

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

EDIVALDO RIBEIRO ABREU

**MANUAL DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE CIRCUITO
ELÉTRICO COM O USO DE MATERIAIS RECICLADOS**

TERESINA
2025

EDIVALDO RIBEIRO ABREU

**MANUAL DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE CIRCUITO
ELÉTRICO COM O USO DE MATERIAIS RECICLADOS**

Dissertação de Mestrado/Produto Educacional apresentada 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: Física no Ensino Médio

Orientador(a): Prof. Dr. Micaías Andrade Rodrigues

**TERESINA
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências da Natureza
SERVIÇO DE PROCESSOS TÉCNICOS

A162m Abreu, Edivaldo Ribeiro.

Manual de experimentos para o ensino de circuito elétrico com o uso de materiais reciclados / Edivaldo Ribeiro Abreu. – 2025.

156 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF, Teresina, 2025.

“Orientador: Prof. Dr. Micaías Andrade Rodrigues.”

1. Ensino de física. 2. Circuito elétrico. 3. Teoria Social de Aprendizagem. 4. Experimentação. 5. Comunidade de Prática.

I. Rodrigues, Micaías Andrade. II. Título.

CDD 530.1

Bibliotecário: Gésio dos Santos Barros - CRB3/1469

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 EDIVALDO RIBEIRO ABREU

Às nove horas do dia onze de março de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se no Auditório do Departamento de Física da UFPI a Comissão Julgadora da dissertação intitulado **"MANUAL DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE CIRCUITO ELÉTRICO**

COM O USO DE MATERIAIS RECICLADOS" do discente Edivaldo Ribeiro Abreu, composta pelos professores Micaías Andrade Rodrigues (orientador, UFPI), Adriano Santana Soares (UFPI) e Alexandre de Castro Maciel (UFPI), 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. Micaías Andrade Rodrigues, 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, 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 aluno foi considerado APROVADO, 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, 11 de março de 2025.

Prof. Micaías Andrade Rodrigues

Documento assinado digitalmente
 **MICAÍAS ANDRADE RODRIGUES**
Data: 11/03/2025 09:13:00-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Adriano Santana Soares

Documento assinado digitalmente
 **ADRIANO SANTANA SOARES**
Data: 11/03/2025 09:05:40-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Alexandre de Castro Maciel

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE DE CASTRO MACIEL**
Data: 11/03/2025 09:18:54-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico essa dissertação aos meus pais e meus irmãos que acima de tudo puseram minha educação em primeiro lugar, e assim me fizeram compreender a importância que há nos estudos.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todos os dias realizar o milagre da vida em mim e em minha família, permitindo-me estabilidade emocional e carinho no seio familiar.

Aos meus pais Emidia Maria do Rosário Abreu e Jose Ribeiro de Abreu, por todo o amor e dedicação empenhados durante toda minha vida, sempre com o intuito de me proporcionar uma boa educação.

Aos meus irmãos por todo carinho e apoio a minha educação em especial a minha irmã Maria Antônia por todo apoio e incentivo ao meu crescimento.

A minha esposa Édila Rayane Viana Neponuceno, por sempre me incentivar a crescer e apoiar em minha carreira profissional.

Ao meu orientador Prof Dr. Micaías Andrade Rodrigues, por toda força e incentivo de esperança em meu trabalho, com sua orientação.

Aos colegas de turma pela troca de experiências

Aos colegas professores, coordenadores e diretores do colégio Ceti Raldir Cavalcante Bastos, pela compreensão, em especial a coordenadora Teresinha de Jesus.

Aos alunos pela colaboração na implementação do projeto.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, que atua na expansão e consolidação da pós-graduação stricto sensu em todos os estados brasileiros.

A Sociedade Brasileira de Física, que nos proporciona o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF.

A Universidade Federal do Piauí que procura ofertar sempre de forma excelentes seus cursos de graduação a pós graduação.

