

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



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

JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA
BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADAS EM MEDIAÇÃO**

**TERESINA
2022**

JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO



**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA
BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADAS EM MEDIAÇÃO**

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

Linha de Pesquisa: Recursos didáticos para o ensino de Física

Orientador(a): Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

**TERESINA
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Serviço de Processamento Técnico

S586a

Silva Neto, Joaquim Marques da.

Atividades experimentais para o ensino de eletrodinâmica básica para o ensino médio baseadas em mediação / Joaquim Marques da Silva Neto. – 2022.

140 f.

Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Pós-Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2022. “Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges”.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Recurso Didático - Experimentos. 3. Eletrodinâmica. I. Borges, Célio Aécio Medeiros. II. Título.

CDD 530.7

JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA
BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADAS EM MEDIAÇÃO**

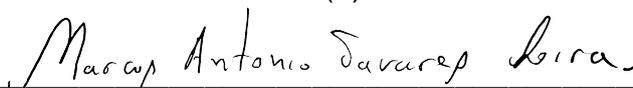
Dissertação de Mestrado e Produto Educacional apresentados à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física MNPEF - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí (UFPI) como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física, na Linha de Pesquisa Recursos didáticos para o ensino de Física.

Teresina (PI), 18 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof(a) Dr(a) Célio Aécio Medeiros Borges – DF / CCN / UFPI
Orientador(a)



Prof(a). Dr(a) Marcos Antonio Tavares Lira – DEE / CT / UFPI
Examinador(a) Interno(a)



Prof(a). Dr(a). José da Silva Rodrigues – DF / IFPI
Examinador(a) Externo(a)



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

ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO

Às nove horas e quarenta minutos do dia trinta de maio de dois mil e vinte e dois, reuniu-se na sala virtual da plataforma Google Meet, <https://meet.google.com/djx-vmvt-ogb>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulado "ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADA EM MEDIAÇÃO" do discente **Joaquim Marques da Silva Neto**, composta pelos professores Célio Aécio Medeiros Borges (orientador, UFPI), Marcos Antônio Tavares Lira (interno ao programa - UFPI) e José da Silva Rodrigues (externo ao programa - IFPI), para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão o Orientador e Presidente da Comissão, Prof. Célio Aécio Medeiros Borges, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares da defesa da Dissertação, passou a palavra ao discente para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos membros da Comissão Julgadora e respectiva defesa do discente. Nesta ocasião, foram solicitadas correções no texto escrito bem como adequações, as quais foram acatadas de imediato. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença do aluno e do público, para julgamento e expedição do resultado final. O discente foi considerado APROVADO com, por unanimidade, pelos membros da Comissão Julgadora, à sua dissertação. O resultado foi então comunicado publicamente a discente pelo Presidente da Comissão. Registrando que a confecção do diploma está condicionada à entrega da versão final da dissertação à CPG após o prazo estabelecido de 60 dias, de acordo com o artigo 39 da Resolução No 189/07 do CONSELHO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO DA UFPI. Nada mais havendo a tratar, o Presidente da Comissão Julgadora deu por encerrado o julgamento que tem por conteúdo o teor desta Ata que, após lida e achada conforme, será assinada por todos os membros da Comissão para fins de produção de seus efeitos legais. Teresina-PI, 30 de maio de 2022.

Prof. Célio Aécio Medeiros Borges (Presidente) *Célio Borges*

Prof. Marcos Antônio Tavares Lira (interno - UFPI) *Marcos Antonio Tavares Lira*

Prof. José da Silva Rodrigues (externo - IFPI) *José Rodrigues*

Dedico este trabalho aos meus pais que sempre me ajudaram, aos meus irmãos que sempre me apoiaram, principalmente a minha esposa que me apoiou e não me deixou desanimar.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por possibilitar seguir sempre com confiança na sua mão;

Aos meus pais pela dedicação ao longo de minha vida, por estar ao meu lado mesmo nas dificuldades e sempre me ensinar o valor a educação e do amor pelo que fazemos;

A minha esposa Maria Aparecida, pela inspiração, companheirismo e apoio emocional durante toda a minha jornada acadêmica;

Aos meus sogros pelas orações e por acreditarem no meu potencial;

Aos meus irmãos, José, Francisca, pela paciência e parceria ao longo da jornada acadêmica;

À direção do CEEP José Pacifico de Moura Neto por permitir a aplicação deste trabalho;

Aos alunos do CEEP José Pacifico de Moura Neto, pela participação no estudo;

Ao professor Dr. Célio Aécio Medeiros Borges, meu orientador, pela paciência, pelo estímulo e principalmente por acreditar na execução deste trabalho.

À UFPI pelo tempo que passei estudando nessa instituição e por me proporcionar a oportunidade de fazer um mestrado.

“O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil(CAPES) - Código de financiamento 001.”

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre.” (PAULO FREIRE).

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a utilização de atividades experimentais para o ensino de eletrodinâmica, com o propósito de resolver a questão: a utilização de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica, na educação básica pode melhorar a qualidade do processo de ensino e aprendizagem? Diante da necessidade de exercitar de maneira prática o que foi ensinado em sala de aula e de apresentar aos estudantes os conceitos da Física de maneira prática elaboramos uma sequência didática com atividades para análise do comportamento de componentes de circuitos elétricos (resistores, baterias, capacitores) em diferentes configurações. Dessa maneira, recorreremos aos estudos sobre a teoria sócio histórico cultural de Lev Semenovitch Vygotsky, pois a partir dos seus conceitos de zona de desenvolvimento proximal e mediação se adequa melhor podemos alcançar nossos objetivos. Esta sequência didática gerou um produto educacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Piauí (UFPI). Essa pesquisa foi aplicada no Centro Estadual de Ensino Profissionalizante CEEP José Pacífico de Moura Neto no município de Teresina-PI, para alunos da 3^o série do Ensino médio, no qual os alunos foram divididos em seis grupos de três participantes. Foi realizado um pré-teste, utilização de um questionário, com o propósito de analisar o conhecimento prévio dos alunos e, posteriormente, verificou-se uma melhora expressiva nas notas dos alunos nessa unidade através da realização da prova pós aplicação da sequência didática. Este trabalho teve uma abordagem qualitativa e quantitativa que juntas forneceram resultados de todo processo. Verificou-se que com a aplicação da sequência didática, os estudantes mostraram-se mais colaborativos, participando mais efetivamente do processo de ensino e de aprendizagem. Foi notado o surgimento de uma maior interação entre os alunos que possibilitou diálogos e debates dos conteúdos envolvidos. Dessa forma, acreditamos, a construção do saber a partir da mediação do professor.

Palavras-chave: Eletrodinâmica. Circuitos. Ensino Médio. Mediação.

ABSTRACT

This work aimed to use experimental activities for the teaching of electrodynamics, with the purpose of solving the question: can the use of experimental activities in the teaching of electrodynamics, in basic education, improve the quality of the teaching and learning process? Faced with the need to practice in a practical way what was taught in the classroom and to introduce students to the concepts of Physics in a practical way, we developed a didactic sequence with activities to analyze the behavior of electrical circuit components (resistors, batteries, capacitors) in different settings. In this way, we resort to studies on the socio-historical-cultural theory of Lev Semenovich Vygotsky, because from his concepts of zone of proximal development and mediation that best suits us, we can achieve our goals. This didactic sequence generated an educational product of the National Professional Master's Degree in Physics Teaching (MNPEF) at the Federal University of Piauí (UFPI). This research was applied at the CEEP José Pacífico de Moura Neto State Vocational Education Center in the city of Teresina-PI, for students of the 3rd grade of high school, in which the students were divided into six groups of three participants. A pre-test was carried out, using a questionnaire, with the purpose of analyzing the students' prior knowledge and, later, there was a significant improvement in the students' grades in this unit through the test after the application of the didactic sequence. This work had a qualitative and quantitative approach that together provided results of the entire process. It was found that with the application of the didactic sequence, the students were more collaborative, participating more effectively in the teaching and learning process. It was noticed the emergence of a greater interaction between the students that made possible dialogues and debates of the involved contents. In this way, we believe, the construction of knowledge from the teacher's mediation.

Keywords: Electrodynamics. circuits. High school. Mediation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Experimento sobre cargas elétricas.....	32
Figura 2. Força de repulsão.....	34
Figura 3. Força de atração	34
Figura 4. Força elétrica e campo elétrico para uma carga fonte positiva	36
Figura 5. Força elétrica e campo elétrico para uma carga fonte negativa	37
Figura 6. Linhas de Campo para uma carga puntiforme positiva	38
Figura 7. Linhas de Campo para uma carga puntiforme negativa	39
Figura 8. Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais diferentes e módulos iguais.....	39
Figura 9. Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos iguais.....	40
Figura 10. Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos iguais.....	40
Figura 11. Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos diferentes.....	41
Figura 12. Sentido convencional da corrente elétrica.....	44
Figura 13. Símbolo do Resistor	45
Figura 14. Outro símbolo do Resistor.....	45
Figura 15. Resistores associados em série.....	47
Figura 16. Associação de resistores em paralelo.....	48
Figura 17. Capacitor de placas paralelas	51
Figura 18. Carga do capacitor	53
Figura 19. Representação gráfica da carga do capacitor.....	55
Figura 20. Vista frontal do CEEP José Pacífico de Moura Neto	60
Figura 21. Patio Central do CEEP José Pacífico de Moura Neto	61
Figura 22. Instalações do CEEP José Pacífico de Moura Neto	61

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Respostas dos alunos à questão 1	66
Quadro 2 Respostas dos alunos à questão 2	67
Quadro 3 Respostas dos alunos à questão 3	69
Quadro 4 Respostas dos alunos à questão 4	70
Quadro 5 Respostas dos alunos à questão 5	71
Quadro 6 Respostas dos alunos à questão 6	72
Quadro 7 Respostas dos alunos à questão 7	73
Quadro 8 Respostas dos alunos à questão 8	74
Quadro 9 Respostas dos alunos à questão 9	75
Quadro 10 Respostas dos alunos à questão 10.	76
Quadro 11. Respostas dos grupos às questões da primeira atividade.....	78
Quadro 12. Respostas dos grupos às questões da segunda atividade	80
Quadro 13. Respostas dos grupos às questões da terceira atividade.....	81
Quadro 14. Respostas dos grupos às questões da quarta atividade.....	82
Quadro 15. Respostas dos grupos às questões da quinta atividade.....	84
Quadro 16. Respostas dos grupos às questões da sexta atividade.....	85
Quadro 17. Respostas dos grupos às questões da sétima atividade.....	86
Quadro 18. Respostas dos grupos às questões da oitava atividade.....	88

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEEP	Centro Estadual de Ensino Profissionalizante
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio
Eletric.	Eletricidade
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FPS	Funções Psicológicas Superiores
gf	Gramma(s)/força
Hidrod.	Hidrodinâmica
LDB	Lei das Diretrizes e Bases da educação nacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
QI	Quociente Intelectual
SD	Sequência Didática
SEDUC	Secretaria de Educação e Cultura do Piauí
SEMEC	Secretaria Municipal de Educação de Teresina
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
ZDP	Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
2. PRESSUPOSTOS DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL NA RELAÇÃO COM O ENSINO DE FÍSICA	20
2.1 REFLEXÕES SOBRE A TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL	20
2.1.1 A mediação e sua relevância no desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Física / Eletromagnetismo.....	25
2.2 UMA DISCUSSÃO SOBRE APRENDIZAGEM E DESENVOLVIMENTO COM DESTAQUE NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO	26
3 FUNDAMENTOS DO ELETROMAGNETISMO	29
3.1 BREVE HISTÓRICO DO ELETROMAGNETISMO.....	29
3.2 CARGA ELÉTRICA.....	31
3.3 CONDUTORES E ISOLANTES	33
3.4 LEI DE COULOMB.....	33
3.5 CAMPO ELÉTRICO	35
3.6 POTENCIAL ELÉTRICO E DIFERENÇA DE POTENCIAL ELÉTRICO.....	41
3.7 CORRENTE ELÉTRICA.....	43
3.8 RESISTÊNCIA ELÉTRICA E LEI DE OHM	44
3.9 POTÊNCIA ELÉTRICA	46
3.10 RESISTORES ASSOCIADOS EM SÉRIE	47
3.11 ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES EM PARALELO	48
3.12 LEIS DE KIRCHHOFF.....	49
3.13 CAPACITORES	50
4 METODOLOGIA	58
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	58
4.2 CAMPO EMPÍRICO DA PESQUISA	60
4.3 PARTICIPANTES DA PESQUISA.....	62
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE PRODUÇÃO DE DADOS.....	62
4.5 PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS	63
4.6 PRODUTO EDUCACIONAL.....	64
5 RESULTADOS	66
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90
REFERÊNCIAS	92

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	95
APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO	25
APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO (PRÉ-TESTE)	27

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Física passou por diversas mudanças nos últimos anos, com a formação de novos professores passou de uma fase em que era considerado apenas decoração de formulas para se tornar uma das mais importantes disciplinas da educação básica. No entanto, assim como outras disciplinas da grade curricular do Ensino Médio, seus objetivos nem sempre vem sendo cumpridos, uma ligeira pesquisa em trabalhos que avaliam a qualidade do ensino que é oferecido nas redes do ensino por todo o país, mostrara inúmeros relatos sobre a situação dos estudantes que concluíram o Ensino Médio e dos alunos que ainda estão por concluir que a expectativa quanto a aprendizagem em Física não foi e ainda não será satisfatória ao ponto de alcançar o objetivo proposto no PCN (Parâmetros Curriculares Nacionais). Geralmente o que ocorre é que o estudante absorve determinado conteúdo de Física de maneira momentânea e não de maneira a levar para o resto de sua vida.

Pela grande quantidade de conceitos, exemplos e aplicações que o aluno pode visualizar os conteúdos trabalhados em sala de aula, o ensino Física deveria ser um instrumento que despertaria no estudante um instinto investigativo, com uma grande dose de curiosidade científica, no entanto isso não vem ocorrendo por infinidade de motivos que vão desde o aluno não dominar conceitos básicos de linguagens, interpretação de textos e a matemática básica até a formação e a pratica docente dos professores de Física.

Os sistemas de ensino também possuem sua parcela de culpa nesse contexto, e a principal crítica que deve ser feita é que a Escola de Ensino Médio passou a educar com uma visão voltada para cidadania, porem com bastante ênfase na preparação para a aprovação nos vestibulares e ENEM (Exame Nacional do Ensino Médio) e conseqüentemente para o mercado de trabalho. Em virtude disso é notório, a grande ênfase na aplicação de modelos matemáticos e de memorização de formulas, o que vem tornando o ensino de Física cada vez mais abstrato contribuindo de forma significativa para uma visão errônea por parte dos alunos, que acreditam ser impossível aprender esses conhecimentos. (NASCIMENTO, 2010, p. 1819).

Esse tipo de prática docente gera cada vez mais no aluno a crença de que as Ciências, em especial as exatas, são o conhecimento muito distante para alcançarem, o que gera um grande desinteresse, Pozo e Crespo (2009) sugerem:

[...] a ciência deve ser ensinada como um saber histórico e provisório, tentando fazer com que os alunos participem, de algum modo, no processo de elaboração do conhecimento científico, com suas dúvidas e incertezas, e isso também requer deles uma forma de abordar o aprendizado como um processo construtivo, de busca de significados e de interpretação, em vez de reduzir a aprendizagem a um processo repetitivo ou de reprodução de conhecimentos pré-cozidos, prontos para o consumo (POZO; CRESPO, 2009, p. 21, grifo dos autores).

Na epígrafe acima os autores já sugerem uma mudança que poderá ser aplicada como forma a melhorar o ensino burocrático de Física. Nesse sentido, o professor buscar novas estratégias didáticas, com novas metodologias, de maneira que o aluno se sinta inserido como sujeito participante da construção e execução desse processo, o que favoreceria para que ele adquira uma visão diferente da Física, não se restringindo apenas a uma mera componente curricular do Ensino Médio, mas como uma ciência fundamental para a compreensão de sua visão de mundo.

Buscando oferecer uma alternativa para os professores de Física do Ensino Médio, especificamente na unidade de Eletromagnetismo, onde está localizado o conteúdo de circuitos elétricos, este trabalho tem como produto educacional um kit didático com atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos construídos com o objetivo de implementar atividades onde o aluno se torne o protagonista através da mediação do professor.

A escolha pelo tema se deu pela importância do conteúdo de circuitos elétricos, tanto no ambiente escolar, como na forma de oferecer um melhor tratamento para esse conteúdo, como na vida do estudante, uma vez que nos dias de hoje vivemos cercados de aparelhos elétricos e muitas vezes não sabemos se quer como é feita a ligação entre eles. Outro fator que justifica a escolha desse tema é que na maioria dos casos, sobretudo na rede pública de ensino, o professor não tem como contar com um laboratório com equipamentos adequados para uma aula experimental desse conteúdo. Esses roteiros com

atividades experimentais têm como objetivo buscar solucionar ou pelo menos reduzir o prejuízo da falta de um laboratório ou de um espaço propício para uma aula experimental, uma vez que essas atividades experimentais podem ser usadas em qualquer ambiente que disponha de uma mesa ou bancada, e ainda pode ser guardado para seu uso posteriormente.

Esta pesquisa foi aplicada quando as atividades já estavam voltando presencialmente durante a pandemia. Essa pandemia foi provocada por uma nova versão de um vírus já conhecido do mundo, o coronavírus, que já provocou outras doenças como a Síndrome Respiratória do Oriente Médio (MERS) e a Síndrome Respiratória Aguda Grave (SARS), essa nova versão do vírus descoberto na cidade de Wuham, na China, causa uma doença que foi denominada de COVID-19, uma doença altamente infecciosa e desconhecida dos médicos. Como o vírus se espalha principalmente de pessoa por pessoa quando alguém contaminado vem a tossir ou espirrar, foi necessário que se fizesse um isolamento social para que pessoas contaminadas não circulassem pelas cidades fazendo assim que muitos lugares onde antes existiam aglomerações de pessoas ficassem fechados como escolas, igrejas, cinemas, etc.

Diante do exposto, como proposta de organização do ensino em Física para se trabalhar os conceitos mencionados, construiu-se um produto educacional, tendo como base a Teoria Sócio-Histórico Cultural de Vygotsky. E para tanto, foi apresentado como problema desse estudo: a utilização de atividades experimentais no ensino de eletrodinâmica, na educação básica pode melhorar a qualidade do processo de ensino e aprendizagem?

Nesse sentido, para buscarmos a resposta para tal questionamento delimitamos como objetivo geral da pesquisa: Desenvolver atividades experimentais abordando o conteúdo de circuitos elétricos aplicáveis em uma turma de Ensino Médio. Dessa maneira os objetivos específicos propostos para a presente pesquisa são:

- Identificar o conhecimento prévio dos alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual de ensino no município de Teresina acerca do conceito de circuitos elétricos por meio de um questionário.

- Utilizar atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos como ferramenta didática mediadora no processo de ensino aprendizagem dos conceitos físicos relacionados a Eletrodinâmica.
- Analisar os significados produzidos pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio na aplicação do produto educacional envolvendo os conceitos de Eletrodinâmica mediado por atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos.

A pesquisa caracteriza-se como qualiquantitativa levando em consideração o aspecto da observação e dados coletados durante a sua aplicação. Quanto aos objetivos e procedimentos podemos dizer que se trata de uma pesquisa descritiva, tendo em vista que se pretende descrever o processo de ensino e aprendizagem em sala de aula, coletando dados com base nos alunos. Para um melhor delineamento do trabalho a pesquisa foi realizada por etapas.

Essa dissertação foi dividida em seis capítulos, sendo o capítulo 1, a introdução, onde indicamos o problema e os objetivos do estudo realizado.

No Capítulo 2 apresentamos a primeira parte do referencial teórico que sustenta essa pesquisa, o qual traz abordagens sobre os pressupostos da Teoria Histórico-cultural na relação com o ensino de Física, as dificuldades de aprendizagem dos alunos, as concepções alternativas presente no ensino de circuitos elétricos.

Continuando no Capítulo 3 abordamos os conteúdos de Física utilizado no desenvolvimento dos kits didáticos fazendo uma abordagem histórica e apresentando os conteúdos que fundamentam esse trabalho.

O Capítulo 4 descreve a metodologia usada para o desenvolvimento da pesquisa, abordando sua natureza e a forma de análise dos dados obtidos.

No Capítulo 5 consta a apresentação da análise dos dados coletados, através da aplicação do produto educacional a partir do instrumento de pesquisa utilizado.

O Capítulo 6 apresenta as considerações finais do presente trabalho.

2. PRESSUPOSTOS DA TEORIA SÓCIO-HISTÓRICO-CULTURAL NA RELAÇÃO COM O ENSINO DE FÍSICA

Na busca de um referencial teórico capaz de melhor justificar um sistema de referência que apresente melhoria para o ensino de Física sem implicar em condições ou recursos não existentes na maioria das escolas públicas como por exemplo: laboratórios sofisticados com tecnologia de primeira linha ou ainda equipamentos de alto custo. A teoria que atende a essa expectativa é a Sócio-Histórico-Cultural de Lev Vygotsky pois traz proposições que estão diretamente presentes no cotidiano das salas de aula tal como ela se apresenta na maioria das escolas, isto é, não necessita de grandes investimentos financeiros pois ela trata de uma quebra de paradigmas na maneira do professor de ensinar.

2.1 Reflexões sobre a Teoria Histórico-cultural

O homem se diferencia dos outros animais, entre outros aspectos, de não possuir apenas uma habilidade específica ao chegar na fase adulta, dessa forma ao chegar a essa fase o homem pode ter desenvolvido inúmeras habilidades, ou somente uma, ou até nenhuma dependendo muito da forma e do meio como foi conduzido o seu desenvolvimento.

Nessa perspectiva Vygotsky destaca a importância da atividade do homem influenciado por ascendência históricas e culturais e o papel da formação e desenvolvimento da *psique* humana. Em outras palavras o indivíduo é constituído por tudo que viveu e experienciou, por tudo aquilo que causou transformação em seu modo de agir, de pensar, de raciocinar e de relacionar-se com o meio social. Essas experiências são sempre mediadas, o indivíduo não se relaciona ou interfere no meio mas há sempre algo mediando essa relação, a mediação é um dos alicerces da Teoria Histórico-cultural.

“As relações dos homens com o mundo não são relações diretas, mas profundamente, relações mediadas. A transformação do mundo material, mediante o emprego de ferramentas, estabelece as condições da própria atividade humana e sua transformação qualitativa em consciência. A atividade do homem é pressuposto desta transformação e ao mesmo tempo o resultado dela.” (FICHTNER, 2010, p.16)

A mediação pode se dá de duas maneiras ou por meio de instrumentos (algo que pode ser usado para fazer alguma coisa) ou por meio de signos (algo que significa alguma coisa). Segundo Oliveira (1992, p. 26):

“Enquanto sujeito do conhecimento o homem não tem acesso direto aos objetos, mas um acesso mediado, isto é, feito através dos recortes do real operados pelos sistemas simbólicos que dispõe. O conceito de mediação inclui dois aspectos complementares. Por um lado refere-se ao processo de representação mental: a própria ideia de que o homem é capaz de operar mentalmente sobre o mundo supõe, necessariamente, a existência de algum tipo de conteúdo mental de natureza simbólica, isto é, que representa os objetos, situações e eventos do mundo real no universo psicológico do indivíduo. Essa capacidade de lidar com representações que substituem o real é que possibilita que o ser humano faça relações mentais na ausência dos referenciais concretos, imagine coisas jamais vivenciadas, faça planos para um tempo futuro, enfim, transcenda o espaço e o tempo presentes, libertando-se dos limites dados pelo mundo fisicamente perceptível e pelas ações motoras abertas. A operação com sistemas simbólicos – e o conseqüente desenvolvimento da abstração e da generalização – permite a realização de formas de pensamento que não seriam possíveis sem esse processo de representação e define o salto para os chamados processos psicológicos superiores, tipicamente humanos. O desenvolvimento da linguagem – sistema simbólico básico de todos os grupos humanos – representa, pois, um salto qualitativo na evolução da espécie e do indivíduo.”

