade do raio da seção transversal do fio B. A relação entre a resistividade do material do fio A e a resistividade do material do fio B é:

- a) 0,25.
 b) 0,50.
 c) 0,75.
 d) 1,25.
 e) 1,50.

4. (VUNESP) Os valores nominais de uma lâmpada incandescente, usada em uma lanterna, são: 6,0 V; 20 mA. Isso significa que a resistência elétrica do seu filamento é de:
- a) 150 Ω , sempre, com a lâmpada acesa ou apagada.
 - b) 300 Ω , sempre, com a lâmpada acesa ou apagada.
 - c) 300 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem maior quando apagada.
 - d) 300 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem menor quando apagada.
 - e) 600 Ω com a lâmpada acesa e tem um valor bem maior quando apagada.
5. (Uneb-BA) Um resistor ôhmico, quando submetido a uma ddp de 40 V, é atravessado por uma corrente elétrica de intensidade 20 A. Quando a corrente que o atravessa for igual a 4 A, a ddp, em volts, nos seus terminais, será:
- a) 8
 - b) 12
 - c) 16
 - d) 20
 - e) 30
6. Determine a corrente elétrica que flui por um resistor de 1 k Ω quando ele é submetido a uma ddp de 200 V.
- a) 0,5 A
 - b) 2 dA
 - c) 4 A
 - d) 0,02 A
 - e) 1 A

P1. O que é a primeira Lei de Ohm? Explique como ela pode ser representada matematicamente.

P2. O que é a segunda Lei de Ohm? Explique quais fatores influenciam essa lei.

P3. Todo resistor, quando percorrido por uma corrente elétrica, transforma energia elétrica em energia térmica através do efeito joule? Explique.

ANEXO 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO SEN. ARTUR VIRGÍLIO FILHO (SETOR NORTE), BLOCO DA
FÍSICA, INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS – ICE
Av. Gal. Rodrigo Otávio Jordão Ramos, 6200 - Coroado, 69.077-000
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS (IFAM)
Av. Sete de Setembro, 1975 – Centro – Bloco do CDI
CEP: 69020-120 - Manaus - Amazonas

Termo de consentimento livre e esclarecido (pais ou responsáveis)

Você está sendo consultado sobre a participação do(a) seu(sua) filho(a), como voluntário(a), em uma pesquisa educacional. Este estudo pretende investigar a aprendizagem de conceitos científicos em Física relacionados ao conteúdo de Eletrodinâmica. Pretendemos verificar se a nossa metodologia de trabalho experimental contribui de maneira significativa para uma evolução conceitual nos alunos a respeito dos conceitos de eletrodinâmica. Isso permitirá resultados que vão ajudar a investigar a aprendizagem dos estudantes, bem como a evolução dessa. Durante um tempo de aproximadamente duas semanas, seu (sua) filho (a) participará de um curso em horário diferente dos das aulas do Centro Educacional Adalberto Valle. Durante esse período seu (sua) filho (a) irá manipular experimentos em laboratório de física relacionados ao conteúdo de Eletrodinâmica e irão responder alguns questionários com questões objetivas e discursivas abordando o conteúdo de Eletrodinâmica.

Por se tratar de uma pesquisa, pretende-se que as atividades do curso sejam filmadas.

Se você concordar com a participação do seu (sua) filho(a) na pesquisa, podemos lhe garantir que:

- a filmagem será feita apenas para registrar a realização das atividades e, portanto, em nenhum momento a imagem do seu (sua) filho(a) será divulgada.
- em nossas análises e ao divulgar os resultados em congressos adotaremos procedimentos para que ele(a) não seja identificado(a);
- seu professor ou professora não utilizará os resultados de nossa análise para avaliar o seu desempenho;
- o seu (sua) filho(a) terá inteira liberdade de se retirar da pesquisa a qualquer momento que desejar;
- serão solicitadas apenas informações quanto ao nome, idade, série e gênero do seu (sua) filho(a) para que seja possível analisar a sua evolução de aprendizagem ao longo do curso.
- os dados constantes da ficha de identificação serão absolutamente confidenciais, garantindo, assim, total anonimato;
- não existe qualquer risco pessoal na participação da pesquisa.

O seu (sua) filho(a) não terá nenhum benefício direto pela sua participação ao responder às questões que lhe serão apresentadas. Os benefícios serão úteis para a investigação da aprendizagem de Física no Ensino Médio. Caso não queira participar da pesquisa isso não acarretará em nenhum tipo de punição. Em caso de dúvida sobre os procedimentos que estamos usando você pode entrar em contato com o pesquisador e com a orientadora da pesquisa.

Os conhecimentos resultantes desta pesquisa serão divulgados em revistas especializadas, em congressos e simpósios sobre pesquisas educacionais e em uma Dissertação de Mestrado. Além disso, os dados coletados farão parte de um banco de dados que ficará sob a guarda dos pesquisadores do projeto por pelo menos 10 anos, e poderão ser utilizados em futuras pesquisas. Depois desse prazo, os dados serão destruídos. Abaixo estão os dados relativos a este projeto.

Título do projeto: O ensino de eletrodinâmica no ensino médio mediante a aplicação de uma unidade didática.

Pesquisador responsável:

Assinatura do Pesquisador Responsável:

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu li e entendi os detalhes descritos neste documento. Entendo que eu sou livre para autorizar ou não a participação de meu (minha) filho(a) no projeto e que posso interromper a participação dele a qualquer momento. Eu concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Manaus, ____ de _____ de ____.

Nome por extenso: _____

Nome do Filho: _____

Assinatura: _____

ANEXO 2 – Registros Fotográficos