Resumo

Este trabalho foi desenvolvido no contexto do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, contando com o suporte da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Sociedade Brasileira de Física (SBF). A física encontra-se distante da realidade dos alunos e é vista de forma bastante matematizada, o que cria um desestímulo nos mesmos. Os fenômenos analisados parecem estar longe da realidade diária dos estudantes. Nesse contexto, é fundamental desenvolver um conhecimento colaborativo que vá além das estruturas convencionais da sala de aula, pois isso contribui para uma aprendizagem mais significativa. A Teoria Social da Aprendizagem proposta por Wenger enfatiza uma abordagem que conecta diretamente a aprendizagem ao contexto de ação, considerando isso como um elemento da prática social. Sendo assim, este trabalho tem como objetivo de estudo a construção de um manual de experimento com o uso de materiais reciclados construído pelos alunos durante as aulas de circuito elétrico, embasado no conceito de Comunidade de Prática e na Teoria Social da Aprendizagem, de Wenger. Este estudo é de natureza qualitativa, e sua abordagem metodológica se destaca por priorizar a subjetividade e a complexidade dos fenômenos analisados. As aulas sugeridas abrangeram debates sobre conceitos físicos ligados ao fenômeno em análise, os quais se desenrolaram de maneira eficiente, devido à facilidade de manipulação do experimento. Este trabalho demonstrou que a educação, quando aliada à prática e à colaboração, pode ser um poderoso agente de transformação. Os alunos não apenas aprenderam sobre os conteúdos, mas também descobriram o valor do trabalho em grupo e da pesquisa científica, preparando-se para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Palavras-chave: Circuito elétrico; ensino de física; Comunidade de Prática, Teoria Social de Aprendizagem; Experimentação.

ABSTRACT

This work was developed in the context of the National Professional Master's Degree in Physics Teaching, with the support of the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the Brazilian Physics Society (SBF). Physics is far from the reality of students and is seen in a very mathematical way, which discourages them. The phenomena analyzed seem to be far from the daily reality of students. In this context, it is essential to develop collaborative knowledge that goes beyond conventional classroom structures, as this contributes to more meaningful learning. The social theory of learning proposed by Wenger emphasizes an approach that directly connects learning to the context of action, considering it as an element of social practice. Therefore, this work aims to study the construction of an experiment manual using recycled materials built by students during electrical circuit classes, based on the concept of Community of Practice and Wenger's Social Theory of Learning. This study is qualitative in nature, and its methodological approach stands out for prioritizing the subjectivity and complexity of the phenomena analyzed. The suggested classes included debates on physical concepts related to the phenomenon under analysis, which unfolded efficiently, due to the ease of manipulation of the experiment. This work demonstrated that education, when combined with practice and collaboration, can be a powerful agent of transformation. Students not only learned about the content, but also discovered the value of group work and scientific research, preparing themselves to face the challenges of the contemporary world.