Na perspectiva Vygotskyana o indivíduo não é a unidade de análise propriamente explícita com em outras teorias, seu enfoque principal está na interação social com sua análise na consonância entre indivíduo e contexto, ou seja, na interação entre eles. Rego (2007, p. 58) afirma que:

“O desenvolvimento está intimamente relacionado ao contexto sociocultural em que a pessoa se insere e se processa de forma dinâmica (e dialética) através de rupturas e desequilíbrios provocadores de contínuas reorganizações por parte do indivíduo.”

Segundo Moreira (1992, p.11):

“Uma definição de interação social implica em um mínimo de duas pessoas intercambiando informações (o par, ou díade, é o

menor microcosmo de interação social). Implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, a interação social supõe o envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em qualitativos como em quantitativos.”

Nessa visão a aprendizagem pode ocorrer em qualquer ambiente e a qualquer momento da vida social do indivíduo, ou seja, a interação é fundamental para o desenvolvimento cognitivo e linguístico do indivíduo.

Como consequência da interação social está a aquisição de signos, indícios, marcas ou sinais que tem como função ajudar a solucionar um determinado problema, são ferramentas psicológicas que provocam transformação nas pessoas. O indivíduo passa a adquirir o significado, socialmente compartilhado e daí começa a internalizar o signo. Nesse contexto a interação social tem papel fundamental, pois através dele que o indivíduo pode adquirir significados e verificar se esses significados são socialmente aceitos ou compartilhados.

Um exemplo de signos e talvez o mais importante para o desenvolvimento cognitivo da criança, é a linguagem, uma marca fundamental no desenvolvimento da criança:

O momento de maior significado no curso de desenvolvimento intelectual, se dá origem as formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem. Embora o uso de instrumentos, pela criança durante o período pré-verbal, seja comparável àquele dos macacos antropoides, assim que fala e o uso de signos são incorporados aquela ação, esta se transforma e se organiza ao longo de linhas inteiramente novas. Realiza-se, assim, o uso dos instrumentos especificamente humanos, indo além do uso possível de instrumentos, mais limitado, pelos animais superiores. (Vygotsky, 1988, p. 27).

Entende-se por inteligência prática aquela que se refere ao uso de instrumentos e por inteligência abstrata aquela que se utiliza de signos e sistemas de signos, tendo como principal exemplo a linguagem considerado o mais importante signo para o desenvolvimento cognitivo. Na teoria Histórico-cultural, fala egocêntrica da criança, é considerada a principal a primeira

demonstração da convergência entre inteligência prática e a inteligência abstrata, é um instrumento de organização de pensamento e de planejamento e solução de problemas externos.

Vygotsky define uma zona de desenvolvimento proximal ou zona de desenvolvimento imediata como sendo a distância entre o nível de desenvolvimento real do indivíduo e seu nível de desenvolvimento potencial. Como exemplo imagina-se uma criança que precisa resolver uma lista de problemas. Ela resolve essa lista de duas maneiras: primeiramente sozinha e depois resolve a mesma lista com a ajuda de um adulto. Comparando os dois scores obtidos chega-se à conclusão do nível de desenvolvimento das funções mentais que já foram estabelecidas pela criança, ou seja, dos ciclos de desenvolvimento já completados por ela. Conforme Rego (1996, p. 74):

O conceito de zona de desenvolvimento proximal é de extrema importância para as pesquisas do desenvolvimento infantil e para o plano educacional, justamente porque permite a compreensão da dinâmica interna do desenvolvimento individual. Através da consideração da zona de desenvolvimento proximal, é possível verificar não somente os ciclos já completados, como também os que estão em via de formação, o que permite o delineamento da competência da criança e de suas futuras conquistas, assim como na elaboração de estratégias pedagógicas que auxiliem nesse processo.

O método experimental usado por Vygotsky com crianças era feito em três etapas:

- 1) Na primeira a criança era submetida a uma sucessão de obstáculos perturbadores em meio ao caminho natural para a solução dos problemas.
- 2) São fornecidos diversos recursos para a solução de um problema que podem ser usados de diversas maneiras.
- 3) As crianças são colocadas para responder problemas com maior nível de dificuldade, até superior aos seus níveis de conhecimento e habilidade.

Vygotsky e seus colaboradores estudaram experimentalmente o processo de formação de conceitos em mais de trezentas pessoas crianças, adolescentes e adultos e concluíram que:

O desenvolvimento dos processos finalmente resultam na formação de conceitos, começa na fase mais precoce da infância, mas as funções intelectuais que, numa combinação específica, forma a base psicológica do processo de formação de conceitos amadurece, se configura e se desenvolve na puberdade. Antes dessa idade, encontramos determinadas formações intelectuais que realizam funções semelhantes aquelas dos verdadeiros conceitos, ainda para surgir. No que diz respeito à composição, estrutura e operação, esses equivalentes funcionais do conceito têm, para com os conceitos verdadeiros, uma relação semelhante à do embrião com organismo plenamente desenvolvido. (Vygotsky, 1987, p. 50).

O processo de elaboração de conceitos científicos evolui constantemente integrando novas significações aos objetos e fenômenos da realidade concreta. O desenvolvimento do pensamento passa por duas fases (pensamento sincrético, pensamento complexo) que resultam em uma terceira (pensamento conceitual). Na fase do pensamento sincrético, os indivíduos representam os objetos e fenômenos com base nas características mais facilmente percebíveis. Já na fase do pensamento por complexo os indivíduos armazenam os objetos por complexo em coleções ou cadeias de acordo com características semelhantes a todos eles. Finalmente na fase de formação de conceitos, essa tem por características ser afetada diretamente por diferentes condições e o aprendizado escolar é a força que impulsiona o desenvolvimento mental da criança. Para que isso ocorra existe um sistema hierarquizado do qual o conceito científico faz parte e que, por sua vez, pressupõe uma relação consciente e consentida entre sujeito e objeto do conhecimento. (MOREIRA, 1999, p.120).

A aprendizagem ocorre por intermédio da colaboração com o professor ou com alguém mais experiente, é o caminho mais simples que o aluno deve seguir para desenvolver os conceitos científicos. A colaboração se torna essencial na organização consciente de situações que favoreçam o desenvolvimento das funções psíquicas. O ensino se consuma quando alunos e professores compartilham significados. (MOREIRA, 1999, p.120).

O professor passa a ter papel essencial nesse processo, uma vez que atividades adequadamente organizadas resultam em desenvolvimento mental,

provocando uma dinâmica em várias funções e processos que possibilitam a transposição dos conceitos espontâneos em científicos.

O papel fundamental do professor como mediador na aquisição de significados contextualmente aceitos, o indispensável intercâmbio de significados entre professor e aluno dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, a origem social das funções mentais superiores, a linguagem, como o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, são muito mais importantes para ser levados em conta de ensino. (MOREIRA, 1999, p.120).

Nessa perspectiva o professor é o responsável de verificar se o significado que o aluno aprendeu pode ser compartilhado e o papel do aluno é verificar se o significado que ele aprendeu são aqueles que o professor pretendia que ele aprendesse e se são aqueles compartilhados no contexto da área de conhecimento em questão.

2.1.1 A mediação e sua relevância no desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Eletromagnetismo

A ênfase da teoria Vygotskyana está concentrada nas origens sociais do processo psicológicos superiores e na primazia dos processos em detrimento de produtos. Também atribui enorme importância ao papel da interação social no desenvolvimento do ser humano. Essa teoria assume muitas posições diferente das outras teorias da sua época e baseia-se em quatro pontos determinantes para sua compreensão: a mediação, a internalização do conhecimento, a zona de desenvolvimento proximal e a formação de conceitos. Todos esses pontos já foram apresentados anteriormente, nessa subseção será aprofundado um pouco da mediação no desenvolvimento de atividades experimentais no ensino de Física focando principalmente no Eletromagnetismo, especificamente no estudo dos circuitos elétricos.

Entende-se por mediação o processo onde existe um elemento intermediário que pode dispor de uma ferramenta auxiliar para a solução de algum conflito. Essa mediação se dá por meio do uso de instrumentos e signos. O instrumento é um elemento colocado entre o trabalhador e o objeto, e o uso desses objetos como mediadores da relação entre indivíduo e o mundo é uma especificidade do homem, já outros que outros animais não produzem esses

elementos com objetivo específico e nem guardam para uso futuro. (CARRARA, et al., 2004).

O signo também chamado por Vygotsky de instrumentos psicológicos são orientados para dentro do próprio sujeito, ou seja, está voltado para o controle das ações psicológicas. O signo auxilia em diversas situações que exige memória ou atenção. Podemos citar como exemplo, fazer uma lista de compras por escrito, utilizar mapas para encontrar um determinado local, entre outros. Dessa forma desse modo, essa mediação possibilitou um comportamento e ação motora mais controlada, e as ações psicológicas mais sofisticadas, menos impulsiva. E com passar do tempo, os indivíduos deixam de necessitar de meios externos (signos) e começam a internalizar situações e conhecimentos. (CARRARA, et al., 2004).

Dessa maneira, a mediação é o processo que intermedia o elo entre o sujeito e o objeto do trabalho. Trazendo a discussão para o ensino de Física no Ensino Médio e especificando para a unidade de Eletromagnetismo, o professor pode utilizar de elementos mediadores que busquem a transformação do objeto (aula). Neste sentido como exemplo para o caso de uma aula de circuitos elétricos, uma proposta de mediação seria o uso de atividades experimentais simples, proposta dessa investigação, usando pequenos circuitos construídos caseiramente mas que podem demonstrar todos os conceitos de Física ali representados, assim uma aula que poderia ser uma mera exposição de objetos abstratos se transforma em uma grande captação de signos. Um dos grandes desafios para o professor atualmente é buscar instrumentos de mediação que facilitem a transformação das aulas melhorando sempre o processo de ensino aprendizagem.

2.2 Uma discussão sobre aprendizagem e desenvolvimento com destaque no ensino de Eletromagnetismo

O desenvolvimento cognitivo e o comportamento humano estão interligados entre si à capacidade humana. A aprendizagem pode ocorrer não somente no ambiente escolar, mas em qualquer lugar e a qualquer momento da vida social de um indivíduo.

No entanto a escola é a principal instituição social para fazer cumprir o papel da educação. Segundo Vygotsky (1998) a educação proporcionada pela

escola é capaz de produzir o desenvolvimento do indivíduo e que os processos psíquicos construídos de forma planejada são, no quesito qualidade, superiores aqueles formados espontaneamente.

A aprendizagem, na Teoria Sócio-Histórico-cultural desenvolve-se pela internalização dos instrumentos constituídos na história social da sociedade como atividade intencional e individual. O conceito de atividade é o centro desta teoria, pois é através da atividade, que tem como elementos formadores o desejo, os motivos, a necessidade, o objetivo, as ações, e as operações, que o indivíduo se apropria das experiências socioculturais de seu ambiente (LEONTIEV, 1978). É um conjunto de ações entrelaçadas com vistas a um objetivo comum, onde para cada ação existe uma operação correspondente. Segundo CARVALHO, MATOS (2009, p. 175)

“Se a internalização é o caminho para o aprendizado e o desenvolvimento do indivíduo, então a educação escolar, ao desempenhar sua função social, deve criar condição de apropriação dos conhecimentos científicos que levem a internalização dos sistemas de representação da realidade (como a fala, a escrita e o sistema numérico), bem como de comportamentos sociais e do significado social atribuído aos fenômenos da realidade. Nesse sentido, a escola deve ser espaço intersubjetivo, no qual os alunos possam manter relações sociais que levem ao desenvolvimento intrapsicológico cada vez mais sofisticado, como pensamento categorial, por exemplo. Isso porque as conquistas individuais resultam de um processo compartilhado entre pessoas.”

No caso específico da física, chama-se a atenção para o ensino voltado para a troca de experiências entre os integrantes de uma classe (professores e alunos), baseado no diálogo, na participação coletiva, oportunizando aos alunos a exposição de suas ideias e contribuindo, dessa forma para a aprendizagem coletiva. As atividades de aprendizagem realizadas desta maneira priorizam a aquisição do conhecimento como um processo cognitivo e não mecânico. Esse, talvez, seja o maior problema no atual ensino da física, isto é, tem-se um ensino voltado para a simples transmissão dos conteúdos, no qual o professor assume a postura de ditador do conhecimento. Em oposição, o ensino pautado sobre os alicerces do diálogo caminha na direção da valorização da realidade histórico-cultural e social do educando. Ter a

dimensão da funcionalidade social do ensino parece ser tarefa desafiadora para os professores, que não costumam vê-lo sob esse prisma. (MOREIRA, 1999, p.122).

Outro ponto de relevância no ensino da física dentro da perspectiva de Vygotsky, voltado para o social, é a função da linguagem no desenvolvimento mediado. O contato dos alunos com os signos e símbolos relacionados ao seu meio favorece o processo de internalização dos conhecimentos. O professor que utiliza em suas práticas pedagógicas uma linguagem próxima a do contexto sociocultural dos seus alunos atingirá de maneira mais significativa os seus objetivos.

3 FUNDAMENTOS DO ELETROMAGNETISMO

3.1 Breve Histórico do eletromagnetismo

Os fenômenos elétricos e magnéticos são de grande relevância na vida moderna, pois estão presentes em praticamente todas as novas tecnologias como telefones celulares, computadores, aceleradores de partículas e até mesmo na medicina encontra-se aplicações práticas desses conceitos. Para dimensionar melhor essa importância acrescenta-se o fato de que as forças Inter atômicas e intermoleculares responsáveis pela formação de sólidos e líquidos serem de natureza elétrica.

Para fins didáticos é comum dividir o estudo do eletromagnetismo em três etapas: eletrostática (eletricidade em repouso), eletrodinâmica (eletricidade em movimento) e o magnetismo (fenômenos magnéticos). Para melhor compreender os fundamentos dessa unidade da física recorre-se a alguns fatos históricos que mostram a evolução dos conceitos que fundamentam o eletromagnetismo. A primeira observação de um fenômeno desse tipo é atribuída ao matemático e filósofo grego Tales de Mileto (640 – 546 a.C.), um dos sete sábios da Grécia Antiga, embora alguns documentos chineses sugiram que o magnetismo já era conhecido por volta de 2000 a.C. Tales observou que ao atritar uma resina fóssil (âmbar) em uma pele de animal a resina adquiria por algum tempo a propriedade de atrair pequenos e leves objetos. Em Grego a palavra usada para nomear a eletricidade é o *eléktron*, de onde surgem as palavras *elétron* e eletricidade. Ainda na Grécia, Teofrasto (372 – 288 a.C.) observou que minerais atritados também atraíam corpos leves, ou seja, esse não seria uma propriedade exclusiva do âmbar. Somente em 1550 o fenômeno do âmbar atritado seria diferenciado dos fenômenos magnéticos pelo matemático Girolamo Cardano (1501 – 1576).

Por volta de 1600, William Gilbert (1540 – 1603), médico da rainha da Inglaterra Elizabeth I, repetiu o experimento do âmbar, inclusive com outros materiais, mostrando uma série de substâncias com comportamento semelhante ao âmbar quando são atritados entre si. Em seu livro “De Magnete” ele apresenta aquela que seria sua grande descoberta, a conclusão de que a Terra seria um grande ímã permanente, razão pela qual as agulhas das bússolas se orientam na direção Norte-Sul.

Com o passar do tempo novas descobertas começaram a aparecer, por volta de 1729, o inglês Stephen Gray (1666 – 1736) descobre que a propriedade da atração e repulsão também pode ser transferida entre dois corpos por meio do contato entre eles. Em 1735 Charles François de Cisternay Du Fay (1698 – 1739) propôs a existência de dois tipos de eletricidade, a eletricidade vítrea e a eletricidade resinosa. É importante destacar que essa denominação surge de observações experimentais onde ele observa alguns materiais semelhantes ao vidro e a resina. Nas palavras de Du Fay (apud Assis, p. 101)

“Aí estão constantemente duas eletricidades de uma natureza totalmente diferente, a saber, a eletricidade dos corpos transparentes sólidos, como o vidro, o cristal etc., e a eletricidade dos corpos betuminosos e resinosos, como o âmbar, a goma-copal, a cera da Espanha etc. Uns e outros repelem os corpos que adquiriram uma eletricidade da mesma natureza que a deles e atraem, ao contrário, os corpos cuja eletricidade é de uma natureza diferente da deles.

[...] Portanto aí estão duas eletricidades bem demonstradas, e não posso me dispensar de lhes dar nomes diferentes para evitar a confusão dos termos, ou embaraços de definir a cada momento a eletricidade que desejo falar; portanto, chamarei uma de eletricidade vítrea e a outra de eletricidade resinosa, não que eu pense que somente existam os corpos da natureza do vidro que sejam dotados de uma [espécie de eletricidade], e as matérias resinosas de outra, pois já tenho fortes provas do contrário, mas [escolho esta denominação] porque o vidro e o copal foram as duas matérias que me deram os vínculos para descobrir as duas eletricidades diferentes.”

Nesse período existia uma grande influencia do iluminismo e as idéias mecanicistas davam o tom sobre cientistas, o que tornaria a ideia de explicar o eletromagnetismo por meio da mecânica dos fluidos um caminho mais compreensível, a eletrização de um corpo se daria quando o corpo tivesse excesso de um dos dois fluidos e neutro quando a quantidade desses dois fluidos fosse igual. No entanto outra teoria seria proposta, Benjamin Franklin (1706 – 1790) supõe que a eletricidade é um fluido único, construído de “partículas extremamente finas”. O excesso de eletricidade foi chamado de eletricidade positiva e a escassez de eletricidade foi chamado de eletricidade negativa. A quantidade de eletricidade de um corpo foi chamado de carga do corpo, Franklin também acreditava que a quantidade de carga do corpo seria conservada, ou

seja a eletricidade não podia ser criada e nem destruída, apenas transferida de um corpo para o outro. A teoria de dois fluidos e a teoria do fluido único foi um problema que dividiu o pensamento dos físicos até a descoberta do elétron.

A partir do século XIX os cientistas passam a trabalhar com os fenômenos elétricos e magnéticos lado a lado observando suas relações e implicações. Em 1820, Hans Oersted descobriu que a agulha magnética de uma bússola é desviada quando colocada próximo de uma corrente elétrica, estabelecendo assim a relação entre campo elétrico e campo magnético. Em 1831, Michael Faraday na Inglaterra mostra que quando uma espira de fio metálico se movimenta próximo a um ímã uma corrente elétrica é observada no fio. Em 1873, James Clerk Maxwell formula as leis do eletromagnetismo como são conhecidas até hoje, posteriormente Heinrich Hertz verificou as previsões de Maxwell quando produziu ondas eletromagnéticas em laboratórios, a partir desses avanços foram estabelecidas diversas descobertas e grandes aplicações práticas como rádio, televisão, sistemas de telefonia celular, Bluetooth e Wi-Fi. A vida do ser humano com certeza é diretamente afetada por essas descobertas que mostram que compreender os conceitos da Física é importante para estar em sincronia com o mundo moderno.

3.2 Carga elétrica

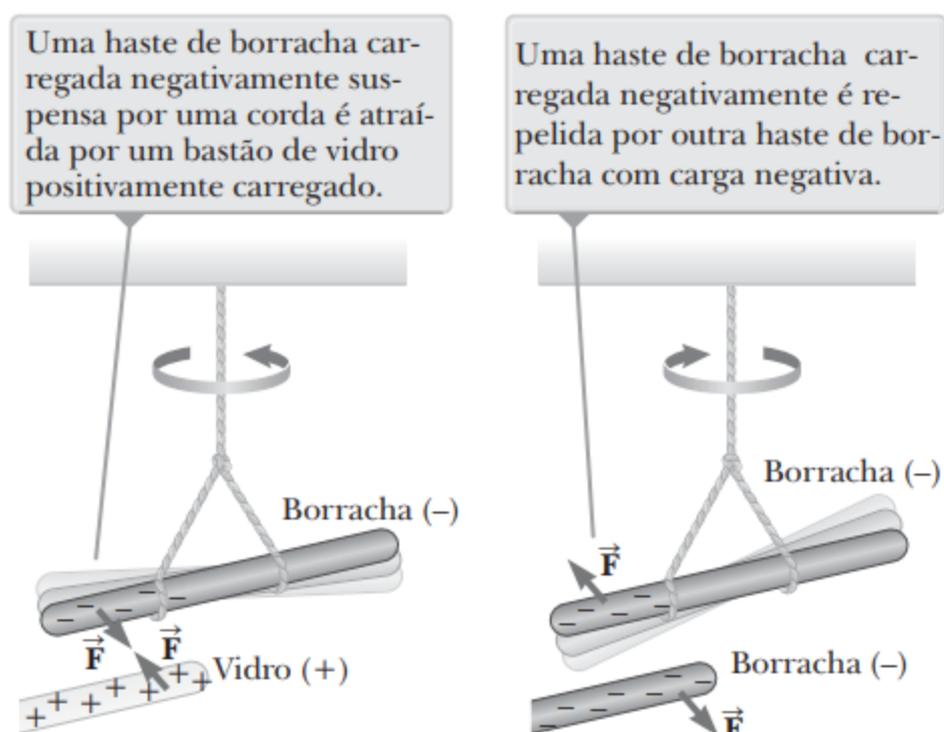
A carga elétrica é uma propriedade inerente das partículas que constituem a matéria ou é uma propriedade associada à própria existência das partículas (Halliday, Resnick e Walker, 1996, p.2). Vários pequenos exemplos cotidianos mostram a existência e o efeito das cargas elétricas como, por exemplo: passar o pente no cabelo em dias secos faz com que ele passe a atrair pequenos pedaços de papel. Outro exemplo também simples demonstra a existência de dois tipos de carga elétrica e pode ser feito da seguinte maneira:

1. Duas hastes de plástico serem atritadas em pelos de animais e serem suspensas cada uma em uma corda.
2. Um bastão de vidro atritado em um tecido de seda.

Quando o bastão de vidro atritado com a seda for colocado próximo das hastes de plástico observa-se que eles se atraem. Quando as hastes de plástico forem aproximadas será observado que elas se repelem mutuamente, o mesmo valeria se forem aproximados dois bastões de vidro atritados com seda, ou seja, o plástico e o vidro adquirem diferentes tipos de eletricidade. Essas observações fazem concluir que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e de sinais contrários se atraem. Na figura 1 é ilustrada a situação descrita.

A carga elétrica total de um sistema isolado é sempre conservada, quando dois objetos inicialmente neutros são atritados e passam a se atrair significa que um certo número de elétrons foi transferido de um objeto para o outro. A quantização da carga elétrica é obtida por múltiplos da carga elementar, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$, isso porque a carga total de um corpo deve ser um número inteiro do excesso ou falta de elétrons do corpo.

Figura 1 Experimento sobre cargas elétricas.



Fonte: Serway (2014)

3.3 Condutores e isolantes

O movimento de cargas elétricas de um local para o outro dentro do mesmo corpo é chamado de condução elétrica e as substâncias são classificadas de acordo com essa característica em:

- I. Condutores: materiais que possuem elétrons livres, que não estão ligados aos átomos, ou seja, que podem se mover livremente pelo material. Por exemplo: cobre, alumínio, prata, etc.
- II. Isolantes: são materiais em que todos os elétrons estão ligados aos átomos e não podem, portanto, se mover por esse material. Por exemplo: vidro, borracha, madeira, etc.
- III. Semicondutores: são materiais com características de condutores e isolantes, cargas podem se mover, mas não com a mesma liberdade de um condutor e também não estão presas como nos isolantes. Por exemplo: silício, germânio e outros.

3.4 Lei de Coulomb

Atração e repulsão entre objetos carregados são fenômenos de natureza elétrica explicados e demonstrados quantitativamente por Charles Augustin Coulomb usando uma balança de torção, que ele mesmo desenvolveu. Coulomb então afirmou que a força elétrica entre duas esferas carregadas é proporcional ao inverso do quadrado da distância r entre elas, ou seja, $F \propto \frac{1}{r^2}$. E estabeleceu também que a força F de atração ou repulsão é proporcional ao produto das cargas de cada esfera, portanto, $F \propto |q_1| \cdot |q_2|$.

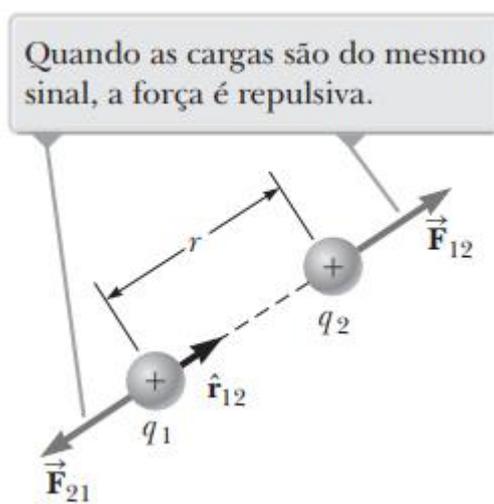
Assim, a Lei de Coulomb foi enunciada, como

$$F = k_0 \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \quad (1)$$

Em que $K_0 = 8,9876 \cdot 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$ é a constante eletrostática e pode ser escrita como: $K_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ em que $\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ C}^2 / \text{N} \cdot \text{m}^2$

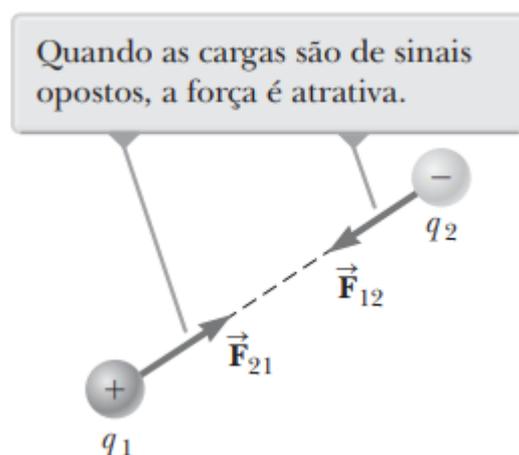
Como a força é uma grandeza vetorial a Lei de Coulomb também deve ser tratada como tal, no entanto nesse trabalho trataremos apenas de seu caráter escalar, sendo que seu caráter vetorial é mostrado na Figura 2 e 3.

Figura 2 Força de repulsão.



Fonte: Serway (2014)

Figura 3. Força de atração



Fonte: Serway (2014)

Para mais de duas cargas vale o princípio da superposição, onde a força resultante é a soma vetorial dos pares de força entre as cargas.

3.5 Campo elétrico

Na natureza as forças são classificadas em dois tipos: as forças de campo e as forças de contato. As forças de contato, como o próprio nome já diz, exige que exista um contato físico entre os dois corpos envolvidos na ação. No caso das forças de campo esse contato pode não existir sem afetar a ação dessas forças na interação entre os objetos envolvidos, elas podem agir no espaço entre eles, estabelecendo assim um conceito de campo, onde essas forças tem influência. Como exemplo pode-se citar o campo gravitacional e o campo elétrico.

Define-se então o campo elétrico como sendo a região do espaço sob influência de um objeto carregado, a carga elétrica desse objeto será chamada de carga fonte e a carga que sofrera a ação desse campo, que vai verificar a sua existência será chamado de carga teste. Em uma região do espaço o vetor campo elétrico \mathbf{E} é definido como a razão entre a intensidade da força elétrica F e uma carga positiva q_0 colocada nesse ponto.

$$E = \frac{F}{q_0} \quad (2)$$

A unidade no SI para a intensidade do vetor campo elétrico é o N/C (Newton/Coulomb). A direção do campo elétrico \mathbf{E} é a mesma do vetor força elétrica \mathbf{F} que está agindo sobre a carga teste q , como observado na figura, o campo elétrico E é gerado pela carga (ou distribuição de carga) no objeto carregado (carga fonte), ou seja, a carga teste serve para verificar a existência do campo elétrico naquele ponto onde foi fixada.

Sabendo que da intensidade do campo elétrico naquele ponto, o valor da força elétrica pode ser calculado na relação:

$$F = q_0 \cdot E \quad (3)$$

Considerando uma carga pontual q a uma distância r da carga teste q_0 , a Lei de Coulomb estabelece que a força exercida sobre a partícula teste pela carga q é:

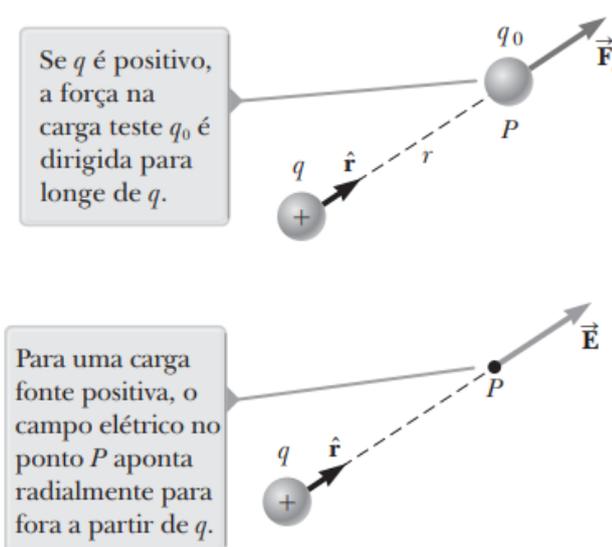
$$F = k_0 \frac{|q||q_0|}{r^2} \quad (4)$$

Comparando as equações (3) e (5) determina-se que o campo elétrico criado pela carga q no ponto P (posição da carga teste) é dado por:

$$E = k_0 \frac{|q|}{r^2} \quad (5)$$

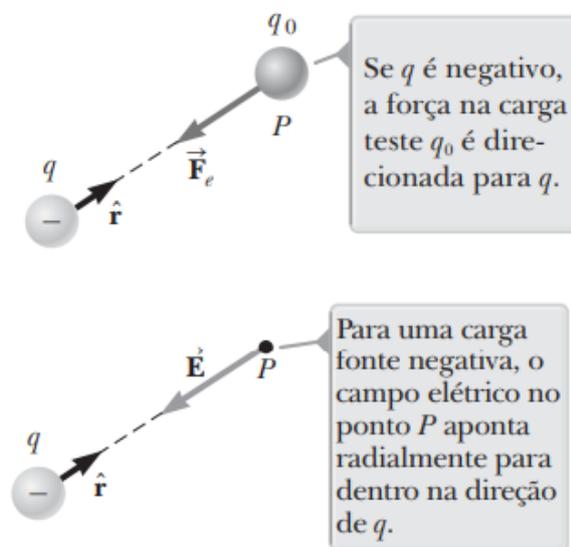
Nas figuras 4 e 5 são mostradas as direções da força elétrica e do campo elétrico quando a carga é positiva ou negativa respectivamente.

Figura 4 Força elétrica e campo elétrico para uma carga fonte positiva



Fonte: Serway (2014)

Figura 5 Força elétrica e campo elétrico para uma carga fonte negativa



Fonte: Serway (2014)

Quando no ponto onde a carga teste for colocada sofrer influência de mais de uma carga fonte, o campo elétrico resultante naquele ponto será a soma vetorial de todos os campos elétricos gerados por cada carga fonte naquele ponto. Portanto, o campo elétrico no ponto gerado por um grupo de cargas fonte é expresso por:

$$E = k_0 \frac{\sum_i |q_i|}{r^2} \quad (6)$$

A representação gráfica do campo elétrico é feita por meio de linhas desenhadas que mostram a direção do vetor campo elétrico em qualquer ponto. Essas linhas são chamadas de linhas de campo elétrico, e se relacionam com o campo da seguinte forma:

- O vetor campo elétrico E será sempre tangente a linha de campo elétrico em cada ponto.
- O número de linhas do campo elétrico por unidade de área através de uma superfície que é perpendicular as linhas é proporcional ao módulo do campo elétrico na região, ou seja, o campo elétrico é mais intenso quando as linhas de campo

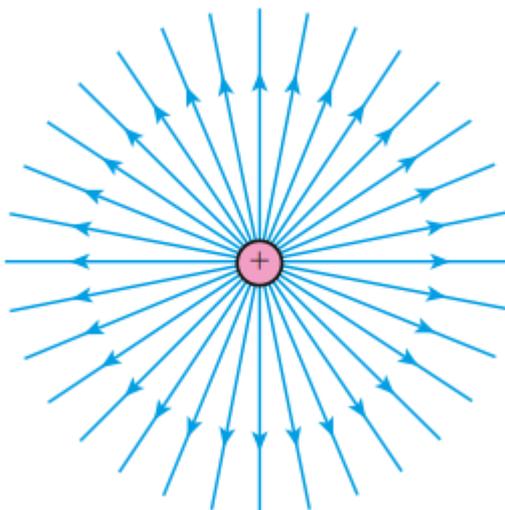
estão mais próximas umas das outras e menos intenso quando elas estão longe umas das outras.

Nas próximas figuras são demonstradas as linhas de campo para uma carga puntiforme, percebe-se que no caso de uma carga teste for aproximada da carga positiva essa será logo repelida, como é demonstrada pelas linhas de campo. O inverso ocorre quando a carga teste for aproximada da carga negativa, dessa vez será logo atraída pela carga fonte como é indicado pelo formato das linhas de campo para esse tipo de carga. As regras para o desenho podem ser resumidas da seguinte maneira:

- I. O número de linhas desenhadas deixando a carga positiva ou se aproximando da carga negativa é proporcional ao modulo da carga.
- II. Duas linhas de campo não podem se cruzar.

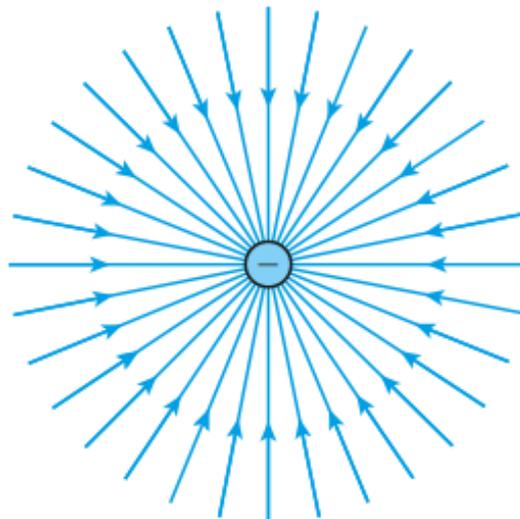
Nas figuras 6,7,8,9,10,11 são mostradas as linhas de campo elétrico para algumas distribuições de cargas elétricas positivas e negativas.

Figura 6 Linhas de Campo para uma carga puntiforme positiva



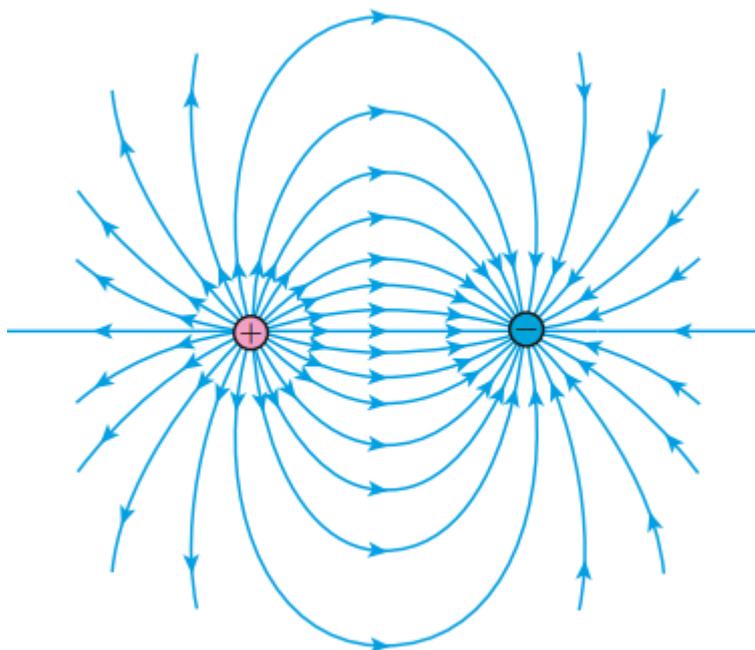
Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

Figura 7 Linhas de Campo para uma carga puntiforme negativa



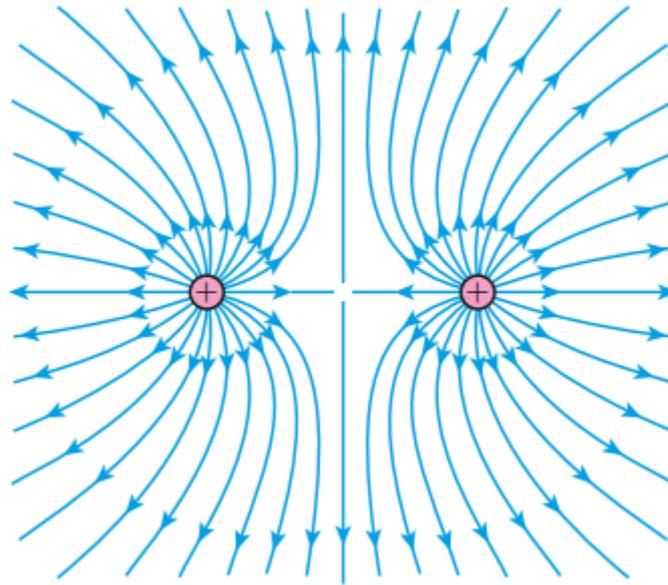
Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

Figura 8 Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais diferentes e módulos iguais.



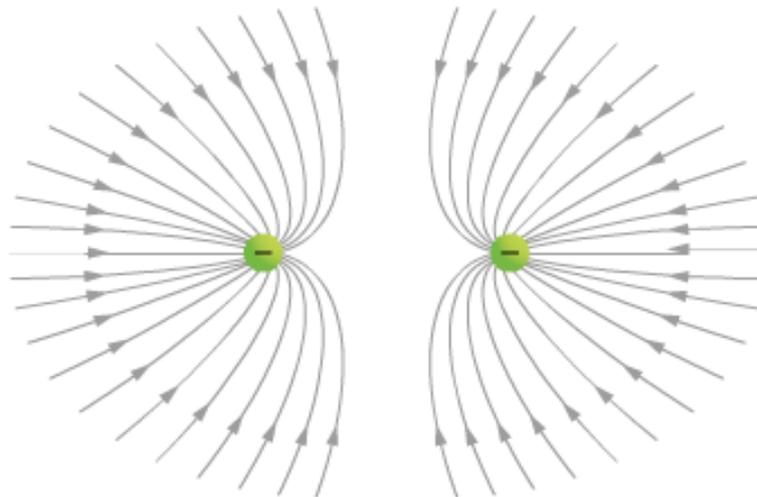
Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

Figura 9 Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos iguais



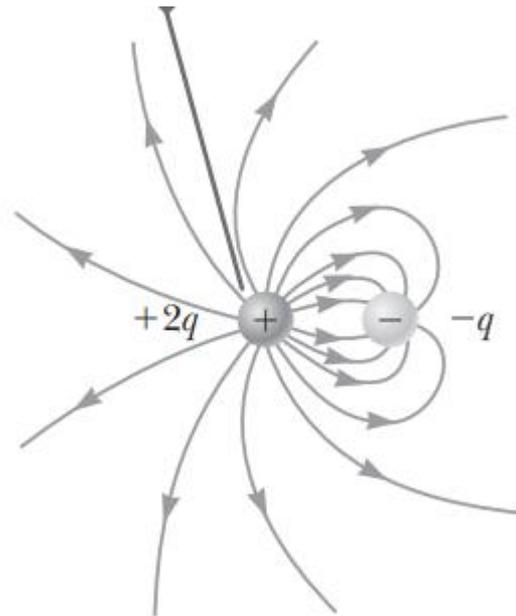
Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

Figura 10 Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos iguais.



Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

Figura 11 Linhas de campo para duas cargas elétricas com sinais e módulos diferentes.



Fonte: Serway (2014)

3.6 Potencial elétrico e diferença de potencial elétrico

A força de natureza elétrica descrita pela Lei de Coulomb é conservativa, quando a carga é deslocada dentro do campo elétrico, por algum agente externo, o trabalho realizado pelo campo elétrico sobre a carga tem o mesmo valor em módulo do trabalho realizado pelo agente externo que deslocou a carga. O deslocamento de uma carga elétrica dentro de um campo elétrico poderá ser retilíneo ou curvilíneo e a integral calculada ao longo do caminho é chamada de integral de caminho ou integral de linha. Quando uma carga q_0 está submetida em um campo elétrico, o trabalho realizado no sistema carga-campo pelo campo elétrico sobre a carga será:

$$W_{int} = F_e \cdot ds = q_0 \cdot E \cdot ds \quad (7)$$

E a variação da energia potencial desse sistema fica sendo:

$$\Delta U = U_B - U_A = -q_0 \cdot \int_A^B E \cdot ds \quad (8)$$

Em uma determinada posição a energia potencial $U = 0$, dividindo a energia potencial, a razão entre a energia potencial elétrica e a carga teste representa o potencial elétrico V , uma grandeza física escalar que depende apenas da distribuição de cargas e tem um valor em cada ponto do campo elétrico, pode ser representado da seguinte forma:

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (9)$$

Outra grandeza de bastante relevância nesse estudo é a diferença de potencial entre dois pontos do campo elétrico definido como a variação na energia potencial desse sistema quando uma carga teste q_0 é deslocada entre os pontos divididos por essa carga:

$$\Delta U = V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q_0} = - \int_A^B E \cdot ds \quad (10)$$

A unidade no SI para o potencial elétrico e conseqüentemente para a diferença de potencial elétrico é J/C, definida como Volt (V). Logo $1V = 1J/C$, ou seja, 1J é o trabalho realizado para que uma carga de 1C seja deslocada através de uma diferença de potencial de 1V. A diferença de potencial também define a unidade de campo elétrico em Volts/metro, ou seja, $1 N/C = 1 V/m$.

Para uma carga pontual geradora de um campo elétrico que aponta para fora do objeto carregado, no caso das cargas positivas, o potencial elétrico começa a ser definido por:

$$V_B - V_A = \frac{\Delta U}{q_0} = - \int_A^B E \cdot ds \quad (11)$$

Usando a expressão de campo elétrico para uma carga puntiforme chega-se a:

$$E \cdot ds = K_0 \frac{|q_0|}{r^2} r \cdot ds \quad (12)$$

O módulo de $\mathbf{r} = 1$ e o produto escalar $\mathbf{r} \cdot d\mathbf{s} = ds \cdot \cos\theta = dr$, então:

$$V_B - V_A = -K_0 \cdot q \cdot \int_{r_A}^{r_B} \frac{1}{r^2} dr = K_0 \frac{q}{r_B} - K_0 \frac{q}{r_A} = K_0 q \left(\frac{1}{r_B} - \frac{1}{r_A} \right) \quad (13)$$

Escolhendo $V = 0$ e r_A no infinito, o potencial elétrico estabelecido por uma carga pontual fica sendo:

$$V = K_0 \frac{q}{r} \quad (14)$$

Seguindo assim o potencial elétrico para um conjunto de cargas pontuais em um ponto é dado pelo somatório dos potenciais de cada carga:

$$E = K_0 \sum \frac{q}{r} \quad (15)$$

3.7 Corrente elétrica

O movimento ordenado dos portadores de carga elétrica provocado por uma diferença de potencial elétrico é chamado de corrente elétrica. Se uma carga dq passa pelo condutor em determinado intervalo de tempo dt , a corrente elétrica i é definida por:

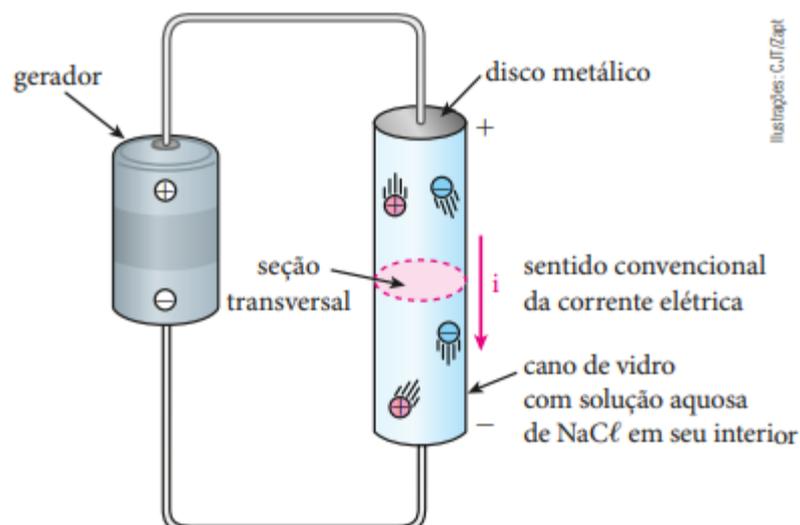
$$i = \frac{dq}{dt} \quad (16)$$

A unidade no SI é o Coulomb(C) por segundo(s) que representa o Ampere(A), portanto: $1A = 1 \frac{C}{s}$.

Os portadores de carga são elétrons, partículas com carga negativa, ou seja, usando uma pilha como exemplo, o movimento dessas cargas seria então deixando o polo negativo em direção ao polo positivo. No entanto, foi convencionalizado o contrário, o movimento dos portadores de carga ocorrendo

saindo do polo positivo e chegando ao polo negativo. Um experimento simples pode demonstrar essa convenção, consiste em um cano de vidro com solução de NaCl (cloreto de sódio) e com as extremidades fechadas com discos metálicos que são ligados aos terminais de uma pilha com fios também metálicos. Quando o cloreto de sódio é dissolvido em água, na solução irão aparecer íons livres positivos e negativos. O que será observado vai ser que os íons positivos se deslocam no sentido dos potenciais decrescentes e os íons negativos no sentido dos potenciais crescentes, ou seja, o sentido convencional para a corrente elétrica coincide com o sentido do movimento das cargas positivas, sendo oposto ao sentido do movimento das cargas negativas.

Figura 12 Sentido convencional da corrente elétrica



Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

3.8 Resistência elétrica e Lei de Ohm

Quando uma diferença de potencial é aplicada em dois materiais diferentes os resultados são bem distintos, isso mostra que cada material possui uma reação particular durante a passagem da corrente elétrica. Essa particularidade é chamada de resistência elétrica R do condutor. Como a diferença de potencial é proporcional a corrente elétrica i , $\Delta V \propto i$, essa proporcionalidade é representada por:

$$\Delta V = R \cdot i \quad (17)$$

E a resistência elétrica por:

$$R = \frac{\Delta V}{i} \quad (18)$$

A unidade no SI para a resistência elétrica é o Volt(V) por Ampere(A) que representa o Ohm(Ω), então $1.\Omega = 1.\frac{V}{A}$. Portanto, se uma diferença de potencial de 1V for aplicada e ela produzir uma corrente de 1A, a resistência elétrica do condutor será de 1Ω . São usados os submúltiplos:

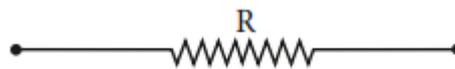
$$m\Omega = 10^{-3}\Omega, \text{ miliohm}$$

$$\mu\Omega = 10^{-6}\Omega, \text{ microohm}$$

$$n\Omega = 10^{-9}\Omega, \text{ nanoohm}$$

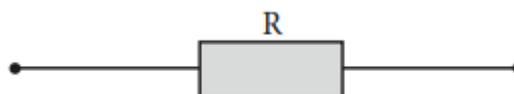
Para introduzir uma resistência em um circuito elétrico simples é usado um resistor, elemento que possui uma resistência específica, e que tem como função converter energia elétrica em energia térmica (calor). O símbolo do resistor usando em esquemas de circuitos elétricos são mostrados nas figuras 13 e 14:

Figura 13 Símbolo do Resistor



Fonte: Arquivo do autor, 2022

Figura 14 Outro símbolo do Resistor



Fonte: Arquivo do autor, 2022

Em muitos materiais, por exemplo os metais, a resistência é constante para muitos valores de tensões aplicadas. Nesse caso os condutores seguem a Lei de Ohm e passam a serem chamados de condutores ôhmicos.

A resistência R de um condutor homogêneo também pode ser calculada em função das propriedades geométricas do condutor (comprimento por área) por meio da relação:

$$R = \rho \frac{l}{A} \quad (19)$$

Onde a constante de proporcionalidade ρ é chamada de resistividade do material e tem unidade ohm metro ($\Omega.m$).