Keywords: Electrical circuit; Physics teaching; Community of Practice; Social Learning Theory; Experimentation.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1. Representação gráfica dos níveis de participantes numa CP..... | 10 |
| Figura 3.2. Principais eixos de tradições relevantes..... | 12 |
| Figura 3.3. Elementos constituintes da Teoria Social da Aprendizagem..... | 15 |
| Figura 5.1. Fluxo de corrente elétrica..... | 28 |
| Figura 5.2. Corrente que entra na bifurcação é igual a que sai..... | 29 |
| Figura 5.3. Resistividade elétrica..... | 31 |
| Figura 5.4. Lei de Ohm..... | 32 |
| Figura 5.5. Estabelecimento de uma corrente..... | 33 |
| Figura 5.6. Circuito elétrico simples..... | 35 |
| Figura 5.7. Trabalho sobre portadores de carga..... | 36 |
| Figura 5.8. Circuito de uma malha ligada a uma resistência..... | 37 |
| Figura 5.9. Resistores em série atravessados pela mesma corrente..... | 38 |
| Figura 5.10. Circuito com mais de uma malha formado por três ramos..... | 39 |
| Figura 5.11. A corrente que sai de um nó é igual à corrente que entra..... | 40 |
| Figura 5.12. Resistores ligados em paralelo entre os pontos <i>a</i> e <i>b</i> | 41 |
| Figura 5.13. Circuito de uma malha, mostrando como ligar um amperímetro..... | 42 |
| Figura 6.1. Vista frontal da escola CETI Raldir Cavalcante Bastos..... | 47 |
| Figura 7.1. Materiais eletrônicos dquirido..... | 59 |
| Figura 7.2. Desmonte dos materiais eletrônicos..... | 60 |
| Figura 7.3. Catalogação dos componentes do circuito elétrico..... | 60 |
| Figura 7.4. Suporte para circuito..... | 63 |
| Figura 7.5. Circuito elétrico com <i>leds</i> sendo alimentado com motores..... | 64 |
| Figura 7.6. Circuito elétrico com <i>leds</i> alimentados com baterias 3V..... | 65 |
| Figura 7.7. Circuito elétrico com <i>leds</i> alimentados com baterias 9V..... | 65 |
| Figura 7.8. Circuito elétrico em série com <i>leds</i> iguais..... | 67 |
| Figura 7.9. Circuito elétrico em série com <i>leds</i> de cores diferentes..... | 68 |
| Figura 7.10. Circuito elétrico em paralelo com <i>leds</i> diferentes..... | 69 |
| Figura 7.11. Circuito elétrico em paralelo com <i>leds</i> iguais..... | 70 |
| Figura 7.12. Circuito elétrico misto..... | 71 |
| Figura 7.13. Circuito em curto..... | 72 |
| Figura 7.14. Resposta dos alunos..... | 73 |

| | |
|---|-----|
| Figura 7.15. Bancada de instalação elétrica convencional..... | 76 |
| Figura 7.16. Circuito elétrico com material reciclado..... | 77 |
| Figura 7.17. Circuito elétrico 220V..... | 79 |
| Figura 7.18. Participação periférica..... | 81 |
| Figura 7.19. Relatos e observações do grupo 04 no caderno..... | 82 |
| Figura 7.20. Entendimento de circuito elétrico..... | 86 |
| Figura 7.21. Compreensão do que é resistor..... | 90 |
| Figura 7.22. Entendimento de circuito elétrico pós-teste..... | 95 |
| Figura 7.23. Compreensão do que é resistor pós-teste..... | 99 |
| Figura 7.24. Resposta relação resistência versus corrente..... | 100 |
| Figura 7.25. Resposta circuito serie e em paralelo..... | 101 |
| Figura 7.26. Bobina de led..... | 108 |

LISTA DE QUADROS E TABELAS

| | |
|--|----|
| Quadro 01 – Sumário da sequência didática do presente trabalho..... | 48 |
| Quadro 02 – Orientações para realização dos experimentos..... | 74 |
| Tabela 01 – Componentes catalogados..... | 61 |
| Tabela 02 – Custo da bancada de experimento convencional..... | 77 |
| Tabela 03 – Custo do circuito com material reciclado..... | 78 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-------------------------|--|
| BNCC | Base Nacional Comum Curricular |
| CA ou AC | Corrente alternada |
| CC ou DC | Corrente contínua |
| CETI - CETI | Professor Raldir Cavalcante Bastos |
| CP | Comunidade de Prática |
| Ddp | Diferença de potencial |
| EM13CNT101 | Primeira habilidade, ciências da natureza e suas tecnologias do ensino médio da competência específica 1 para todo o ensino médio. |
| EM13CNT102 | Segunda habilidade, ciências da natureza e suas tecnologias do ensino médio da competência específica 1 para todo o ensino médio. |
| EM13CNT103 | Terceira habilidade, ciências da natureza e suas tecnologias do ensino médio da competência específica 1 para todo o ensino médio. |
| EM13CNT106 | Sexta habilidade, ciências da natureza e suas tecnologias do ensino médio da competência específica 1 para todo o ensino médio. |
| ENEM | Exame Nacional de Ensino Médio |
| IFPI | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia |
| G1, G2, G3, G4, G5 e G6 | Grupos de alunos |
| GRE | Gerência Regional de Educação |
| OCDE | Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PE | Produto Educacional |
| PISA | Programa Internacional de Avaliação de Estudantes |
| SEDUC - PI | Secretaria de Estado da Educação do Piauí |
| SENJUV | Secretaria Municipal da Juventude |
| SI | Sistema internacional de unidades de medida |
| TCC | Trabalho de Conclusão do Curso |