O inverso da resistividade define a condutividade σ e a resistividade passa a ser expressa por:

$$R = \rho \frac{l}{\sigma A} \quad (20)$$

3.9 Potência Elétrica

Quando uma fonte é ligada a um circuito elétrico estabelecendo nele uma corrente elétrica há uma transformação contínua de energia, que nos elétrons será de energia cinética para energia interna resultando inclusive no aumento de temperatura desse condutor. A queda de energia potencial elétrica de um sistema conforme a carga Q circular por um resistor será:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d(QV)}{dt} = \frac{dq.dV}{dt} = i. \Delta V \quad (21)$$

O que foi perdido de energia potencial elétrica do sistema quando a carga passou pelo resistor será ganho como energia interna no próprio resistor, ou seja, a potência representa a proporção na qual a energia é transmitida para o resistor e será expressa na relação:

$$P = i \cdot \Delta V \quad (22)$$

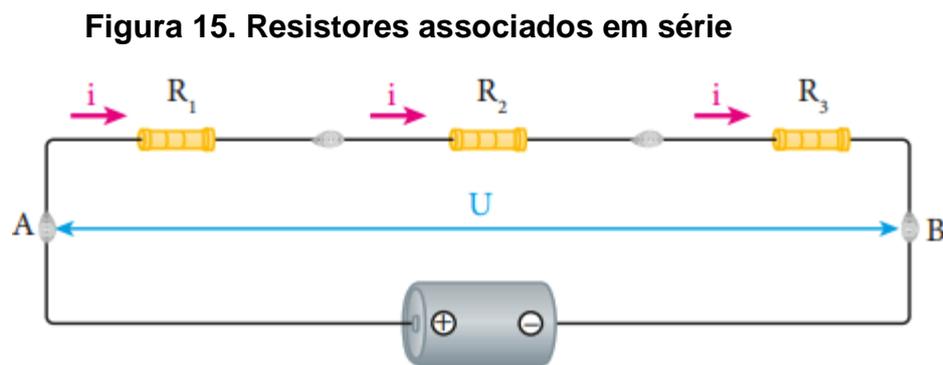
Usando a equação 18 obtém-se:

$$P = i^2 \cdot R = \frac{\Delta V^2}{R} \quad (23)$$

A unidade no SI para a potência elétrica é o Watt (W).

3.10 Resistores Associados em série

Dois ou mais resistores estarão ligados em série quando os terminais de um estarão de um estiverem ligados nos terminais do outro e assim sucessivamente, fazendo com que a corrente possa circular por todo o circuito sem que precise se dividir como é mostrando na figura 15:



Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

A corrente elétrica i será a mesma que passara em todos os componentes do circuito:

$$i_1 = i_2 = i_3 = i \quad (24)$$

A diferença de potencial da fonte será distribuída entre as resistências:

$$\Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 = \Delta V \quad (25)$$

Usando as equações 24 e 25 calcula-se a resistência equivalente:

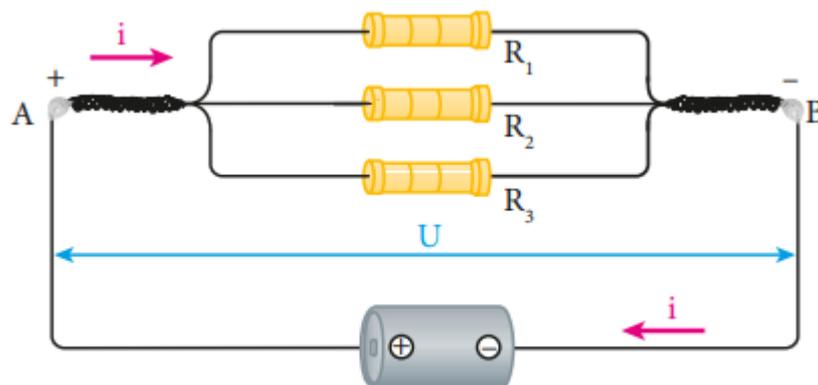
$$\begin{aligned} \Delta V &= \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3 \\ i \cdot R_E &= i \cdot R_1 + i \cdot R_2 + i \cdot R_3 \\ i \cdot R_E &= i \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \\ R_E &= R_1 + R_2 + R_3 \end{aligned} \quad (26)$$

O valor do resistor equivalente aplicado no circuito assegura as mesmas características do circuito, ou seja, ele pode substituir todos os elementos da associação sem prejuízo de corrente ou potência dos seus elementos.

3.11 Associação de Resistores em paralelo

Dois ou mais resistores estarão ligados em paralelo, quando de alguma maneira todos os componentes estiverem ligados na mesma diferença de potencial ΔV da fonte que alimenta o circuito, como é mostrado na figura 16:

Figura 16 Associação de resistores em paralelo



Fonte: Hellou; Gualter; Newton (2016)

A corrente elétrica gerada na fonte será distribuída entre os elementos da associação:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (27)$$

A diferença de potencial ΔV da fonte será a mesma dos elementos da associação:

$$\Delta V = \Delta V_1 = \Delta V_2 = \Delta V_3 \quad (28)$$

Usando as equações 27 e 28, calcula-se a resistência equivalente:

$$i = i_1 + i_2 + i_3$$

$$\frac{\Delta V}{R_e} = \frac{\Delta V_1}{R_1} + \frac{\Delta V_2}{R_2} + \frac{\Delta V_3}{R_3}$$

$$\frac{\Delta V}{R_e} = \frac{\Delta V}{R_1} + \frac{\Delta V}{R_2} + \frac{\Delta V}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (29)$$

Para dois resistores pode-se usar:

$$R_e = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (30)$$

3.12 Leis de Kirchhoff

Em circuitos elétricos mais complexos as definições para ligações em série e em paralelo podem não ser suficiente para determinar responder todas as perguntas que venham a ser feitas a respeito das propriedades do circuito. Para analisar casos como este são usadas as chamadas Leis de Kirchhoff com as seguintes definições:

1. Lei dos nós: em qualquer nó em um circuito elétrico, a corrente total que entra no nó deve ser igual à corrente total que sai do nó

2. Lei das malhas: a soma de todas as diferenças de potencial dos elementos em torno de qualquer circuito fechado (malha) deverá ser zero

A primeira Lei de Kirchhoff é uma reafirmação do princípio de conservação das cargas elétricas, todas as cargas que entram em determinado ponto, chamado de nó, saíram desse ponto com o mesmo valor estabelecendo assim a conservação das cargas elétricas.

No caso da segunda Lei de Kirchhoff, é reproduzida o princípio da conservação da energia, quando a carga se movimenta dentro do circuito o sistema carga-circuito deve ter a mesma energia total que tinha antes do movimento dessa carga. Conforme a carga passar por alguns elementos do circuito e sua energia aumentara em alguns desses dispositivos, esse aumento será compensado por uma diminuição na mesma taxa do aumento de energia em outro dispositivo do circuito sempre obedecendo a Lei da Conservação da Energia.

3.13 Capacitores

Os capacitores geralmente são elementos dos circuitos responsáveis por armazenando das cargas elétricas, geralmente são constituídos de dois condutores de qualquer tamanho, estabelecendo uma diferença de potencial entre eles e considerando que eles com cargas de sinais contrários, quando a diferença de potencial for cessada entre eles continuarão carregados e dessa forma podemos dizer que o capacitor armazenou carga.

A diferença de potencial ΔV no capacitor é o modulo da diferença de potencial entre os dois condutores, seu valor é diretamente proporcional a carga Q no capacitor, essa carga também é o modulo da carga em qualquer um dos condutores. Dessa maneira a razão $Q / \Delta V$ será sempre positiva e constante e é chamada de capacitância, definida por:

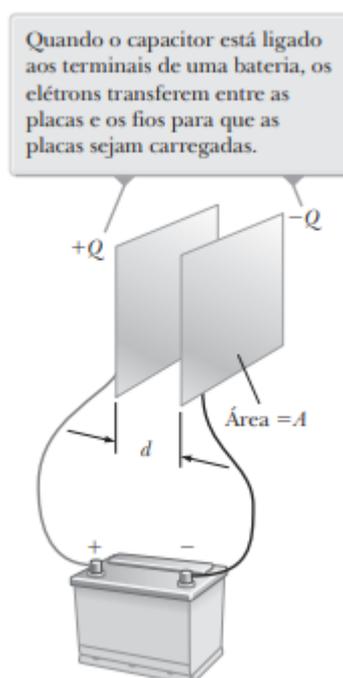
$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (31)$$

Assim a capacitância terá unidade no SI como sendo coulombs por volt, definida como Farad (F) em homenagem ao grande Fisica Michael Faraday. Assim como a carga, o farad é uma unidade muito grande de capacitância, em geral os capacitores mais usados no mercado terão capacitância na faixa de microfarads (10^{-6}F) e picofarads (10^{-12}F). Outra maneira de determinar a capacitância é através da geometria do condutor, considerando um capacitor esférico de raio R e carga Q , como o potencial da esfera é $k_e Q/R$, a capacitância da esfera será:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{\frac{k_0 Q}{R}} = \frac{R}{k_0} = 4\pi\epsilon_0 R \quad (32)$$

Outro tipo de capacitor bastante usado é o capacitor de placas paralelas, que é formado por duas placas paralelas de área A separadas por uma distância d , como mostra a figura 17:

Figura 17 Capacitor de placas paralelas



Fonte: Serway (2014)

O modulo do campo elétrico entre as cargas será dado por:

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0 A} \quad (33)$$

O campo elétrico é uniforme, então a diferença de potencial no capacitor pode ser encontrada pela fórmula:

$$\Delta V = E \cdot d = \frac{Q \cdot d}{\epsilon_0 A} \quad (34)$$

Dessa maneira a capacitância será dada por:

$$C = \frac{Q}{\Delta V} = \frac{Q}{Q \cdot d / \epsilon_0 \cdot A} = \frac{\epsilon_0 \cdot A}{d} \quad (35)$$

Ou seja, a capacitância do capacitor de placas paralelas é proporcional a área das placas e inversamente proporcional a distância que separa essas placas. O trabalho necessário para transferir uma pequena porção de carga dq de uma placa para outra será dada por:

$$dW = \Delta V \cdot dq = \frac{q}{C} dq \quad (36)$$

Assim o trabalho necessário para carregar de $q = 0$ até uma carga final $q = Q$ será:

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{Q^2}{2C} \quad (37)$$

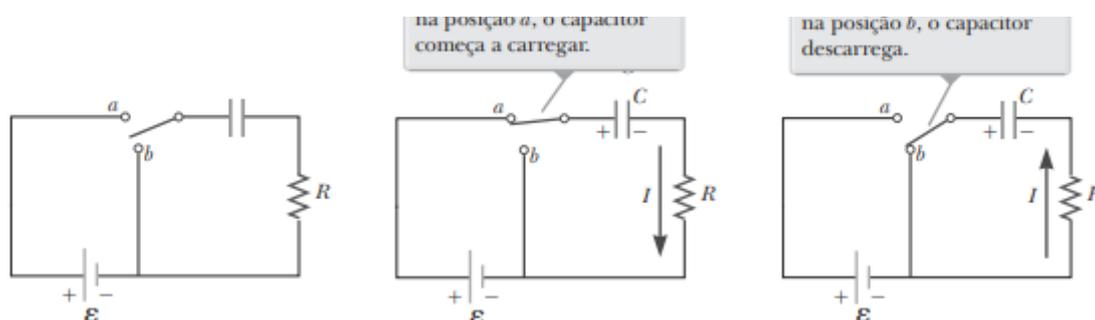
O trabalho realizado pelo agente externo para a carregar o capacitor aparece como energia potencial U armazenada nele, e pode ser expressa na seguinte relação:

$$U = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} Q \cdot \Delta V = \frac{1}{2} Q \cdot \Delta V^2 \quad (38)$$

Essa relação vale para todos os tipos de capacitores, não importando a sua forma geométrica. Em geral essa energia que pode ser armazenada é limitada pois sempre vai haver uma descarga entre as placas do capacitor quando o valor de ΔV for máximo.

Um tipo de circuito bastante usado é o RC que usa um capacitor e um resistor ligados em serie com uma diferença de potencial. Como mostrado na figura 18, quando a chave é ligada na posição a o capacitor começa seu processo de carga. Durante esse processo a carga é transferida entre cada placa do capacitor devido ao campo elétrico estabelecido pela bateria até que o capacitor esteja totalmente carregado. Quando a carga máxima for atingida, a corrente no circuito será zero, pois a diferença de potencial no capacitor é equivalente a fornecida pela bateria.

Figura 18. Carga do capacitor



Fonte: Serway (2014)

Aplicando a Lei de Kirchhoff ao circuito quando a chave for colocada na posição a, encontraremos a fórmula:

$$\epsilon - \frac{q}{C} - i.R = 0 \quad (39)$$

Onde q/C é a diferença de potencial no capacitor e iR a diferença de potencial no resistor. Quando a chave é colocada na posição a, ou seja, em $t=0$ a carga no capacitor é igual a zero, então a corrente no circuito será dada por:

$$i = \frac{\epsilon}{R}. \quad (40)$$

Nesse instante também a diferença de potencial da bateria aparece totalmente no resistor, quando o capacitor estiver carregado a carga Q deixa de fluir, a corrente elétrica zera e a diferença de potencial dos terminais da bateria aparecerá nos terminais do capacitor. A carga máxima no capacitor será dada por:

$$Q = C \cdot \epsilon \quad (41)$$

Para determinar o tempo de carga e a corrente elétrica devemos resolver a equação diferencial abaixo, sabendo que a corrente elétrica em um circuito em série é a mesma para todos os componentes, então teremos:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\epsilon}{R} - \frac{q}{RC} \quad (42)$$

Como se trata de uma equação com variáveis separáveis, podemos proceder da seguinte forma:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{C\epsilon}{RC} - \frac{q}{RC} = -\frac{q - C\epsilon}{RC} \quad (43)$$

Multiplicando toda a equação por dt e dividindo por q – Cε:

$$\frac{q - C\epsilon}{RC} = -\frac{1}{RC} dt \quad (44)$$

Integrando essa expressão usando q = 0 em t = 0.

$$\int_0^q \frac{dq}{q - C\epsilon} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \quad (45)$$

Que resulta em:

$$\ln\left(\frac{q-C\epsilon}{-C\epsilon}\right) \quad (46)$$

Aplicando a definição de logaritmo, a expressão pode ser escrita como sendo:

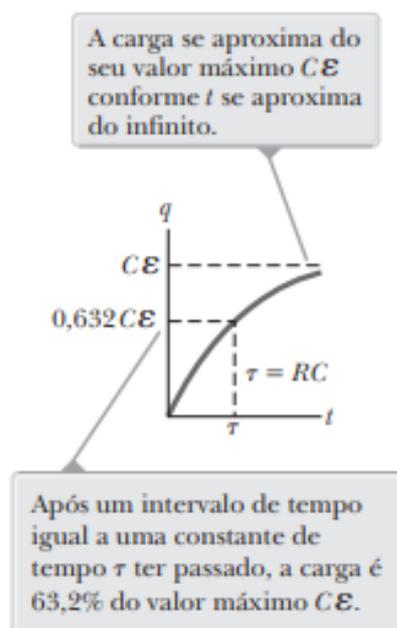
$$q(t) = C\epsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) = Q\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (47)$$

A corrente elétrica será calculada pela definição:

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{\epsilon}{R} e^{-t/RC} \quad (48)$$

A representação gráfica da carga do capacitor é apresentada na figura 19:

Figura 19. Representação gráfica da carga do capacitor.



Fonte: Serway (2014)

Pelo resultado das equações é possível observar que a carga será zero em $t = 0$ e se aproxima do seu valor máximo $C \cdot \epsilon$ quando $t \rightarrow \infty$. A corrente elétrica é máxima em $t = 0$ e diminui exponencialmente a zero, conforme $t \rightarrow \infty$. O valor RC que aparece no expoente tem dimensão de tempo e é chamada de constante de tempo τ do circuito:

$$\tau = R \cdot C \quad (49)$$

Em relação a energia fornecida pela bateria durante o tempo de carga do capacitor será de $C\epsilon^2$, depois do capacitor carregado a energia armazenada passa a ser $0,5 \cdot C\epsilon^2$, que equivale a apenas metade da energia fornecida pela bateria.

Com o capacitor totalmente carregado, há uma diferença de potencial Q/C no capacitor e uma diferença de potencial zero no resistor. Ligando a chave na posição b, figura 00, o capacitor começa a descarregar através do resistor. Em algum instante a corrente no circuito será i e a carga do capacitor será q . Aplicando a Lei de Kirchhoff obteremos a seguinte relação:

$$-\frac{q}{C} - i \cdot R = 0 \quad (50)$$

Substituindo i por dq/dt , teremos:

$$-\frac{q}{C} - \frac{dq}{dt} R = 0 \quad (51)$$

Resolvendo a equação obteremos:

$$\begin{aligned} -R \frac{dq}{dt} &= \frac{q}{C} \rightarrow \frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC} \rightarrow \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} dt \rightarrow \int_Q^q \frac{dq}{q} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt \rightarrow \\ &\rightarrow \ln\left(\frac{q}{Q}\right) = -\frac{t}{RC} \rightarrow q(t) = Qe^{-t/RC} \end{aligned} \quad (52)$$

Calculando a corrente, usando a derivada, obtemos:

$$i = \frac{dq}{dt} = -\frac{Q}{RC} e^{-t/RC} \quad (53)$$

Em que $\frac{Q}{RC}$ é a corrente inicial, o sinal negativo indica que o sentido da corrente é inverso no descarregamento em relação ao carregamento. O tempo de descarga também diminui exponencialmente de acordo com a constante de tempo $\tau = RC$. Dessa forma podemos dizer que os tempos de carga e descarga do capacitor apresentam semelhanças que os tornam processos importantes para o ensino de Física em todos os níveis de ensino. Cabe ao professor saber como trabalhar esses conceitos durante as suas aulas.

4 METODOLOGIA

Encontrar uma definição satisfatória para a pesquisa, os substantivos e os verbos mais comuns em definições dadas por vários autores levam a ideia de que a pesquisa é um processo de estudo que consiste na busca de saberes ou compreensões acerca de um fenômeno, problema ou questão de realidade ou presente na literatura o que desperta o interesse do pesquisador. Segundo Gil (2007, p. 17), a pesquisa é definida como o

(...) procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa desenvolve-se por um processo constituído de várias fases, desde a formulação do problema até a apresentação e discussão dos resultados.

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

4.1 Caracterização da Pesquisa

Para analisar de maneira completa um problema e buscar solução completa para ele, deve-se lançar um olhar significativo em todos os aspectos para o qual e buscar todas as formas possíveis de resolvê-lo. Em relação à pesquisa pode-se lançar esse olhar de duas maneiras distintas: uma delas é o olhar qualitativo, onde o pesquisador busca compreender o porquê das coisas, exprimindo o que convém a ser feito, os dados analisados não são métricos e se valem de diferentes abordagens; outro olhar é o quantitativo, onde o pesquisador deve analisar dados que foram coletados no campo de pesquisa onde o pesquisador realizou seu trabalho. Como relatado por Fonseca (2002, p. 20)

“Diferentemente da pesquisa qualitativa, os resultados da pesquisa quantitativa podem ser quantificados. Como as amostras geralmente são grandes e consideradas

representativas da população, os resultados são tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenómeno, as relações entre variáveis, etc. A utilização conjunta da pesquisa qualitativa e quantitativa permite recolher mais informações do que se poderia conseguir isoladamente.”

Neste trabalho será abordada a pesquisa de cunho qualitativo, pois serão abordados e analisados aplicações de conceitos da física buscando compreender como está sua aplicação em um determinado grupo de escola da rede estadual de ensino do Piauí. Essa análise será sempre motivada em explicar as razões pela qual tais conceitos são trabalhados daquela maneira, e observará sempre a metodologia aplicada pelo professor em questão. Também faremos uma abordagem quantitativa, pois alguns dados numéricos precisarão ser analisados, o que faz a nossa abordagem ser de natureza quali-quantitativa.

De acordo com Silva e Meneses (2005) a pesquisa qualitativa possui uma particularidade por considerar que existe uma dinamicidade entre o mundo e o sujeito, ou seja, esse vínculo é algo que não se separa entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Assim sendo, ao se trabalhar com esse tipo de pesquisa a interpretação e o desenvolvimento das variáveis pesquisadas será no ambiente natural da pesquisa e não por métodos estatísticos, pois nessa coleta de dados o pesquisador é o principal instrumento do processo. De acordo também com Minayo (2010) a pesquisa qualitativa trabalha com o um infinito de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço maior das relações dos processos e fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização das variáveis que estão sendo analisadas.

É preciso destacar também que nesse tipo de pesquisa todas as pessoas que participam são consideradas sujeitos que elaboram conhecimentos e produzem práticas adequadas para interagir e intervir nos problemas que identificam. Dessa maneira é preciso considerar que os pesquisados possuem conhecimento prático e significações produzidas que formam uma concepção de vida que orientam suas ações individuais.

4.2 Campo Empírico da Pesquisa

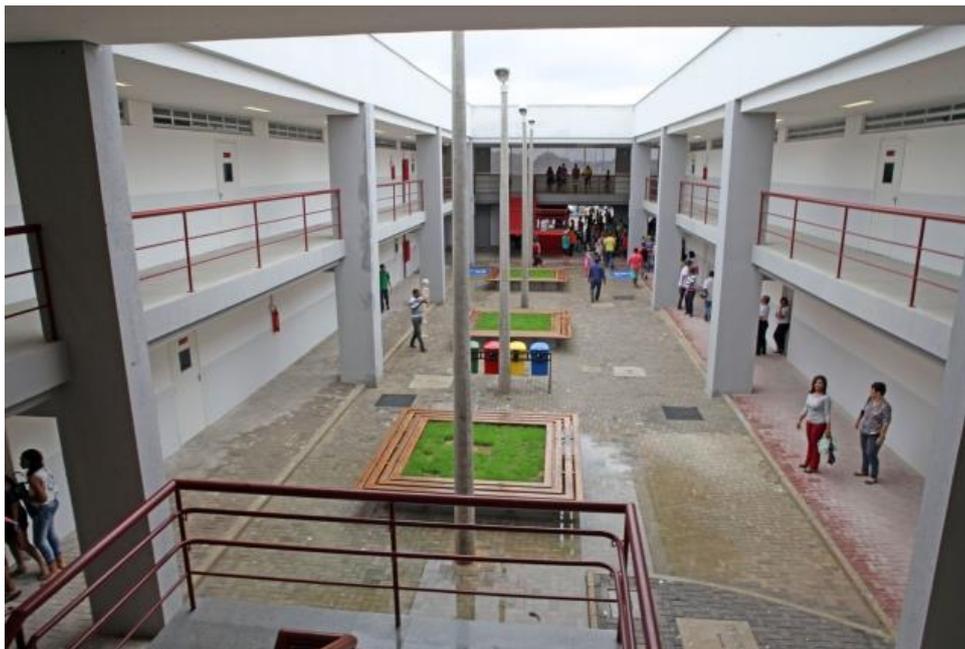
A pesquisa foi realizada no Centro Estadual de Educação Profissional (CEEP) José Pacifico de Moura Neto (**Figuras 20, 21 e 22**), localizado na zona Sudeste do Município de Teresina. A escola faz parte de um projeto de ensino que alia o ensino técnico profissionalizante com o ensino médio regular de maneira concomitante, que foi desenvolvido pelo governo federal em parceria com os estados.

Figura 20. Vista frontal do CEEP José Pacifico de Moura Neto



Fonte: arquivos do Autor, 2022.

Figura 21. Patio Central do CEEP José Pacifico de Moura Neto



Fonte: arquivos do autor, 2022

Figura 22. Instalações do CEEP José Pacífico de Moura Neto



Fonte: arquivos do autor, 2022.

O CEEP José Pacifico de Moura Neto, situado na região Sudeste de Teresina, capital do estado do Piauí, é uma Escola de Educação Profissional vinculado à Secretaria do Estado da Educação e Cultura do Piauí. Foi fundado em 2017 e funciona nos três turnos: manhã, tarde e noite, oferecendo ensino médio integrado ao técnico durante os três turnos. Possui cerca de 60 professores que formam seu corpo docente e 1400 alunos que forma, seu corpo discente. Em relação ao seu espaço físico possui 12 salas de aula, 2 laboratórios de informática, 1 laboratório de Física, 1 laboratório de Química, 1 laboratório de Matemática, 1 laboratório de Biologia, além dos laboratórios para os cursos das áreas de saúde, produção e tecnologia. Os alunos moram próximos da escola, em bairros vizinhos e também na zona rural sudeste, estes são atendidos pelo transporte escolar que os ajuda a chegar até a escola. Importante destacar que os laboratórios de Física, Química e Biologia não possuem equipamentos necessários para aulas práticas, para fazer uma aula pratica é preciso que o professor adquira matérias necessários para a sua aula.