LISTA DE TABELAS E GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 5.1. Gráficos $i \times V$ para resistores: (a) ôhmicos e (b) não-ôhmicos..... | 33 |
| Gráfico 7.1. Resposta da questão 1 (pré-teste) | 84 |
| Gráfico 7.2. Resposta da questão 2 (pré-teste) | 84 |
| Gráfico 7.3. Resposta da questão 3 (pré-teste) | 85 |
| Gráfico 7.4. Resposta da questão 4 (pré-teste) | 86 |
| Gráfico 7.5. Resposta da questão 5 (pré-teste) | 87 |
| Gráfico 7.6. Resposta da questão 6 (pré-teste) | 87 |
| Gráfico 7.7. Resposta da questão 7 (pré-teste) | 88 |
| Gráfico 7.8. Resposta da questão 8 (pré-teste) | 90 |
| Gráfico 7.9. Resposta da questão 9 (pré-teste) | 91 |
| Gráfico 7.10. Resposta da questão 10 (pré-teste) | 91 |
| Gráfico 7.11. Resposta da questão 1 (pós-teste) | 93 |
| Gráfico 7.12. Resposta da questão 3 (pós-teste) | 94 |
| Gráfico 7.13. Resposta da questão 5 (pós-teste) | 96 |
| Gráfico 7.14. Resposta da questão 7 (pós-teste) | 98 |
| Gráfico 7.15. Resposta da questão 8 (pós-teste)..... | 99 |
| Gráfico 7.16. Resposta da questão 11 (pós-teste) | 102 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|---|-----------|
| 1. | MEMORIAL ACADÊMICO E PROFISSIONAL | 1 |
| 2. | INTRODUÇÃO | 4 |
| 3. | COMUNIDADE DE PRÁTICA E TEORIA SOCIAL DA APRENDIZAGEM | 9 |
| 3.1 | Comunidade de Prática..... | 9 |
| 3.2 | Teoria Social da Aprendizagem..... | 12 |
| 3.2.1 | Conhecimento tácito e explícito | 16 |
| 3.2.2 | Participação e aprendizagem | 18 |
| 4. | EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA, CONFECÇÃO E UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS FEITOS DE SUCATA NA EDUCAÇÃO BÁSICA | 20 |
| 4.1 | Competências e habilidades voltadas ao ensino de física..... | 20 |
| 4.2 | Teorias de Wenger aplicadas ao ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados..... | 22 |
| 4.3 | Aplicação das teorias de Wenger no desenvolvimento do manual de experimentos | 23 |
| 4.4 | Legitimação e transformação | 26 |
| 5. | A ELETRICIDADE E O ENSINO DE FÍSICA | 28 |
| 5.1 | Corrente Elétrica | 28 |
| 5.2 | Resistência e resistividade..... | 30 |
| 5.2.1 | Cálculo da resistência a partir da resistividade | 31 |
| 5.3 | Lei de Ohm..... | 32 |
| 5.4 | Potência em circuitos elétricos..... | 33 |
| 5.5 | Circuito elétrico | 35 |
| 5.5.1 | Trabalho, energia e força eletromotriz | 36 |
| 5.5.2 | Circuitos de uma malha: cálculo da corrente | 37 |
| 5.5.2.1 | Método da energia | 37 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 5.5.2.2 | Método do potencial | 38 |
| 5.5.3 | Resistência em série | 38 |
| 5.5.4 | Circuitos com mais de uma malha..... | 39 |
| 5.5.5 | Resistência em paralelo | 41 |
| 5.5.6 | O amperímetro e o voltímetro | 42 |
| 6. | METODOLOGIA | 44 |
| 6.1 | Caracterização da Pesquisa | 44 |
| 6.2 | Análise dos dados..... | 46 |
| 6.3 | Caracterização da escola e da turma | 46 |
| 6.4 | Desenvolvimento do manual de experimentos | 48 |
| 6.5 | Validação do manual de experimentos..... | 54 |
| 6.6 | Produto Educacional..... | 56 |
| 7. | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 58 |
| 7.1 | Descrição dos experimentos desenvolvidos | 62 |
| 7.1.1 | Circuito elétrico simples com ou sem resistor | 64 |
| 7.1.2 | Circuito elétrico em série | 66 |
| 7.1.3 | Circuito elétrico em paralelo | 68 |
| 7.1.4. | Circuito elétrico misto | 70 |
| 7.1.5. | Curto-circuito..... | 72 |
| 7.2 | Avaliação do manual de experimentos..... | 73 |
| 7.3 | Considerações sobre a eficácia do uso de materiais reciclados. | 75 |
| 7.4 | Contribuições para o ensino de circuitos elétricos | 80 |
| 7.5 | Resultado obtido no pré-teste e pós-teste | 83 |
| 7.5.1 | Pré-teste..... | 83 |
| 7.5.2 | Pós-teste | 92 |
| 8. | Considerações finais | 106 |
| | REFERÊNCIAS | 111 |