4.3 Participantes da Pesquisa

Os sujeitos participantes dessa pesquisa foram alunos de uma turma da 1ª série do Ensino Médio integrado ao técnico. A pesquisa foi desenvolvida no segundo semestre de 2021 em uma turma reduzida de 30 alunos. Como amostra, tivemos inicialmente um total de 18 alunos sendo 16 do sexo masculino e 2 do sexo feminino, apresentando uma faixa etária média entre 14 e 16 anos. Eles foram orientados a assinar Termo de Consentimento e Adesão, para participar como colaborador da pesquisa de Mestrado em Ensino de Física (APÊNDICE B).

4.4 Técnicas e Instrumentos de Produção de Dados

Para a realização desta pesquisa foram utilizados como instrumentos de coleta de dados dois questionários, Marconi e Lakatos (2003) mostram na sua obra que existem vários procedimentos que podem ser utilizados para a realização da coleta de dados no desenvolvimento de uma pesquisa, os quais variam de acordo com o tipo de trabalho que se deseja desenvolver. Dessa maneira foram realizados os seguintes procedimentos:

- Questionário 1 (Pré-Teste): utilizado para traçar o perfil e os conhecimentos prévios dos alunos;
- Questionário 2 (Pós-Teste): utilizado para a avaliação da aplicação das atividades experimentais, e assim, identificar possíveis elementos reveladores de sua aprendizagem, por parte dos alunos, no desenvolvimento de situações-problema acerca da função linear.

Ao trabalhar com uso de questionário como instrumento deve-se seguir algumas normas, pois as mesmas são necessárias para aumentar a eficácia e validade do instrumento. Assim, para elaborar um questionário de pesquisa é necessário levar em consideração os tipos de perguntas, as quais podem ser abertas ou fechadas, bem como também o número de questões, tendo em vista que o mesmo não pode ser nem muito curto e nem muito longo, pois pode causar desinteresse quando muito longo ou ainda não oferecer as informações desejadas quando muito curto (MARCONI e LAKATOS, 2003, p. 202). Além dos questionários, também usamos como instrumento as observações realizadas durante o desenvolvimento da atividade, pois Gil (2008) afirma que ela é um elemento fundamental para a pesquisa, tal importância pode ser evidenciada em virtude de que a observação proporciona a vantagem de que os fatos podem ser percebidos sem a necessidade de intermediação.

4.5 Procedimentos de Análise de Dados

A análise de dados é o momento mais importante de uma investigação por conta das inúmeras implicações que os dados coletados podem produzir e pelas inúmeras interpretações que se podem obter através da leitura desses tópicos. Esse momento consiste, pois, na realização de um conjunto de ações, tais como: classificar, categorizar, compilar os dados, descrevê-los, analisá-los e chegar às conclusões a respeito da hipótese levantada no início, seja para confirmá-la, seja para refutá-la.

Segundo Tozoni-Reis (2009) a análise de conteúdo é a técnica mais indicada para a análise de dados em pesquisa documental. No entanto, também tem sido utilizada em outras modalidades, como a pesquisa de campo.

Apresenta, portanto, diversas possibilidades metodológicas. A Análise do Conteúdo é definida por Bardin (2011, p. 35) como “um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens”. Chizzotti (2008) considera esse formato de análise como um método de tratamento e análise de informações, colhidas por meio de técnicas de produção de dados, consubstanciadas em um documento. A técnica se aplica à análise de textos escritos ou de qualquer comunicação (oral, visual, gestual) reduzida a um texto ou documento.

Nesse sentido, a técnica usada neste trabalho será a Análise de Conteúdo por categorias (análise categorial). De acordo com Bardin (2011, p. 153), a análise categorial funciona por operações de desmembramento do texto em unidades, em categorias segundo reagrupamentos analógicos. Nesse sentido, seguindo as orientações de Bardin (2011), acerca da sequência metodológica para a organização da Análise de Conteúdo, e de posse dos dados selecionados, o plano de análise dos dados seguirá as seguintes etapas: etapa pré-analítica (organização do material a ser estudado); etapa analítica (estudo do material, da codificação, classificação e categorização); etapa da interpretação inferencial (reflexões que possibilitaram o estabelecimento de relações com a realidade pesquisada, realizando-se as inferências necessárias).

4.6 Produto Educacional

Neste trabalho, sequências didáticas foram elaboradas com atividades experimentais relacionadas à eletrodinâmica, utilizando-se para isto, circuitos elétricos e elementos básicos de eletrônica tais como baterias, resistores e capacitores. As montagens destes circuitos também foram instruídas para que os alunos executassem. Para isto, foram disponibilizadas placas *protoboard* e elementos básicos de eletrônica tais como baterias, resistores e capacitores.

As propriedades elétricas dos elementos que compõem estes circuitos foram assim estudadas experimentalmente. A análise de dados para melhor compreensão destes dispositivos elétricos e suas propriedades foram realizadas.

Como resultado, estas sequências didáticas compuseram o produto educacional deste trabalho, vislumbrando-se o processo de ensino e de

aprendizagem em eletrodinâmica de melhor qualidade. Este produto foi desenvolvido em quatorze aulas de 50min, em sete encontros, cada sendo que a primeira delas foi dedicada a aplicação do questionário pré-teste e as demais com intervalos de uma semana entre cada uma para a aplicação das sequencias didáticas.

5 RESULTADOS

A análise dos dados em relação a aplicação desta pesquisa foi possível devido à aplicação de um questionário pré-teste composto por 10 (dez) questões, sendo 8 (oito) delas do tipo abertas, isto é, para respostas subjetivas, e 2 (duas) delas do tipo fechadas, com respostas objetivas. Com este questionário, objetivamos fazer um diagnóstico inicial acerca dos conhecimentos dos alunos sobre eletrodinâmica procurando saber seus conhecimentos em relação a esta unidade de ensino.

Questão 01. O que você entende por corrente elétrica?

Quadro 1 Respostas dos alunos à questão 01

Grupos	Aluno (a)	Resposta	%
I Associam corrente elétrica ao movimento de energia.	A1	Movimento de energia	50
	A2	Energia mudando de um lado para o outro.	
	A3	Energia se transferindo	
	A4	Energia passando	
	A5	Energia se movimentando	
	A6	Passagem da energia	
	A7	Energia em movimento	
	A8	Representa o movimento da energia	
	A9	É mesmo que energia do circuito	
II Associam corrente elétrica ao movimento de elétrons.	A10	Elétrons passando	
	A11	Movimento de elétrons	
	A12	Passagem de elétrons	
	A13	São os elétrons se movimentando	
	A14	São os elétrons transportando energia	
III Associam corrente elétrica ao movimento de cargas elétricas.	A15	São as cargas se movimentando para levar a energia	
	A16	São as pequenas cargas em movimento.	

		A17	São os elementos de carga se movimentando.	
		A18	São os portadores de carga se movimentando	

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Em relação a esta questão é possível afirmar que os estudantes confundem o conceito de corrente elétrica com o conceito de energia, uma vez que muitos deles afirmam que a corrente elétrica ser energia em movimento, ou seja, na concepção deles energia e corrente elétrica são conceitos semelhantes. Para essa questão é importante afirmar que os estudantes possuem a noção de que a corrente elétrica é algo em movimento, o que não pode ser algo negativo uma vez que aproxima um pouco do conceito de corrente elétrica aceito atualmente.

Questão 02. O que significa ddp e qual a sua função em um circuito elétrico?

Quadro 2 Respostas dos alunos à questão 2

Grupos		Aluno (a)	Resposta
I	Acredita que a ddp forneça energia para o circuito.	A1	Diferença de potencial elétrico, transformar energia.
		A2	Diferença de potencial, produzir energia.
		A3	Diferença de potencial, dar energia.
		A4	Diferença de potencial, trabalhar a energia.
		A5	Diferença de potencial, trazer energia para o circuito.
		A6	Diferença de potencial, fornecer energia para o circuito.

		A7	Diferença de potencial, produzir a energia.
II	Acredita que a ddp produz corrente elétrica	A8	Diferença de potencial elétrico, fazer a corrente elétrica.
		A9	Diferença de potencial elétrico, fornecer corrente elétrica.
		A10	Diferença de potencial, trabalhar a energia.
		A11	Diferença de potencial elétrico, dar energia.
		A12	Diferença de potencial, dar força para a energia fluir.
		A13	Diferença de potencial, fornecer energia para o circuito.
		A14	Diferença de potencial elétrico, produzir a energia para a corrente.
III	Acredita que a ddp produz força elétrica	A15	Diferença de potencial, dar a força para a corrente andar pelo circuito.
		A16	Diferença de potencial, produzir força.
		A17	Diferença de potencial, fornecer força.
		A18	Diferença de potencial, produzir a força do circuito.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Nessa questão podemos perceber que os alunos conhecem o significado da sigla ddp (100%), diferença de potencial elétrico, porém, desconhecem sua função em um circuito elétrico. As respostas dos alunos para a segunda parte da questão apresentadas na tabela 2, mostram que 38,9%

acreditam que a ddp forneça energia para o circuito, 38,9% acreditam que a ddp forneça corrente para o circuito e 22,2% acreditam que a ddp produz força elétrica. Apesar de suas respostas se aproximarem da verdadeira função da ddp nos circuitos elétricos é possível ver que eles confundem o conceito de energia com o conceito de corrente elétrica.

Questão 03. Quais dispositivos produzem uma diferença de potencial elétrico (ddp) em um circuito elétrico?

Quadro 3 Respostas dos alunos à questão 3.

Agrupamento (respostas equivalentes)	Aluno (a)	Resposta
I Todas as respostas foram equivalentes	A1	Pilhas e baterias.
	A2	Pilhas e baterias.
	A3	Pilhas e baterias.
	A4	Pilhas e baterias.
	A5	Pilhas e baterias.
	A6	Pilhas e baterias.
	A7	Pilhas e baterias.
	A8	Pilhas e baterias.
	A9	Pilhas e baterias.
	A10	Pilhas e baterias.
	A11	Pilhas e baterias.
	A12	Pilhas e baterias.
	A13	Pilhas e baterias.
	A14	Pilhas, baterias e outros.
	A15	Pilhas, baterias e outros.
	A16	Pilhas, baterias e outros.
	A17	Pilhas, baterias e outros.
	A18	Pilhas, baterias e outros.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Na resolução dessa questão os alunos mostraram que sabem que pilhas e baterias, que aparecem em todas as respostas, são dispositivos que

produzem ddp para um circuito elétrico. Uma pequena parte dos alunos (27,8%) acrescentou que existem “outros” o que pode nos fazer concluir que eles acreditam existir mais formas de fornecer ddp para um circuito elétrico.

Questão 04). Qual a função de um resistor em um circuito elétrico?

Quadro 4 Respostas dos alunos à questão 4.

Grupos	Aluno (a)	Resposta
I	A1	Impedir a corrente de circular
	A2	Atrapalhar a corrente
	A3	Não deixar a corrente passar
	A4	Gastar energia
	A5	Não deixar a corrente livre
	A6	Fazer a corrente não passar
	A7	Oferecer dificuldade a corrente em sua passagem
	A8	Dificultar a passagem da corrente
	A9	Não deixar a corrente passar no circuito
	A10	Dificultar a passagem da corrente elétrica
	A11	Não deixar a energia fluir livremente.
	A12	Não deixar a corrente passar e a energia poder circular no circuito.
II	A13	Transformar energia
	A14	Transformar a corrente elétrica em energia.
	A15	Transportar energia
	A16	Gastar energia
	A17	Transformar energia

		A18	Fazer com que a energia possa ser encontrada
--	--	-----	----------------------------------------------

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Para essa questão os alunos do grupo I (66,7%) entendem o resistor como sendo um elemento que atrapalha a fluidez da corrente elétrica dentro do circuito. A outra parte dos alunos (33,3%) acredita que a função do resistor esteja relacionada com a energia, embora as respostas não sejam muito explicativas para demonstrar essa relação.

Questão 05. Qual o valor da corrente elétrica para um circuito com uma ddp de 20V e resistência de 1kΩ?

Quadro 5 Respostas dos alunos à questão 5.

Grupos		Aluno (a)	Resposta
I	Conseguiram chegar ao resultado correto.	A1	20mA
		A2	20mA
		A3	20mA
		A4	20mA
		A5	20mA
		A6	20mA
		A7	20mA
		A8	20mA
		A9	20mA
		A10	20mA
		A11	20mA
		A12	20mA
II	Não conseguiram chegar ao resultado correto.	A13	200mA
		A14	0,200mA
		A15	2mA

	A16	2000mA
	A17	200mA
	A18	2000mA

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Nesta questão em que os alunos usariam a formalização matemática da Lei de Ohm, observa-se que em sua maioria (66,7%) eles conseguiram chegar ao resultado correto (20mA), aplicando corretamente a Lei de Ohm e trabalhando corretamente com os submúltiplos. Os demais alunos (33,3%) aplicaram a Lei do Ohm corretamente, mas não souberam trabalhar com os submúltiplos.

Questão 06. Quando dois resistores estão em um circuito ligados em série, como podemos avaliar o valor da resistência equivalente?

Quadro 6 Respostas dos alunos à questão 6.

Grupos	Aluno (a)	Resposta
I Todas as respostas são equivalentes	A1	Através dos seus valores
	A2	Somando os resistores
	A3	Calculando a soma dos resistores
	A4	Somando os resistores
	A5	Através da soma dos resistores
	A6	Calculando cada resistor
	A7	Somando os valores dos resistores
	A8	Fazendo a soma dos resistores
	A9	Adicionando cada resistor
	A10	Calculando a soma de todos os resistores
	A11	Somando os resistores
	A12	Calculando todos os resistores
	A13	Fazendo a soma de cada resistor
	A14	Somando os resistores com seus valores

	A15	Calculando a soma de cada resistor
	A16	Através de cada resistor e somando eles
	A17	Calculando a soma de cada resistor
	A18	Através dos valores dos resistores somados

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Na resolução dessa questão os alunos os alunos mostraram que sabem que para calcular o resistor equivalente para a associação de resistores em série é preciso somar as resistências de todos os resistores envolvidos na associação. É possível perceber que todos os alunos possuem a noção correta de como calcular a resistência equivalente mas tiveram dificuldade em expressá-la na pesquisa.

Questão 07. Quando dois resistores estão em um circuito ligados em paralelo, como podemos avaliar o valor da resistência equivalente?

Quadro 7 Respostas dos alunos à questão 7.

Grupos	Aluno (a)	Resposta
I Buscam a formula direta com a multiplicação dividida pela soma das suas resistências.	A1	Multiplicando e dividindo os resistores
	A2	Dividindo a soma pela multiplicação dos resistores
	A3	Através da formula dividindo a soma pela multiplicação dos resistores
	A4	Dividindo os resistores pela sua soma
	A5	Através da soma e multiplicação dos resistores
	A6	Através da soma dos resistores e da multiplicação dos resistores.
	A7	Fazendo a multiplicação pela soma
	A8	Dividindo os resistores pela sua soma
	A9	Dividindo a multiplicação pela soma dos resistores
	A10	Multiplicando a soma pela divisão dos resistores.
II Buscam a formula usando o mmc	A11	Com a ajuda da soma e do mmc
	A12	Usando a formula do mmc
	A13	De acordo com a formula com a ajuda do mmc

	A14	Com a ajuda do mmc
	A15	Com a ajuda do mmc
	A16	Através do mmc
	A17	Calculando o mmc dos resistores
	A18	Com a ajuda do mmc

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Nessa questão os alunos mostraram que buscam a formula mais simples para a resolução de questões que envolvem o cálculo da resistência equivalente para uma associação em paralelo, 55,6% dos alunos escolheram a formula direta usando o produto das resistências de cada resistor dividido pela soma, e 44,4% dos alunos relataram que usariam a formula geral destacando o uso do mmc nas resoluções.

Questão 08. Em um circuito com resistores ligados em série, podemos afirmar que:

- Todos os resistores experimentam a mesma ddp**
- Todos os resistores serão percorridos pela mesma corrente elétrica**
- Cada resistor será percorrido por uma corrente elétrica diferente.**
- A resistência equivalente não pode ser definida.**

Quadro 8 Respostas dos alunos à questão 8.

ALUNO	RESPOSTAS
A1	
A2	
A3	
A4	
A5	b
A6	
A7	
A8	
A9	
A10	
A11	a
A12	

A13	
A14	
A15	c
A16	
A17	d
A18	

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Ao contrário da questão que tratava sobre como calcular a resistência equivalente em uma associação em série, nessa questão que tratou sobre uma das características desse tipo de associação, metade dos alunos, 50% identificou corretamente entre as alternativas a característica desse tipo de ligação, enquanto que a outra metade se dividiu entre três outros itens: 22,2% no item a, 16,7% no item c e 11,1% no item d.

Questão 09. Em um circuito com resistores em paralelo, podemos afirmar que:

- Todos os resistores experimentam a mesma ddp
- Todos os resistores serão percorridos pela mesma corrente elétrica
- Os resistores estarão ligados aos terminais uns dos outros.
- A resistência equivalente não pode ser definida.

Quadro 9 Respostas dos alunos à questão 9.

ALUNO	RESPOSTAS
A1	
A2	
A3	
A4	
A5	a
A6	
A7	
A8	
A9	
A10	

A11	
A12	
A13	
A14	
A15	
A16	
A17	b
A18	

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Semelhante a questão anterior os alunos conseguiram um bom índice de acertos nessa questão (61,1%), reconhecendo de maneira correta uma das principais características da associação de resistores em paralelo. Os demais estudantes confundiram com as características da associação em série, sendo que 16,7% marcaram o item b e 22,2% marcaram o item c.

Questão 10. Em um circuito com um resistor e um capacitor, em relação ao tempo de carga e descarga:

- a) São diretamente proporcionais
- b) São inversamente proporcionais
- c) São iguais
- d) Um vale o dobro do outro.

Quadro 10 Respostas dos alunos à questão 10.

ALUNO	RESPOSTAS
A1	
A2	
A3	a
A4	
A5	
A6	b
A7	
A8	
A9	c

A10	
A11	
A12	
A13	
A14	
A15	
A16	
A17	
A18	d

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Nessa questão tentou-se mostrar um pouco das propriedades do circuito com um capacitor e um resistor, os alunos mostraram através das suas respostas que possuem um bom entendimento das propriedades desse circuito, mostrando conhecer um pouco sobre o tempo de carga e descarga desse tipo de circuito, pois de acordo com as respostas 55,6% responderam corretamente qual a relação entre carga e descarga do capacitor. Os demais alunos responderam incorretamente a questão sendo que 22,2% marcaram o item a, 16,7% marcaram o item b e 5,5% marcaram o item b.

Após a aplicação desse questionário foi aplicado o produto educacional baseado em oito experimentos que foram elaborados visando a melhor compreensão dos conteúdos propostos. Antes disso também foi feita uma explanação a respeito dos objetivos que se buscavam com a implementação desses dessas aulas experimentais, firmando uma parceria entre professor e alunos para melhor aplicação deste produto educacional.

Para o primeiro experimento foi usado um conjunto de resistores onde os estudantes comparam os valores determinados usando a tabela de cores e valores colhidos experimentalmente. A turma foi dividida em seis grupos composto cada um com três alunos, foi proposto para que esses grupos fossem os mesmo até o fim da apresentação do produto educacional e eles prontamente aceitaram. Antes da montagem foi explicado para eles como funciona o multímetro, com suas escalas e valores que seriam determinados experimentalmente, foi explicado também a funcionamento da placa *protoboard*,

algo que aguçou bastante curiosidade deles. A tabela 1 foi montada por um dos grupos.

Tabela 1. Resultado dos grupos na atividade 1 do produto educacional.

Resistor	Valor Nominal	Tolerância	Valor medido	ΔR (%)
R1	1k Ω	5%	1,1k Ω	10
R2	10k Ω	10%	9,7k Ω	3
R3	4,7k Ω	10%	4k Ω	1,89
R4	2,2k Ω	5%	2,1k Ω	4,54
R5	100 Ω	5%	102k Ω	2

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Ao fim da aula pratica os alunos resolveram três questões onde eram questionados os conceitos discutidos durante a aula, os resultados mostram que essas que esses alunos já conseguem compreender melhor os conceitos relativos à resistência elétrica e como podem aplicá-los no seu cotidiano. As respostas a essas questões são apresentadas no quadro 11:

Quadro 11. Respostas dos grupos às questões da primeira atividade.

Questão 01. Como podemos formalizar um conceito para resistência elétrica?	
Grupo 01	Como uma dificuldade ao movimento da corrente elétrica.
Grupo 02	É a oposição ao movimento da corrente elétrica.
Grupo 03	É algo que não deixa a corrente passar.
Grupo 04	É uma dificuldade que a corrente encontra ao tentar circular pelo circuito elétrico.
Grupo 05	Representa a dificuldade a passagem da corrente elétrica.
Grupo 06	É uma das formas de impedir a passagem da corrente elétrica pelo circuito.
Questão 02) Qual a função do resistor no circuito elétrico?	

Grupo 01	Impedir a passagem da corrente elétrica.
Grupo 02	Converter energia elétrica em calor.
Grupo 03	Alterar a energia em calor.
Grupo 04	Dificultar a circulação da corrente e fornecer calor ao circuito.
Grupo 05	Mudar de energia elétrica para calor.
Grupo 06	Converter todas as energias para calor.
Questão 03) Qual o motivo da diferença entre a leitura nominal e a leitura do multímetro?	
Grupo 01	Problemas no multímetro
Grupo 02	Erros na tolerância
Grupo 03	Alguma coisa estava errada
Grupo 04	Apenas uma pequena diferença.
Grupo 05	Todas as medidas contêm erros.
Grupo 06	Erros dentro da tolerância.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Os resultados apresentados para essa aula prática, mostram uma evolução nos conceitos da Física apresentados nesta unidade, é preciso reconhecer que durante as aulas com experimentos os estudantes levantam mais questionamentos e se dedicam a realizar as tarefas com mais empenho do que em aula expositiva, por exemplo. Para a primeira questão os alunos formalizaram em grupo respostas condizentes para a pergunta formalizando um conceito para resistência. Na segunda pergunta os grupos identificaram corretamente algumas funções dos resistores e na terceira questão não souberam apontar a diferença entre a leitura nominal e a leitura experimental.

No segundo experimento, que foi realizado em um segundo encontro, os alunos avaliaram a associação de baterias em serie e em paralelo, usando o multímetro na função voltagem. Nesta aula pratica eles já estavam mais familiarizados com as funções do multímetro e com certeza este seja o motivo para a melhor desenvoltura deles durante a aula. Eles demonstraram um bom conhecimento sobre a associação de baterias prevendo quais resultados poderiam obter com cada tipo de associação. Ao final, eles responderam as questões que serão apresentadas no quadro 12:

Quadro 12. Respostas dos grupos às questões da segunda atividade

Questão 01. O que você conclui com os valores das ddp_{eq} medidas com os valores das ddp_{eq} calculadas?	
Grupo 01	São os mesmos valores.
Grupo 02	Iguais pois estão de acordo com o estudado.
Grupo 03	Respeitam as relações.
Grupo 04	São os mesmos resultados.
Grupo 05	Todas as propriedades realizadas com sucesso.
Grupo 06	Apresentam os mesmos valores.
Questão 02. Que tipo de associação de baterias se constrói quando se pretende obter uma ddp_{eq} que é a soma das ddp individuais?	
Grupo 01	Associação em série
Grupo 02	Série
Grupo 03	São colocados em série
Grupo 04	Série
Grupo 05	Série
Grupo 06	Associação de geradores em Série

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Baseado nessas respostas é possível notar que os alunos absorveram bem as propriedades da associação de geradores, no caso usamos baterias. Pois na maioria dos casos eles responderam corretamente as questões levantadas e durante a realização da aula debateram junto com o professor as dúvidas que iam surgindo, principalmente durante em relação ao uso do multímetro. Na primeira questão os alunos apresentaram as respostas corretamente para a pergunta concluindo corretamente seus raciocínios sobre os valores de ddp . Na segunda questão todos os grupos de alunos identificaram corretamente a associação descrita na pergunta.

Na terceira parte, que foi realizada no mesmo dia da segunda, os alunos também usaram o multímetro na função tensão e analisaram a voltagem de resistores ligados em um circuito com uma fonte em uma placa protoboad. Foi possível perceber a empolgação deles durante a montagem do circuito, por mais simples que fosse, e durante a realização das medidas visando chegar aos

valores calculados previamente. Após a realização das medidas resolveram as questões apresentadas no quadro 13:

Quadro 13. Respostas dos grupos às questões da terceira atividade.

Questão 01. O que ocorre para que a tensão em R_1 seja diferente de R_2?	
Grupo 01	Os dois tem resistências diferentes.
Grupo 02	As resistências deles são diferentes.
Grupo 03	Um precisa de mais energia que o outro.
Grupo 04	Cada um precisa de mais energia que o outro.
Grupo 05	Ocorre que as resistências são diferentes e cada um precisa de certa quantidade de energia.
Grupo 06	Como as resistências não são iguais então cada um precisa mais de energia que o outro.
Questão 02. Quando o valor da tensão de R_1 será o mesmo valor da tensão de R_2?	
Grupo 01	Quando forem iguais.
Grupo 02	Quando os valores das resistências serem os mesmos.
Grupo 03	Se todos tiverem os mesmos valores.
Grupo 04	Quando todos os valores de resistências forem iguais.
Grupo 05	Se todos possuírem o mesmo valor.
Grupo 06	Somente quando todos tiverem o mesmo valor.
Questão 03. Quando o valor da tensão da fonte será o mesmo valor da tensão em R_1 e em R_2?	
Grupo 01	Nunca poderá ser
Grupo 02	Devem estar ligados entre si.
Grupo 03	Somente ligando eles em rede.
Grupo 04	Quando forem ligados em paralelo.
Grupo 05	Quando todos estiverem ligados em rede.
Grupo 06	Se estiverem ligados junto a fonte para ela distribuir sua tensão.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Ao se fundamentar nessas respostas é possível perceber que os estudantes estão aprofundando seu conhecimento referente ao tema tensão elétrica e que reconhecem suas propriedades quando são colocadas em um circuito. Na primeira questão os alunos responderam corretamente o questionamento identificando a condição que a questão pedia. Para a segunda questão os alunos responderam corretamente pois a condição descrita por eles atende o que a questão solicitava. Na terceira questão, apenas um grupo não conseguiu responder corretamente, os demais grupos identificaram a condição que a questão pedia.

No terceiro encontro, foi realizado a quarta parte pratica dessa pesquisa, onde os alunos realizaram medidas de corrente elétrica utilizando um circuito simples montado em uma placa *protoboard*. Nesta aula os alunos apresentaram dificuldade inicial em realizar as medidas de corrente elétrica, pois não conheciam como faze-la. Após a explanação feita pelo professor a aula transcorreu sem problemas com os alunos realizando as medidas e respondendo as questões ao final da aula, como são mostradas no quadro a 14:

Quadro 14. Respostas dos grupos ás questões da quarta atividade.

Questão 01. O que ocorre para que a corrente elétrica em R_1 seja diferente de R_2?	
Grupo 01	A forma como eles são colocados.
Grupo 02	O circuito foi montado para isso.
Grupo 03	De acordo com o circuito.
Grupo 04	O circuito montado dessa maneira faz com que a corrente elétrica seja dividida.
Grupo 05	A corrente foi dividida pelo circuito.
Grupo 06	Os nós existentes no circuito fazem a divisão da corrente elétrica.
Questão 02. Quando o valor da corrente elétrica em R_1 será o mesmo valor da corrente elétrica em R_2?	
Grupo 01	Quando os resistores forem ligados um ao outro.
Grupo 02	Se os resistores forem ligados como na aula passada.
Grupo 03	Somente se os resistores forem ligados entre si.
Grupo 04	Ocorre se os resistores forem ligados entre eles.

Grupo 05	Acontece somente quando os resistores são ligados um no outro.
Grupo 06	Pode acontecer se os resistores forem ligados um no polo do outro.
Questão 03. Quando o valor da corrente elétrica gerada na fonte será o mesmo valor da corrente elétrica que passara em R_1 e em R_2?	
Grupo 01	Somente quando os resistores estiverem ligados entre si.
Grupo 02	Para que isso ocorra é necessário que os resistores estejam ligados entre eles mesmos.
Grupo 03	De acordo com a ligação em que eles estejam ligados entre eles mesmos.
Grupo 04	Quando a ligação entre eles for de forma que um esteja ligado ao outro, assim a corrente não terá nenhuma divisão.
Grupo 05	Quando eles estiverem ligados entre eles mesmos.
Grupo 06	Somente se eles forem ligados um no outro.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Essas respostas mostram uma assimilação dos conceitos trabalhados durante a aula prática. Embora essa assimilação não mostre que eles dominem totalmente o conteúdo, mas serve para saber que uma noção do que está sendo ensinado está de fato sendo compreendido. Isso é facilitado pelo fato de a essa altura os estudantes já dominarem o funcionamento dos equipamentos usados durante as aulas práticas. Nas respostas da primeira questão é possível perceber que os estudantes conseguiram compreender por que conseguiram identificar a condição que a questão pedia, respondendo ela corretamente. Para a segunda questão todos os grupos apresentaram respostas corretas a condição exigida pela questão. Na terceira questão os estudantes também apresentaram respostas corretas identificando corretamente a condição que a questão pedia.

Prosseguindo com a aula foi realizada mais uma etapa da aplicação, desta vez foi verificada a Lei de Ohm através de um circuito simples, com medição de corrente elétrica e tensão em um resistor. Essa parte da aula transcorreu com toda a tranquilidade e proveito que o conteúdo merece, pois os alunos já estavam familiarizados com o multímetro e a placa *protoboard* e rapidamente fizeram suas medidas. Ao final eles responderam as questões mostradas no quadro 15:

Quadro 15. Respostas dos grupos às questões da quinta atividade.

Questão 01. Qual a relação entre a corrente elétrica e a tensão elétrica em um resistor ôhmico?	
Grupo 01	Proporcionais.
Grupo 02	Diretamente proporcionais.
Grupo 03	Quando um aumentar o outro aumenta também.
Grupo 04	Diretamente proporcionais.
Grupo 05	Proporcionais.
Grupo 06	Diretamente proporcionais.
Questão 02. Como é o gráfico da tensão versus corrente elétrica para um condutor ôhmico?	
Grupo 01	Uma reta
Grupo 02	Uma reta
Grupo 03	Uma reta
Grupo 04	Uma reta
Grupo 05	Uma reta
Grupo 06	Uma reta
Questão 03. Em um condutor ôhmico quando aumentar o valor da tensão elétrica, o que vai ocorrer com a corrente elétrica?	
Grupo 01	Aumentara também.
Grupo 02	Deve aumentar.
Grupo 03	Aumenta junto.
Grupo 04	Aumenta também.
Grupo 05	Para equilibra deverá aumentar também.
Grupo 06	Aumenta na mesma taxa.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

Como já esperado, nessa pratica os alunos demonstraram mais autonomia no manejo dos equipamentos e na montagem do circuito que embora seja simples, requer cuidados para não causar problemas com as medidas. Ao resolver as questões eles demonstram que a atividade contribuiu para uma melhor fixação do conteúdo pois são conhecedores do conteúdo relativo a Lei

de Ohm. Nas três questões os alunos responderam corretamente usando corretamente a Lei de Ohm.

No encontro seguinte, iniciamos com a explanação do conteúdo que iria ser trabalhado, associação de resistores em série, os alunos rapidamente montaram o circuito e começaram a fazer as medidas, sempre junto com muitas perguntas. Os alunos continuaram a ter dificuldade em medir a corrente elétrica, mas ao fim conseguiram realizar todas as medidas necessárias para finalizar a aula pratica. No quadro 16 seguinte segue as respostas deles ao questionário realizado ao fim da parte pratica:

Quadro 16. Respostas dos grupos ás questões da sexta atividade.

Questão 01. Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2?	
Grupo 01	São iguais.
Grupo 02	Serão as mesmas.
Grupo 03	São sempre iguais.
Grupo 04	Serão sempre do mesmo jeito.
Grupo 05	São iguais.
Grupo 06	Tem o mesmo valor.
Questão 02. Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2?	
Grupo 01	São diferentes
Grupo 02	Serão diferentes, e iguais a soma dos dois valores.
Grupo 03	São iguais a soma dos dois.
Grupo 04	Não são as mesmas, mas podem ser iguais a soma dos dois.
Grupo 05	Serão iguais a soma das duas.
Grupo 06	São diferentes e podem ser iguais se forem somadas.
Questão 03. Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2?	
Grupo 01	A soma das duas.

Grupo 02	Deve somar as resistências.
Grupo 03	Pode ser feito a soma dos resultados.
Grupo 04	Devem ser somados um ao outro.
Grupo 05	Basta somar os resultados.
Grupo 06	Serão todos somados.

Fonte: Dados provenientes da pesquisa

As respostas dos alunos para essa questão mostram uma boa compreensão da teoria debatida na sala de aula, antes e durante a montagem do circuito e realização das medidas. Somadas a esses debates entra a discussão entre os alunos durante a realização da aula pratica, esse debate entre eles sobre o resultado de cada medida amplia fortemente seus entendimentos sobre os conteúdos fazendo com que eles cheguem a um consenso entre suas dúvidas e a teoria estudada, pois ali eles estão praticando a teoria que estudam nos livros. Na questão 1 todas as respostas dos grupos estão de acordo com a condição que a questão pede, para a questão 2 os grupos responderam de maneira diferente ao que encontramos nos livros, mas de maneira correta em relação ao que a questão exige. Na terceira questão novamente todos os grupos responderam de forma correta.

Prosseguindo foi aplicado a sétima parte deste trabalho onde primeiramente foi discutido as propriedades de um circuito em paralelo, como a tensão elétrica e o comportamento da corrente elétrica. Depois disso foi realizada a montagem do circuito e a aferição das propriedades relativas a corrente elétrica e tensão elétrica, que foram as propriedades que seria verificada durante essa pratica. Ao final da aula os alunos responderam ao questionário com as suas respostas mostradas no quadro 17:

Quadro 17. Respostas dos grupos às questões da sétima atividade.

Questão 01) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2?	
Grupo 01	Serão diferentes.
Grupo 02	A corrente será distribuída pelos resistores.

Grupo 03	Ela será a mesma da fonte se for somada os dois resultados.
Grupo 04	Não serão iguais, e se somadas são iguais a da fonte.
Grupo 05	São diferentes e se forem somadas dão o mesmo resultado da corrente da fonte.
Grupo 06	Só será igual a da fonte quando forem somadas, sem somar são diferentes.
Questão 02) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2?	
Grupo 01	Essas são iguais.
Grupo 02	São as mesmas.
Grupo 03	Tem o mesmo valor.
Grupo 04	São praticamente o mesmo valor.
Grupo 05	Todos dão o mesmo resultado.
Grupo 06	Ficaram com o mesmo valor.
Questão 03) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2?	
Grupo 01	Multiplicação dividido pela soma.
Grupo 02	O produto dividido pela soma.
Grupo 03	A soma dos inversos.
Grupo 04	A soma dos inversos das resistências.
Grupo 05	O inverso da resistência é igual a soma dos inversos das resistências.
Grupo 06	Pode ser feito pelo produto das resistências dividido pela somas das resistências.

Tomando por base as respostas dos alunos para essas questões é possível perceber que a ideia de trabalhar as propriedades do circuito em paralelo foi exitosa, sendo que todos os grupos responderam as questões de maneira correta, mesmo que a linguagem usada por eles não esteja de acordo com o que encontramos nos livros. As discussões realizadas por eles durante a montagem e realização das medidas são refletidas nas respostas as questões onde podemos perceber que eles interpretam as propriedades de acordo com o seu domínio matemático deixando de lado o formalismo das expressões que conhecemos. As respostas para a questão 1 estão todas corretas, embora

algumas respostas estejam incompletas (grupos 1 e 2), para a questão 2 todas as respostas estão corretas e para a questão 3 alguns grupos indicaram a fórmula direta para calcular a resistência equivalente entre dois resistores associados em paralelo, que divide o produto pela soma das resistências, (grupos 1 e 2) enquanto outros grupos usaram a definição geral (grupos 5 e 6).

No último encontro foi realizada a análise de um circuito que envolvia a carga e a descarga de um capacitor, usando o multímetro as medidas foram realizadas e com o uso das equações os parâmetros foram analisados. Nessa aula os estudantes mostraram boa desenvoltura com a montagem e realização das medidas, mas tiveram dificuldades na hora de usar essas medidas nas equações que precisaram. Ao fim da aula eles responderam um questionário e as respostas são mostradas no quadro 18:

Quadro 18. Respostas dos grupos às questões da oitava atividade.

Questão 01. Em um circuito com o resistor e um capacitor, durante o processo de carga desse capacitor, como a corrente elétrica se comporta?	
Grupo 01	Ela fica constante.
Grupo 02	Ela diminui.
Grupo 03	Vai diminuindo.
Grupo 04	Ela diminui.
Grupo 05	Fica diminuindo.
Grupo 06	Começa com valor máximo e vai diminuindo.
Questão 02. Em um circuito com o resistor e um capacitor, durante o processo de carga desse capacitor, como a diferença de potencial no capacitor se comporta?	
Grupo 01	Vai aumentando.
Grupo 02	Fica igual ao da fonte
Grupo 03	Vai diminuindo
Grupo 04	Fica constante
Grupo 05	Vai aumentando até ficar igual ao da fonte.
Grupo 06	Fica igual a fonte.

Questão 03. Em um circuito com o resistor e um capacitor, qual a relação entre os tempos de cargas e descargas desse capacitor?	
Grupo 01	São iguais.
Grupo 02	Serão os mesmos.
Grupo 03	São sempre os mesmos.
Grupo 04	Iguais.
Grupo 05	Os mesmos valores.
Grupo 06	Iguais.

Esses resultados mostram que os alunos apesar das dificuldades em fazer as medidas nesse experimento conseguiram compreender bem as propriedades do circuito montado com um resistor e um capacitor. Através de uma explanação inicial do conteúdo que seria trabalhado e após a realização das medidas, eles passaram a debater o conteúdo com mais autonomia fazendo do professor apenas um expectador enquanto eles discutiam se suas medidas e respostas ao questionário estavam corretas ou não. Para a questão 1 apenas o grupo 1 respondeu incorretamente o que a questão exigia, os demais grupos responderam corretamente o que a questão exigia, na questão 2 todos os grupos de alunos responderam corretamente e na questão 3 também todos os grupos responderam corretamente.

Diante de todos os resultados apresentados é possível perceber que o professor agindo como mediador em um trabalho com muitos alunos faz com que os trabalhos possam contribuir significativamente para sucesso do trabalho, uma vez que deixa os alunos conhecerem melhor seu papel dentro da atividade que estão executando. Assim de acordo com a Teoria Sócio Histórico cultura de Vygotsky a zona de desenvolvimento proximal se torna um fator determinante nesse tipo de trabalho, colocando o professor como mediador do processo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, foi desenvolvida uma sequência com atividades experimentais de eletrodinâmica básica para o ensino médio, por se tratar de uma unidade de ensino de bastante interesse e curiosidade por parte dos alunos. O desenvolvimento do conteúdo em sala de aula através do uso de kits didáticos se mostrou integradora, proporcionando uma aula mais dinâmica, participativa e de interesse geral dos alunos.

Durante a realização das aulas, o empenho e interesse dos alunos foram elementos facilitadores para a apresentação do conteúdo, mostrando de início que a proposta teve adesão. As dificuldades que logo foram superadas se refere ao entendessem e funcionamento da placa protoboard, bem como das escalas usadas no multímetro. Dificuldades estas que foram superadas muito cedo pela motivação e interesse em aprender que os kits proporcionaram.

Neste sentido, os kits didáticos e a sequência didática, mostraram ser motivadores para uma aprendizagem de eletrodinâmica básica no ensino de Física, entendido, portanto, como um resultado favorável no processo ensino aprendizagem. Portanto, pode-se dizer o produto educacional teve ampla aceitação como recurso didático por parte dos alunos, pois todos os alunos consideraram que a experimentação tem um potencial didático facilitador de aprendizagem.

Com isto, pode-se afirmar também que a sequência de atividades baseadas na experimentação, mediação pelo professor, é uma forma dinâmica de aprender e ensinar e que permite estimular o interesse para estudar, sintetizando os conteúdos abordados em sala de aula. Ao trabalhar com a Teoria de Vygotski podemos perceber que seus conceitos são facilmente aplicáveis nesse tipo de atividade, pois o professor, trabalhando como um mediador do processo ensino aprendizagem, sempre respeitando a zona de desenvolvimento proximal ao qual o aluno está inserido.

Conclui-se que com o desenvolvimento deste trabalho, pudemos constatar que é possível sim que a utilização de atividades experimentais para o ensino de eletrodinâmica na educação básica como ferramenta didática para o ensino aprendizagem melhore a qualidade do processo e, não menos

importante, que contribuir imensamente para a prática, uma vez que permitiu novas significações sobre o ensino e aprendizagem.

Assim sendo, é importante que daqui em diante, possam surgir novos questionamentos, críticas e que possamos criar as condições objetivas e subjetivas para irmos sempre na direção de uma melhor qualidade do processo de ensino e de aprendizagem.

REFERÊNCIAS

Assis, André Koch Torres, **Os Fundamentos Experimentais e Históricos da Eletricidade**, Editora Livraria da Física, 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Lei n. 9.394/96. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 15 dez. 2018.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação (CNE). **Resolução n. 3, de 26 de junho de 1998**. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 5 ago. 1998.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. **Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio**. 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/12/BNCC_19dez2018_site.pdf. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEF, 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais: Física**. 2. ed. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

BISCUOLA, Gualter José; BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou. **Física 3: Eletricidade e Física Moderna**. Editora Saraiva. 3ª edição. São Paulo. 2016.

CARRARA, K. et al. **Introdução à Psicologia da Educação**. São Paulo: AVERCAMP, 2004.

CARVALHO, Maria V. Cosme; MATOS, Kelma S. A. L. **Psicologia da educação: teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão**. 2ª ed. Fortaleza, edições UFC, 2009.

- FICHTNER, Bernd. **Introdução na abordagem histórico-cultural de Vygotsky e seus colaboradores**. In: Minicurso Introdução na abordagem histórico-cultural de Vygotsky e seus colaboradores. Goiânia, Programa de Doutorado em Educação, PUC Goiás, 2010.
- FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. Ed. Atlas, 4ª Edição. 2007.
- LEONTIEV, Alexei N. **Actividade, consciência e personalidade**. The Marxists Internet Archive. Tradução: Maria Silvia Cintra Martins. 1978.
- MINAYO, M. C. D. S.; FERREIRA, S.; GOMES, R. **Teoria, método e criatividade**. 28. ed. Petrópolis: Vozes, 2009.
- MINAYO, M. C. S. (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2007.
- MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3**. ed. São Paulo, SP: Editora Blucher, V. 3, 1998.
- OLIVEIRA, C. dos S. **Metodologia científica, planejamento e técnicas de pesquisa: uma visão holística do conhecimento humano**. São Paulo: LTR, 2000.
- OLIVEIRA, C. L. de. **Um apanhado teórico-conceitual sobre a pesquisa qualitativa: tipos, técnicas e características**. Travessias, v. 2, n. 3, 2008.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento: um processo sócio histórico**. Scipione, 2010.
- OLIVEIRA, N. M. de; JÚNIOR, W. D. **O uso do vídeo como ferramenta de ensino aplicada em biologia celular**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.8, N.14, p. 1788-1809, 2012.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- QUIVY, R.; CAMPENHOUDT, L. V. **Manuel de recherche en sciences sociales**. Paris: Dunod, 1995.
- REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky - Uma Perspectiva Histórico-Cultural da Educação**. 15 Ed. Petrópolis: Editora Vozes, 2007.

REGO, Teresa Cristina. Vigotsky: **Uma perspectiva histórico-cultural da educação**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 1996.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JR., Jhon W. **Princípios da Física**. Vol. 3, 1ª ed. São Paulo, 2014.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem**. 1ª ed. Brasileira. São Paulo, Martins Fontes, 1987.

VIGOTSKI, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alexis N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. São Paulo: Ícone, 1988.

VIGOTSKI, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

VIGOTSKI, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

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

PRODUTO EDUCACIONAL

**ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE ELETRODINÂMICA
BÁSICA PARA O ENSINO MÉDIO BASEADAS EM MEDIAÇÃO**

JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO

Orientador: Prof. Dr. Célio Aécio Medeiros Borges

**TERESINA
2022**

1 APRESENTAÇÃO

Neste produto educacional, apresentaremos uma sequência didática com atividades experimentais que visam contribuir para o processo de ensino e de aprendizagem de Eletrodinâmica básica no ensino médio. Nele, o professor atua como mediador, contribuindo na aplicação da sequência, bem como para que seus objetivos sejam alcançados. Este produto educacional, resulta do trabalho de conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Piauí – MNPEF – Pólo 26 – UFPI.

O produto educacional foi desenvolvido tendo como base a teoria da aprendizagem de Vygostky (2007) no que diz respeito ao uso de instrumentos, levando em consideração a interação social. Segundo este autor, desenvolvimento da aprendizagem ocorre por meio das interações sociais entre alunos e professores, pois essa interação possibilita a geração de novos conhecimentos. Assim, considera que a aprendizagem se trata de uma experiência social que pode ser mediada através do uso de instrumentos, como as atividades deste produto educacional.

Essa proposta visa atender a necessidade de levar a experimentação para o ensino de Física no Ensino Médio, fazendo com que estudantes possam trabalhar de maneira colaborativa. E, com a mediação do professor, se possa proporcionar melhoras no processo de ensino e de aprendizagem. Dessa maneira, procuramos com esse produto educacional, dinamizar as aulas de Física, saindo do tradicionalismo predominante durante algum tempo.

O objetivo geral desse produto educacional é possibilitar aos alunos do 3º Ano do Ensino Médio a aprendizagem da Eletrodinâmica básica através da mediação com o uso dessa sequência didática. E com objetivos específicos, tais como:

- Identificar o conhecimento prévio dos alunos do 3º ano do Ensino Médio de uma escola da rede pública estadual de ensino no município de Teresina acerca do conceito de Eletrodinâmica básica por meio de um questionário.

- Utilizar com atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos
como ferramenta didática mediadora no processo de ensino aprendizagem dos conceitos físicos relacionados a Eletrodinâmica.
- Analisar os significados produzidos pelos alunos do 3º ano do Ensino Médio na aplicação do produto educacional envolvendo os conceitos de Eletrodinâmica mediado por atividades experimentais para o ensino de circuitos elétricos.

2 SEQUÊNCIAS DO PRODUTO EDUCACIONAL

A seguir, são apresentadas a sequência didáticas como atividades educacionais experimentais para o desenvolvimento do ensino de eletrodinâmica básica.

Sequência Didática 1

Resistência elétrica de um resistor: Valor Nominal e valor medido, tolerância e desvio percentual

(Use o multímetro na função Ohmímetro)

O que iremos aprender nesta prática

- Medir de resistências elétricas de resistores usando o multímetro;
- As diferenças entre as escalas usadas neste instrumento de medida;

Objetivos

- Utilizar a função ohmímetro para medidas de resistência elétrica;
- Comparar se existe ou não diferenças entre o valor nominal e o valor medido com o multímetro de resistências elétricas de um resistor.

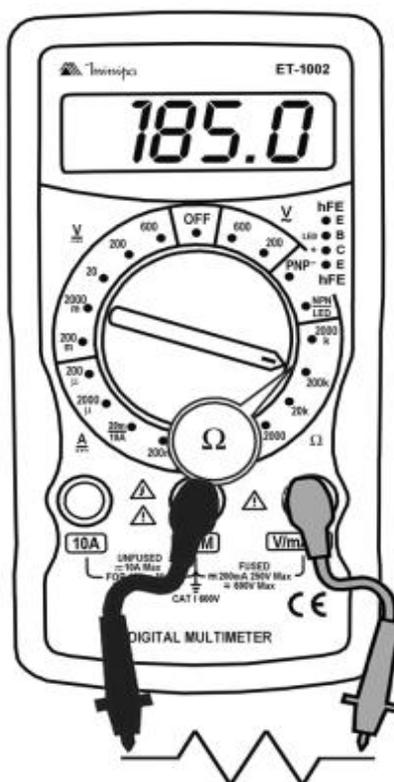
Material utilizado

- 1 Multímetro na função ohmímetro;
- 5 resistores.

Fundamentos

Multímetro ou multiteste é um instrumento de medidas elétricas multifuncional, isto é, agrega vários dispositivos de medidas elétricas em um só dispositivo. O ohmímetro é um deste instrumento agregados ao multímetro que tem como função medir resistência elétrica. Nesta prática, você deverá definir esta função ohmímetro através do posicionamento correto da chave central do multímetro. Veja a figura 23.

Figura 23. Multímetro na função ohmímetro



Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

Parte prática

1. Usando o quadro de código cores (disponível em anexo), determine os valores nominais das resistências elétricas dos resistores bem como as suas correspondentes tolerâncias (anote os resultados na tabela).
2. Em seguida usando o multímetro na escala apropriada realize as medidas de resistência elétrica de cada resistor (anote os resultados na tabela).
3. Calcule o desvio percentual entre o valor nominal V_n e o valor medido V_m , de acordo com a equação abaixo (anote na tabela 1).

$$\Delta R\% = \frac{|V_n - V_m|}{V_n} \times 100$$

Tabela 1. Valor Nominal e Valor Medido

Resistor	Valor Nominal	Tolerância	Valor Medido	$\Delta R\%$
R1				
R2				
R3				
R4				
R5				

Questões:

1. Como podemos formalizar um conceito de resistência elétrica?

2. Qual a função do resistor no circuito elétrico?

3. Qual o motivo da diferença entre a leitura nominal e a medida feita com o ohmímetro?

Sequência Didática 2

Medidas de diferença de potencial elétrico (ddp) em baterias

(Use o multímetro na função voltagem)

O que aprenderemos

- Conceito de bateria.
- Fazer medidas de diferença de potencial (ddp) elétrico usando baterias isoladas, ligadas em série e ligadas em paralelo.

Objetivos

- Avaliar a diferença de potencial equivalente ddp_{eq} (ΔV_{eq}) quando duas ou mais baterias são conectadas (em série ou em paralelo).

Material utilizado

- 4 pilhas comuns (V ~1,5 Volts)
- Suportes para pilhas
- 1 Multímetro (na função voltagem)

Fundamentos

Uma **bateria** pode ser considerada uma “bomba” de carga, como se estivesse levando carga positiva, do terminal negativo para o terminal positivo*. A função de uma **bateria** é manter uma diferença de potencial (ddp) que permite o fluxo de cargas no circuito de um potencial mais elevado (o terminal positivo) para o potencial menos elevado (o terminal negativo), algo parecido com uma bomba d’água que eleva o volume de água para um potencial gravitacional mais elevado (a caixa d’água) a partir de um potencial menos elevado (baixo). Neste sentido, a **bateria não** é uma fonte de cargas elétricas assim como uma bomba d’água não é uma fonte de água.

Baterias também são consideradas fontes de força eletromotriz (*fem*) ou fontes de *fem*, isto é, fontes de energia que realizam trabalhos sobre os portadores de cargas que nelas entram, transportando-as do terminal negativo

V_- para o terminal positivo V_+ . A fem da bateria é igual à diferença de potencial (ddp) entre os seus terminais positivo e negativo, $\Delta V = V_+ - V_-$.

Baterias (tamanho AAA, AA, C ou D) são comumente utilizadas em lâmpadas de lanternas, brinquedos, controles remotos, entre outros dispositivos portáteis e fornecem uma ddp de 1,5 volt quando novas.

Figura 24. Quatro Baterias



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

O voltímetro na sua função voltagem é o instrumento que mede a diferença de potencial (ddp) entre os terminais de uma bateria.

Quando você disponibiliza de duas ou mais baterias, estas podem ser conectadas (associadas) de duas maneiras diferentes: em **série** ou em **paralelo**.

Associação em série

Diz-se que duas ou mais baterias estão **associadas em série** quando o terminal positivo de uma está ligado ao terminal negativo de outra.

A ddp resultante, também chamada, *ddp equivalente* (ΔV_{eq}), é obtida pela soma as ddp individuais. Por exemplo, se V_1 , V_2 e V_3 são as ddp das Baterias B_1 , B_2 e B_3 , respectivamente, então

$$V_{eq} = V_1 + V_2 + V_3$$

Associação em paralelo

Diz-se que duas ou mais baterias estão **associadas em paralelo** quando os terminais positivos das baterias estão conectados entre si e os terminais negativos conectados entre si. A ddp resultante, também chamada, *ddp equivalente* (ΔV_{eq}), é obtida pela soma dos inversos das ddp individuais. Por exemplo, se V_1 , V_2 e V_3 são as ddp das Baterias B_1 , B_2 e B_3 , respectivamente, então

$$\frac{1}{V_{eq}} = \frac{1}{V_1} + \frac{1}{V_2} + \frac{1}{V_3}$$

Parte prática I: associação de baterias em série

1. Faça uma associação em série de três baterias. Use o suporte indicado.

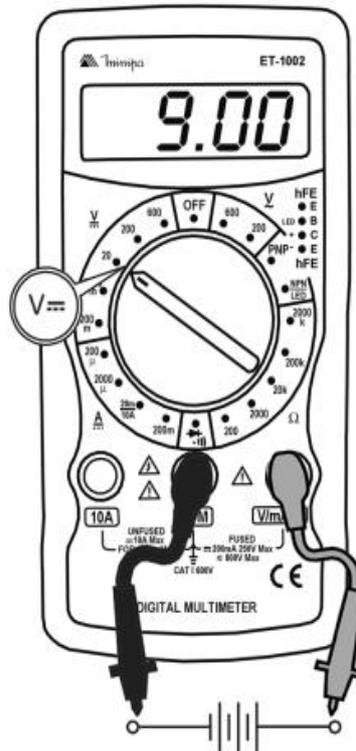
Figura 25. Suporte com pilhas associadas em série.



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

2. Use o multímetro na função voltagem na escala adequada. (Veja fig. 26)

Figura 26. Multímetro na função voltagem



Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

3. Meça a ddp de cada bateria individualmente.
4. Defina uma escala adequada para as medidas de ddp_{eq} das associações em série das baterias.
5. Calcule as ddp_{eq} das associações em série usando a equação correspondente e compare com os valores medidos.

Tabela 2. Valores para as ddps

	Baterias	P ₁	P ₂	P ₃	Valor calculado
Medidas de ddp	ddp (individuais)				
	ddp_{eq} (2 Baterias)				
	ddp_{eq} (3 Baterias)				

Parte prática II: associação de baterias em paralelo

1. Faça uma associação em paralelo de pilhas usando o suporte indicado, veja figura 27.

Figura 27. Suporte com pilhas associadas em Paralelo.



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

2. Use o multímetro na função voltagem e selecione a escala adequada.
3. Meça a ddp de cada bateria individualmente.
4. Defina uma escala adequada para as medidas de ddp_{eq} das associações em paralelo das baterias.
5. Calcule as ddp_{eq} das associações em paralelo usando a equação correspondente e compare com os valores medidos.

Tabela 3. Valores para as ddps em paralelo

	Baterias	P ₁	P ₂	P ₃	Valor calculado
Medidas de ddp	ddp (individual)				
	ddp_{eq} (2 Bat)				
	ddp_{eq} (3 Bat)				

Questões

1. O que você conclui quando compara os valores das ddp_{eq} medidas com os valores das ddp_{eq} calculadas?

2. Que tipo de associação de baterias se constrói quando se pretende obter uma ddp_{eq} que é a soma das ddp individuais?

3. Que tipo de associação de baterias se constrói quando se pretende obter uma ddp_{eq} que é a soma dos inverso das ddp individuais?

Sequência Didática 3

Medidas de diferença de Potencial (ddp)

(Uso o multímetro na função tensão)

O que aprenderemos

- Aprenderemos a fazer medidas de diferença de potencial (ddp) elétrico em terminais de dispositivos inseridos em um circuito elétrico simples.
- Fazer medidas de grandezas elétricas usando o multímetro em diferentes configurações;
- As propriedades deste instrumento de medidas elétricas.

Objetivos

- Utilizar o multímetro na função voltagem para medidas de ddp em circuitos elétricos simples.
- Reconhecer símbolos usados no estudo da eletricidade.

Material utilizado

- 1 Multímetro;
- 2 Resistores
- 1 Fonte de Tensão (ddp = 9 Volts)

Fundamentos

Tensão é a diferença de potencial elétrico entre dois pontos de circuito, cuja unidade de medida é o volt (V). Existem dois tipos de tensão, a tensão contínua e a tensão alternada. Estas são representadas, respectivamente, por V_{DC} e V_{AC} . Neste prática, estudaremos apenas a tensão contínua, V_{DC} .

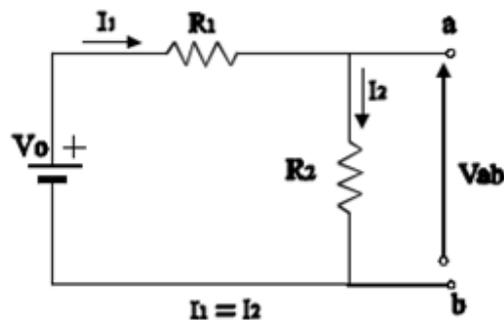
A tensão contínua é aquela que não muda de polaridade com o tempo, isto é, apresenta um pólo sempre positivo e outro sempre negativo. Como

exemplo, tomemos uma pilha comum que entre seus pólos apresenta uma tensão (diferença de potencial elétrico) de 1,5V.

O voltímetro ideal é aquele que possui resistência interna infinita (∞) não interferindo no circuito, quando conectado em paralelo com os pontos entre os quais se deseja medir a tensão. Na prática, porém, possui resistência interna cujo valor varia conforme estrutura.

Veja o exemplo seguinte onde se deseja medir a tensão entre os pontos a e b, no circuito da figura 28.

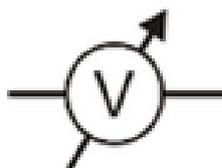
Figura 28. Circuito com resistores ligados em série.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Observação: Para medir a tensão entre os dois pontos, em um circuito, devemos sempre conectar os terminais do voltímetro a esses pontos sem interromper o circuito (ligação em paralelo).

Figura 29. Simbologia



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Parte prática

Considere o circuito da Figura 4, com o resistor R_1 fixo faça a medida da diferença de potencial ddp entre os pontos A e B para os diferentes resistores R_2 e anote na tabela 4.

Tabela 4. Valores para resistores em série

Resistor (R_1)	Resistor (R_2)	V_{ab} (V)
1K Ω	470 Ω	
	680 Ω	
	820 Ω	
	1K Ω	
	1K Ω	

Questões

1. O que ocorre para que a diferença de potencial em R_1 seja diferente de R_2 ?

2. Quando a diferença de potencial de R_1 será a mesma de R_2 ?

3. Quando a diferença de potencial da fonte será igual a diferença de potencial em R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 4

Medidas de Corrente elétrica

(Uso o multímetro na função amperímetro)

O que aprenderemos

Nesta aula prática aprenderemos;

- A fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro;
- As diferenças entre as escalas usadas neste instrumento de medida para a medição da corrente elétrica.
- As propriedades deste instrumento de medidas elétricas em relação a voltagem.

Objetivos

- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica em pequenos circuitos;
- Apresentar as diferentes escalas usadas no multímetro para se medir corrente elétrica.
- Reconhecer toda a simbologia usada no estudo das correntes elétricas.

Material utilizado

- 1 Multímetro;
- Resistores;
- 1 Fonte de Tensão (ddp = Volts)

Fundamentos

Corrente elétrica é o movimento ordenado de elétrons em um meio condutor, sendo sua unidade ampère [A], tendo como submúltiplos:

Miliampère (mA) : $1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$

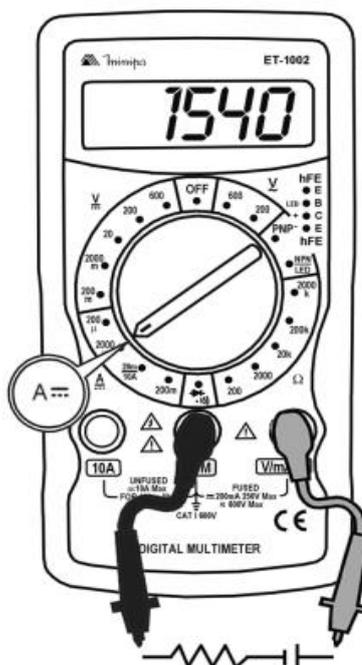
Microampère (μA) : $1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$

Nanoampère (nA) : $1\text{nA} = 10^{-9}\text{A}$

Há dois tipos de corrente, contínua e alternada, conforme características na sua geração. Nesta experiência estudaremos a corrente contínua, que é resultante da aplicação de uma tensão contínua em uma carga resistiva.

O amperímetro é o instrumento utilizado para medidas de corrente e que também faz parte do multímetro. Na figura 30 temos uma representação do multímetro com a função do amperímetro.

Figura 30. Multímetro na função amperímetro

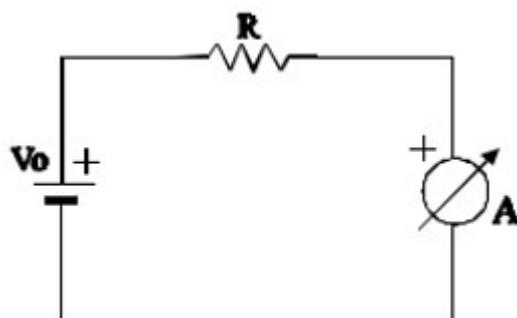


Fonte: Manual Prático para o uso do multímetro, 2022.

Para efetuarmos uma medida de corrente, ele deve circular pelo instrumento. Para tanto é preciso interromper o circuito e intercalar o amperímetro, ou seja, deve ser colocado em série, observando a polaridade correta.

O amperímetro ideal é aquele que possui resistência interna nula, não influenciando no circuito a ser medido. Na prática, possui resistência interna de baixo valor, conforme características de sua estrutura.

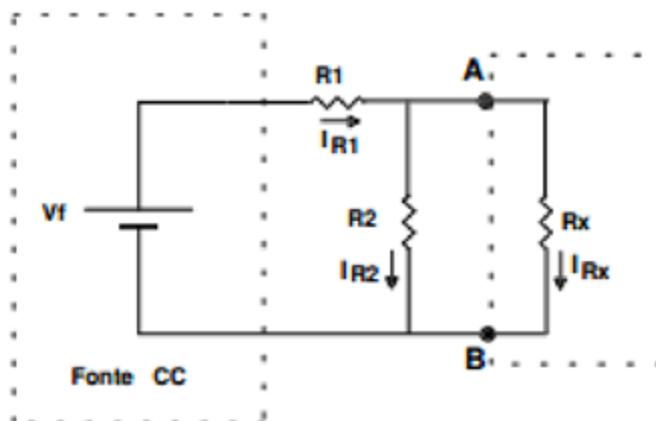
Figura 31. Circuito com resistor em série com um amperímetro



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

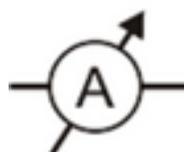
:

Figura 32. Circuito com resistor em série com dois resistores em paralelo.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 33. Simbologia do Amperímetro.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Parte prática

Considere o circuito da figura 7, com $V_f = 5V$, construa esse mesmo circuito na placa *protoboard* de acordo com as especificações pedidas, realize as medidas até completar a tabela 5.

Tabela 5. Valores para corrente elétrica

Resistor (R_1)	Resistor (R_2)	Resistor (R_x)	Corrente (I_1)	Corrente (I_2)	Corrente (I_x)
1K Ω	1K Ω	470 Ω			
1K Ω	1K Ω	680 Ω			
1K Ω	1K Ω	820 Ω			
1K Ω	1K Ω	1K Ω			
1K Ω	1K Ω	1K2 Ω			

Questões

1) O que ocorre para que a corrente elétrica em R_1 seja diferente de R_2 ?

2) Quando o valor da corrente elétrica em R_1 será o mesmo valor da corrente elétrica em R_2 ?

3) Quando o valor da corrente elétrica gerada na fonte será o mesmo valor da corrente elétrica que passara em R_1 e em R_2 ?

Sequência Didática 5

Lei de Ohm

O que aprenderemos

Nesta aula prática aprenderemos;

- A fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro;
- O comportamento da corrente elétrica quando submetida a diferentes resistências elétricas.
- A relação entre tensão (ddp) e corrente elétrica.

Objetivos

- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica em pequenos circuitos;
- Mostrar a relação entre corrente e tensão elétrica.
- Apresentar e discutir a Lei de Ohm.

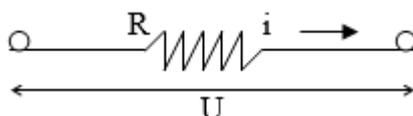
Material utilizado

- 1 Multímetro;
- Resistor ($1k\Omega$).
- Fonte de Tensão (5V, 10V, 20V)

Fundamentos

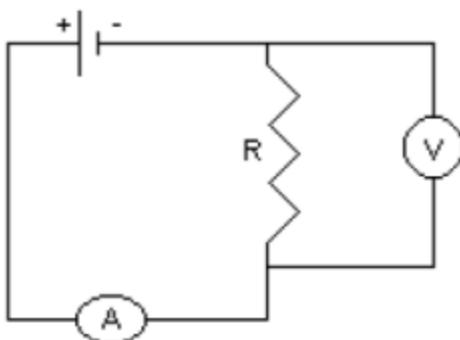
Quando estudamos circuitos elétricos de corrente contínua, a expressão algébrica $U = R \cdot i$ (onde a tensão elétrica U é igual a resistência R vezes a corrente elétrica i), esta expressão é conhecida como Lei de Ohm. Foi determinada pelo físico Alemão George Simon Ohm após o estudo de experimentos com corrente elétrica na matéria. Nessa expressão a resistência elétrica é descrita como sendo proporcional a tensão aplicada e inversamente proporcional à corrente elétrica. Ou seja, a resistência elétrica de um material está relacionada ao quanto o material se opõe à passagem de corrente elétrica. No esquema da Figura 34 é mostrado que a resistência representa a tensão elétrica entre dois pontos do condutor por unidade de corrente.

Figura 34. Lei de Ohm.



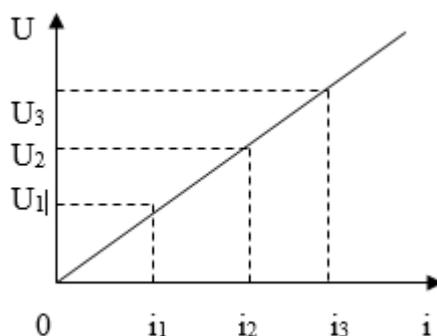
Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 35. Esquema para medidas elétricas para a Lei de Ohm.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Figura 36. Curva característica de um resistor ôhmico.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

$$\frac{U}{i} = \frac{U_1}{i_1} + \frac{U_2}{i_2} + \frac{U_3}{i_3}$$

$$U = R \cdot i$$

Parte prática

1. Considere o circuito da figura 8, com $V_f = 5V$, monte na placa *protoboard* esse circuito e faça as medidas de corrente elétrica para essa placa. Em seguida

substitua a fonte por outra com $V_f = 10V$ e repita sua medida de corrente elétrica, e mais uma vez substitua a fonte por outra de $V_f = 20V$ e faça as suas medidas de corrente elétrica. Todas as medidas devem ser registradas na tabela abaixo.

Tabela 6. Valores para a corrente elétrica

	$R_1 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_3 (\Omega)$
Ddp (V)	i_1 (mA)	i_2 (mA)	i_3 (mA)

2. Construa o gráfico Uxi e verifique se ele se comporta.

Questões

1) Qual a relação entre a corrente elétrica e a tensão elétrica em um resistor ôhmico?

2) Como é o gráfico da tensão versus corrente elétrica para um condutor ôhmico?

3) Em um condutor ôhmico quando aumentar o valor da tensão elétrica, o que vai ocorrer com a corrente elétrica?

Sequência Didática 6

Associação de Resistores em Série

O que aprenderemos nesta aula

- Fazer diferentes medidas de grandezas elétricas usando o multímetro.
- Sobre o comportamento da corrente elétrica através de resistores ligados em série em um circuito contendo uma fonte de ddp.
- Sobre o comportamento da diferença de potencial elétrico (ddp) em dispositivos ligados em série em um circuito do uma fonte de ddp.

Objetivos

- Utilizar o voltímetro para medir ddp em resistores em série.
- Utilizar o amperímetro para medir corrente elétrica que atravessa os resistores.
- Mostrar a relação entre corrente, tensão elétrica(ddp) e potência elétrica.
- Discutir a Lei de Ohm: $V=RI$

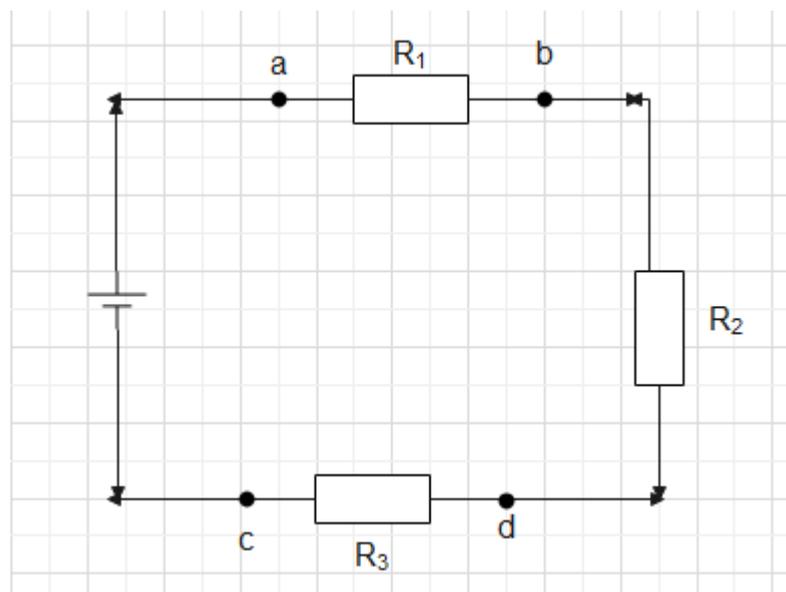
Material utilizado

- 1 Multímetro.
- Resistores ($1k\Omega$, $2k\Omega$, $4k\Omega$).
- Fonte de ddp de 9 Volts (bateria).
- Protoboard.

Fundamentos

Quando resistores são ligados em série em um circuito alimentado por uma fonte de ddp (bateria) haverá um único caminho para a corrente elétrica produzida.

Figura 37. Resistores em série.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

Ao passo que as **diferenças de potencial elétrico** (ddp) nos terminais de cada resistor vai caindo em relação a ddp disponibilizada pela bateria (fonte de ddp). Portanto, o somatório das ddp de cada resistor corresponde à ddp fornecida pela fonte, isto é,

$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

A lei de Ohm estabelece que a relação entre a corrente elétrica (i), a ddp (V) e a resistência (R) para um elemento resistivo do circuito é dada por

$$U = R \cdot i$$

$$i \cdot R = i_1 R_1 + i_2 R_2 + \dots + i_n R_n$$

Em um circuito com elementos resistivos ligados em série, a corrente é a mesma para todos os componentes do circuito

$$i_1 R_1 = i_2 R_2 = \dots = i_n R_n$$

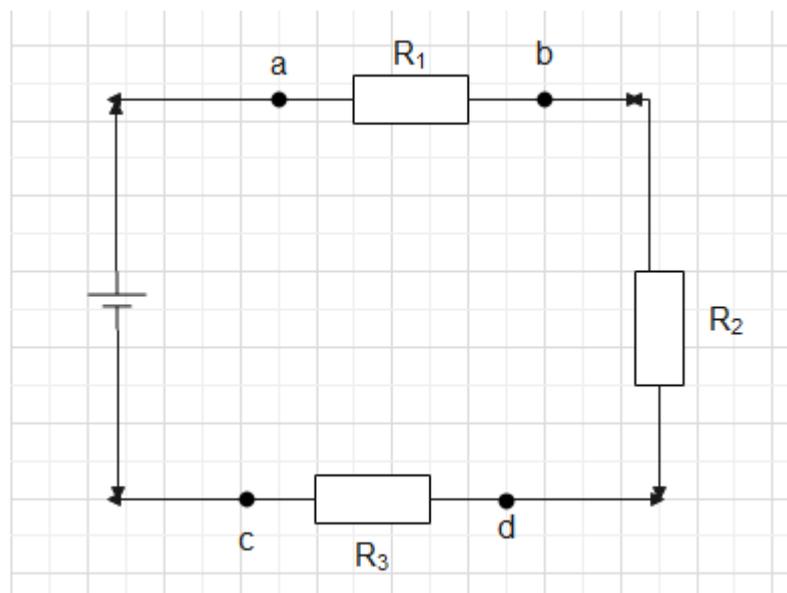
Portanto, a resistência equivalente será

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

Parte prática

1. Usando o *protoboard*, monte o circuito conforme esquema abaixo.

Figura 38. Circuito em série para ser montado.



Fonte: A Física através de Experimentos, 2018.

2. Configurando o multímetro na função voltagem para medidas de ddp
 - a. Defina a função do multímetro para a medida ddp de corrente contínua (CC).
 - b. Defina a escala mais adequada para medida de ddp.
3. Meça a ddp fornecida pela bateria, conectando as pontas de prova do multímetro aos pontos **a** e **d** (saída da fonte). Registre o valor.
4. Meça a ddp nos terminais de cada resistor conectando as pontas de prova do multímetro aos pontos **a** e **b** ($V_{ab} = V_1$), **b** e **c** ($V_{bc} = V_2$), **c** e **d** ($V_{cd} = V_3$), anotando em cada caso os valores das ddp de cada resistor.

Tabela 7. Valores de ddp

V_{bat}	V_1	V_2	V_3	Cálculo da ddp total V_{total}

5. Configurando o multímetro na função de amperagem para medidas de corrente elétrica.
 - a. Defina a função do multímetro para a medir corrente elétrica contínua (CC).
 - b. defina a escala mais adequada para as medidas de corrente elétrica.
6. Interrompa o circuito nos pontos **a**, **b**, **c** e **d**, e meça as correntes elétricas utilizando o multímetro na função amperímetro CC.

Tabela 8. Valores de corrente elétrica

i_a	i_b	i_c	i_d

7. Calcule, a partir das tensões e da corrente medida, o valor de cada resistência:

$$R_1 = \frac{V_1}{i} =$$

$$R_{eq} = \frac{V_n}{i} =$$

$$R_2 = \frac{V_2}{i} =$$

$$R_3 = \frac{V_3}{i} =$$

Some as resistências, encontradas experimentalmente, e compare com o resultado obtido na soma dos valores nominais das mesmas. Responda se os valores das duas somas são iguais?

Questões

1) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2 ?

2) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

3) Em um circuito em série com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 7

Associação de Resistores em Paralelo

O que aprenderemos nesta aula

- Como a corrente se comporta em um circuito com resistores em paralelo;
- Como a ddp se comporta em um circuito com resistores ligados em paralelo;
- A definição da lei de ohm e da lei de Kirchoff (lei dos nós).

Objetivos

- Medir corrente e ddp em um circuito com resistores ligados em paralelo;
- Mostrar a relação entre corrente e ddp em um circuito paralelo: Lei de Ohm
- Determinar a resistência equivalente em um circuito com resistores em paralelo.

Material necessário

- 1 multímetro (na função voltagem);
- 3 resistores (1k Ω , 2k Ω , 4k Ω);
- 1 fonte de ddp (bateria de 9V)

Fundamentos

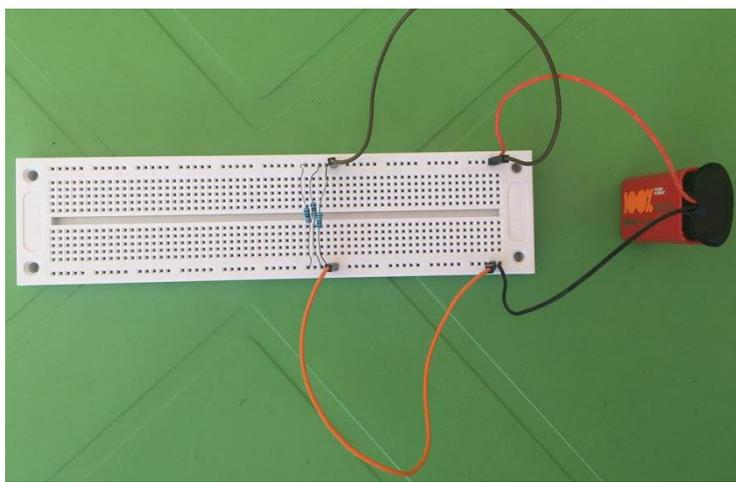
Para que haja uma *associação de resistores em paralelo*, cada um dos terminais de todos os resistores é conectados entre si, formando o que se chama de nó. No exemplo a seguir, a conexão de três resistores fez surgir os nós A e B no circuito. Por conseguinte, foram criadas também três malhas M_1 , M_2 e M_3 nas quais irão percorrer as correntes elétricas i_1 , i_2 , e i_3 , respectivamente.

Lei de Kirchoff: De acordo com as leis de **Kirchoff**, a soma de todas as correntes que saem a um nó, por exemplo, no nó A do circuito, deve ser igual à corrente total que chega nesse mesmo nó (essa lei é uma consequência do **princípio de conservação da carga elétrica**).

Parte prática

1. Sobre um protoboard, monte o circuito com resistores ligados em paralelo conforme ilustra o esquematizado na figura 39.

Figura 39. Medidas de diferença de potencial ddp (V).



Fonte: arquivos do autor, 2022.

2. No multímetro, defina a função voltagem e a escala apropriada para as medidas.
3. Meça, a ddp entre os pontos **a** e **b** (tensão total V_{total} entre os terminais da bateria) fornecida ao circuito pela bateria. Registre na Tabela.
4. Em seguida, meça a ddp entre os pontos a_1 e b_1 , a_2 e b_2 , a_3 e b_3 . Registre.

Tabela 9. Valores de ddp

V_1	V_2	V_3	V_{TOTAL}

5. No multímetro mude para a função **amperagem** e defina uma escala apropriada.

6. Agora interrompa o circuito em um nó, de modo a poder medir a corrente total e, em seguida, as correntes i_1 , i_2 , e i_3 que atravessam os resistores R_1 , R_2 e R_3 , respectivamente. Registre.

Tabela 10. Valores de corrente elétrica

i_1	i_2	i_3	i_{TOTAL}

7. **Aplicando a lei de Ohm:** Calcule, a partir das ddp(s) e das correntes elétricas medidas, o valor de cada resistência e registre.

$$R = \frac{V_1}{i_1}$$

$$R = \frac{V_2}{i_2}$$

$$R = \frac{V_3}{i_3}$$

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

8. Faça o mesmo cálculo da resistência equivalente, usando agora os valores nominais das resistências. Compare os valores medidos e os valores calculados.

Tabela 16. Valores de Resistência

R_1	R_2	R_3	$R_{EQUIVALENTE}$

Questões

- 1) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a corrente elétrica gerada pela fonte e a corrente elétrica que passa em R_1 e R_2 ?

- 2) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

- 3) Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

Sequência Didática 8

Carga e Descarga de Capacitores

O que aprenderemos nesta aula

- Fazer diferentes medidas de tensão usando o multímetro.
- Sobre o comportamento da tensão dentro de um circuito com um capacitor e um resistor.
- Como se mede o tempo de carga e descarga de um capacitor.

Objetivos

- avaliar através de um gráfico a tensão elétrica no capacitor durante seu tempo de carga.
- avaliar através de um gráfico a tensão elétrica no capacitor durante seu tempo de descarga.
- medir a constante de tempo de um circuito RC.

Material utilizado

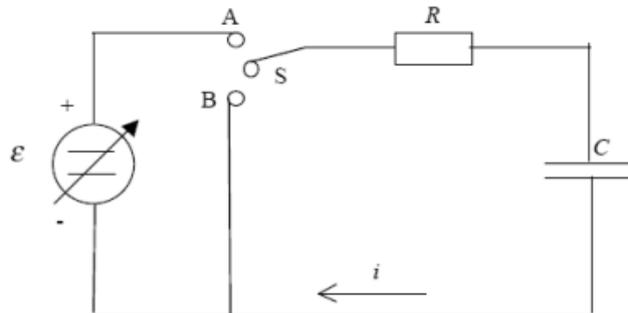
- 1 Multímetro.
- Resistor ($1k\Omega$, $2k\Omega$, $4k\Omega$).
- Fonte de ddp de 9 Volts (bateria).
- Protoboard.
- Capacitor ($470\mu F$)

Fundamentos

Um capacitor é um dispositivo que permite o armazenamento de cargas elétricas. Deste modo, como carregado, produz uma diferença de potencial elétrico (ddp) que pode ser utilizada posteriormente. Para demonstrar a carga de capacitores, utilizamos um circuito formado por uma associação em série de um capacitor C e uma resistência elétrica (R). O circuito é alimentado por uma fonte de tensão de corrente contínua (bateria de 9V) e possui uma chave liga-desliga que comuta entre os dois ramos do circuito, conforme ilustrado na figura abaixo. No instante em que a chave comutadora S estiver na posição A , o capacitor começa a ser carregado através da

corrente i , que circula pela resistência R , com a fonte previamente ajustada a um valor de tensão nominal.

Figura 40. Circuito RC



Fonte: **A Física através de Experimentos, 2018.**

Pela Lei de Kirchoof

$$V(R) + V(C) = \text{constante} = \dot{\epsilon}$$

Durante o processo de carga do capacitor as equações estarão em função do tempo:

$$\text{Tensão no capacitor: } V_C(t) = \dot{\epsilon} (1 - e^{-t/RC})$$

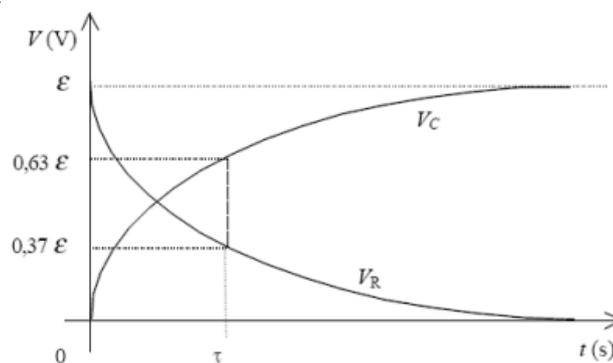
$$\text{Tensão no resistor: } V_R(t) = \dot{\epsilon} \cdot e^{-t/RC}$$

$$\text{Carga elétrica: } q = q_0(1 - e^{-t/RC}) = C \dot{\epsilon} (1 - e^{-t/RC})$$

$$\text{Corrente no circuito: } i(t) = i_0 \dot{\epsilon} \cdot e^{-t/RC}$$

O gráfico de tensão no capacitor e no resistor em função do tempo durante o processo de carga é mostrado na figura 41:

Figura 41. Curva da carga e descarga do capacitor.



Fonte: **A Física através de Experimentos, 2018.**

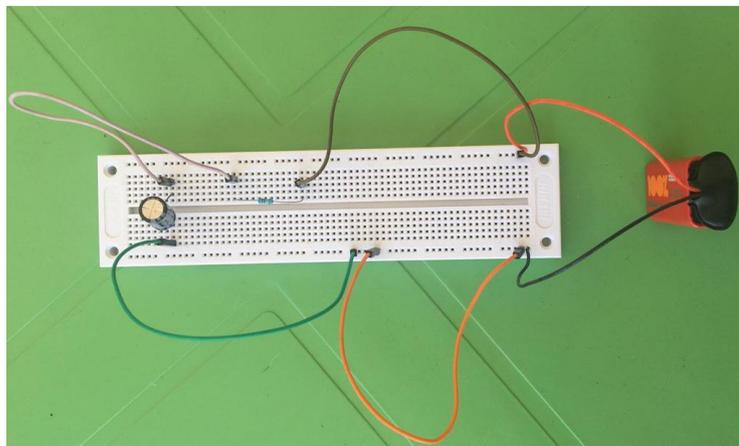
A quantidade $t = RC$ é denominada de constante de tempo capacitiva do circuito e tem unidade de tempo. Uma constante de tempo é igual ao tempo necessário para carregar um capacitor a 63 % de sua tensão final. Em geral, pode-se considerar um capacitor carregado depois de decorrido um tempo da ordem de cinco constantes de tempo porque, neste caso, $VC = 99,3\%$ de ϵ , por exemplo.

A corrente no circuito também varia de acordo com o tempo, para $t = 0$, temos seu valor dado pela Lei de Ohm. A corrente não se mantém constante durante a carga, porque, à medida que o capacitor vai carregando, fica maior a repulsão elétrica à entrada de novas cargas.

Parte Prática: Carga do Capacitor

1. Faça a montagem do circuito do esquema utilizando o capacitor e o resistor fornecidos. O terminal (+) do capacitor é o borne vermelho. O voltímetro digital deverá ser conectado inicialmente ao capacitor, observando a polaridade. Como o capacitor suporta no máximo 25V, utilize uma escala do voltímetro maior que este valor.

Figura 42. Esquema para montagem da carga do capacitor.



Fonte: Arquivos do autor, 2022.

2. No resistor não será necessário voltímetro por enquanto. A chave S, quando fechada em A, permite a carga do capacitor; fechada em B fará o capacitor descarregar rapidamente.

3. Ligue a fonte de tensão, faça esta medida com o voltímetro. Anote na tabela. Feche a chave S em A e, simultaneamente, acione o cronômetro. Anote na tabela do relatório os valores de tensão V_C nos terminais do capacitor para intervalos sucessivos de 5,0 segundos. Depois de ter completado a tabela, desligue o cronômetro.

Tabela 12. Voltagem para carga do capacitor

V	$V_C = \varepsilon - V_V$	t

4. Descarregue o capacitor fechando a chave em B. Conecte o voltímetro digital nos terminais do resistor e anote os valores de tensão V_R , medidos em seus terminais, tal como foi feito no item precedente.

Descarga do capacitor

1. Monte o circuito da figura 16, utilizando os mesmos componentes da primeira parte.
2. Para iniciar o processo de descarga, acionando simultaneamente o cronômetro. Anote os valores da tensão V_C usando o mesmo intervalo de tempo da parte anterior.
3. Conecte o voltímetro nos terminais do resistor e repita o procedimento do item precedente, anotando V_R . Como o sentido da corrente no resistor durante a descarga é contrário ao sentido da corrente durante a carga, esta tensão V_R é negativa. Por isso, na tabela V_R é negativo para o processo de descarga.

Tabela 13. Voltagem para a descarga do capacitor

V_C	t

TERCEIRA PARTE: Análise Gráfica

1. Em papel milimetrado, faça o gráfico $V_C \times t$ para este processo. (Construa de tal modo que neste mesmo gráfico possa ser colocada mais uma curva!)
2. No mesmo gráfico já construído coloque a curva para a descarga do capacitor.
3. A partir dos gráficos, determine o valor experimental da constante de tempo, RC (veja observações a seguir), primeiro para o processo de carga e então para o de descarga do capacitor.
4. Do valor obtido para RC e do valor da resistência interna V_R do voltímetro obtido anteriormente, calcule o valor experimental da capacitância C e compare-o com o indicado no próprio capacitor.

Questões

01). Em um circuito com o resistor e um capacitor, durante o processo de carga desse capacitor, como a corrente elétrica se comporta?

02). Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a tensão elétrica na fonte e a tensão elétrica nos terminais de R_1 e R_2 ?

03). Em um circuito em paralelo com dois resistores, qual a relação entre a resistência equivalente e as resistências R_1 e R_2 ?

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. **Atividades experimentais no Ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

ASTOLFI, J. P.; DEVELAY, M. **A didática das ciências.** 4. ed. Campinas: Papirus, 1995. 132 CAPECCHI, M.C.M. Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação: Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

BONJORNO, CLINTON, EDUARDO PRADO E CASEMIRO. **Física: eletromagnetismo, física moderna, 3º ano – 3.ed – São Paulo : FTD, 2016.**

COLEÇÃO GRANDES PENSADORES. **Revista Nova Escola.** São Paulo: Abril. Vol.2 p. 92-94, 2008.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física.** São Paulo: Cortez, 1991.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P. **Metodologia do ensino de ciências.** 2. ed. São Paulo: Cortez, 1994. 208 p.

GUIMARÃES, OSVALDO. **Física ensino médio, Vol. 03, 1ª Ed** Editora ática.

LIMA, Inácio M. de; GERMANO, M. G. **Experimentos demonstrativos e ensino de Física: uma experiência na sala de aula.** *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física.*

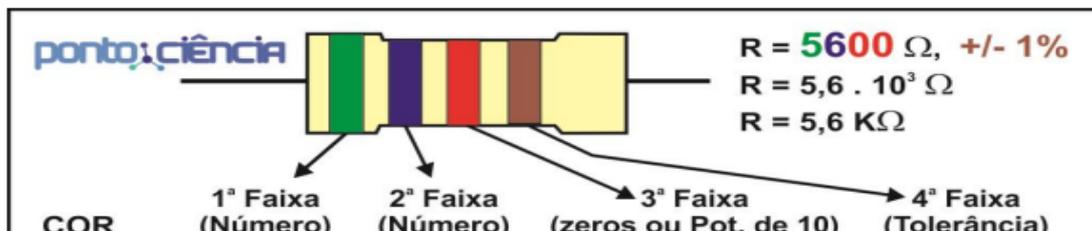
PERUZZO, JUCIMAR. **A Física Através de Experimentos: Eletromagnetismo, Física Moderna e Ciências Espaciais.** V.III / Jucimar Peruzzo. Irani (SC): 2013.

RAMALHO, NICOLAU E TOLEDO. **Os Fundamentos da Física**, Vol. 03, 7ª Ed. Editora Moderna;

REGO, T. C. VYGOTSKY: **uma perspectiva histórico-cultural da educação.** Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 1995.

SANTOS, Jessica F. M. dos; COSTA, Gláucia G. G.; CATUNDA, Tomaz. **Análise da inserção de atividades investigativas nas aulas experimentais em um curso de eletricidade e magnetismo no ensino superior.** *XX Simpósio Nacional de Ensino de Física.*

Anexo 1. Código de Cores dos Resistores



$R = 5600 \Omega, +/- 1\%$
 $R = 5,6 \cdot 10^3 \Omega$
 $R = 5,6 \text{ K}\Omega$

COR	1ª Faixa (Número)	2ª Faixa (Número)	3ª Faixa (zeros ou Pot. de 10)	4ª Faixa (Tolerância)
Preto	—	0	—	—
Marrom	1	1	0 ($\times 10^1$)	1%
Vermelho	2	2	00 ($\times 10^2$)	2%
Laranja	3	3	000 ($\times 10^3$)	—
Amarelo	4	4	0000 ($\times 10^4$)	—
Verde	5	5	00000 ($\times 10^5$)	—
Azul	6	6	000000 ($\times 10^6$)	—
Violeta	7	7	—	—
Cinza	8	8	—	—
Branco	9	9	—	—
Ouro	—	—	$\times 0,1$ ($\times 10^{-1}$)	5%
Prata	—	—	$\times 0,01$ ($\times 10^{-2}$)	10%

Código de cores dos resistores

Fonte: Ponto Ciência, 2020.

APÊNDICE B - Termo de Consentimento**Termo de Consentimento e Adesão para participar como colaborador da pesquisa de Mestrado em Ensino de Física****UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI****CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN****MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Célio Aécio Borges

PESQUISA: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA BASEADAS NA MEDIAÇÃO.

Você está sendo convidado para participar, como voluntário de uma pesquisa no Ensino de Física. Leia cuidadosamente o que se segue e pergunte ao responsável por esse estudo sobre quaisquer dúvidas caso as tenha. Esta pesquisa será conduzida pelo mestrando JOAQUIM MARQUES DA SILVA NETO. Após ser esclarecido sobre as informações a seguir e, caso aceite fazer parte do estudo, assine este documento impresso em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Se tiver dúvida, você poderá procurar a Coordenação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, do Centro de Ciências da Natureza, da Universidade Federal do Piauí, ou o pesquisador responsável por esta pesquisa.

Joaquim Marques da Silva Neto
(Mestrando)

ADESÃO PARA PARTICIPAR COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, _____, RG nº _____, abaixo assinado concordo em participar do estudo ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA BASEADAS NA MEDIAÇÃO, participando de aulas teórico-práticas, empregando o laboratório, envolvendo os conceitos de Eletrodinâmica, com uma carga horária máxima de 10 horas. Tive pleno conhecimento das informações que li e que foram descritas sobre o referido estudo. Discuti com o mestrando Joaquim Marques da Silva Neto sobre minha decisão em participar desta pesquisa. Ficaram claros para mim os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou evidente também que minha participação é isenta de quaisquer despesas bem como de remuneração. Concordo, voluntariamente, em participar desse estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos pessoais.

Teresina, ____ de dezembro de 2022.

Assinatura do participante/sujeito da pesquisa

APÊNDICE C – Questionário (pré-teste)

Questionário (pré-teste) para avaliar conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conteúdos de Eletrodinâmica

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ – UFPI
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA - CCN
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

Teresina (PI), ____ de _____ de 2021

Prezado Estudante,

Sou aluno da Universidade Federal do Piauí – UFPI, do Centro de Ciências da Natureza, do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF e estou realizando uma pesquisa intitulada ATIVIDADES EXPERIMENTAIS PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICOS NA EDUCAÇÃO BÁSICA BASEADAS NA MEDIAÇÃO, voltada para a elaboração da dissertação de Mestrado e do Produto Educacional que, neste caso, será uma sequência de atividades com atividades teórico e práticas, a partir do uso do laboratório, envolvendo esse conceito, sob a orientação do Prof. Dr. Célio Aécio Borges. Tem como objetivo geral desenvolver aulas de Física, em uma turma de Ensino Médio, usando atividades experimentais, afim de possibilitar aos alunos a aprendizagem de eletrodinâmica. Especificamente sobre esse primeiro momento da pesquisa, o objetivo é o de fazer o diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos do 3º ano do Ensino Médio do CEEP José Pacífico de Moura Neto, bem como de suas estratégias de resolução de problemas. Para tanto, solicitamos que nas folhas em branco (em anexo), o aluno descreva as estratégias empregadas na resolução dos problemas propostos no questionário. Assim, conto com o apoio da colaboração de cada um de vocês no sentido de que respondam sinceramente o questionário em anexo, pois me comprometo em manter seu nome sob sigilo. Agradeço antecipadamente e coloco-me à sua disposição para quaisquer esclarecimentos.

Atenciosamente,

Joaquim Marques da Silva Neto

Questionário Pré-teste

Nome do aluno: _____

Sexo: () Feminino () Masculino

Idade: _____

1) O que você entende por corrente elétrica?

2) O que significa a sigla ddp e qual sua função em um circuito elétrico?

3) Que dispositivos produzem uma diferença de potencial elétrico (ddp) em um circuito elétrico?

4) Qual a função de um resistor em um circuito elétrico?

5) Qual o valor da corrente elétrica para um circuito com uma ddp de 20V e resistência de 1k Ω ?

6) Quando dois resistores estão em um circuito ligados em série, como podemos avaliar o valor da resistência equivalente?

7) Quando dois resistores estão em um circuito ligados em paralelo, como podemos avaliar o valor da resistência equivalente?

8) Em um circuito com resistores ligados em serie, podemos afirmar que:

- a) Todos os resistores experimentam a mesma ddp
- b) Todos os resistores serão percorridos pela mesma corrente elétrica
- c) Cada resistor será percorrido por uma corrente elétrica diferente.
- d) A resistência equivalente não pode ser definida.

9) Em um circuito com resistores em paralelo, podemos afirmar que:

- a) Todos os resistores experimentam a mesma ddp
- b) Todos os resistores serão percorridos pela mesma corrente elétrica
- c) Os resistores estarão ligados aos terminais uns dos outros.
- d) A resistência equivalente não pode ser definida.

10) Em um circuito com um resistor e um capacitor, em relação ao tempo de carga e descarga:

- a) São diretamente proporcionais
- b) São inversamente proporcionais
- c) São iguais
- d) Um vale o dobro do outro.