| | |
|--|------------|
| APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL | 114 |
| APÊNDICE B – Pré-teste..... | 141 |
| APÊNDICE C – Pós-teste | 143 |
| APÊNDICE D – Orientações para os Alunos ao realizarem os Experimentos . | 145 |

1. MEMORIAL ACADÊMICO E PROFISSIONAL

Sou Edivaldo Ribeiro Abreu, docente da área de Ciências da Natureza na Educação Básica, professor de Física na escola Centro de Educação em Tempo Integral CETI Professor Raldir Cavalcante Bastos, jurisdicionada à Seduc-PI, e aqui venho relatar acerca da minha trajetória profissional.

Convém ressaltar que no ano de 2007, no último ano da Educação Básica, prestei o meu primeiro vestibular para o curso de Licenciatura Plena em Física no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia - IFPI, embora minha família desejasse que eu optasse pelo curso de Direito. Motivado pela intencionalidade de contribuir no campo educacional, decidi consciente e consistentemente tentar ingressar na educação superior para o estudo da Física, sendo que obtive êxito na aprovação. Em se tratando de uma experiência acadêmica muito significativa, a graduação foi permitindo gerar excelentes perspectivas para atuação profissional.

Com base nisso, em meados do ano de 2010, comecei a docência em uma escola da rede municipal de Teresina-PI, ministrando aulas de Matemática na Escola Municipal Conselheiro Saraiva durante 8 meses. Em 2011, apesar de estar submetido a uma carga horária extensa de disciplinas na universidade, passei, de fato, a trabalhar com o componente curricular de Física em um preparatório para vestibulares, no programa Universidade ao alcance de todos, mantido pela Secretaria Municipal da Juventude – SEMJUV, da Prefeitura Municipal de Teresina - PI.

Nesse percurso, ao conciliar as atividades acadêmicas e as atividades escolares, no ano de 2011/2, consegui concluir as disciplinas obrigatórias, contudo o trabalho de conclusão do curso (TCC) só foi apresentado em 2013 em virtude de uma greve no início do ano de 2012. É importante ressaltar que o exercício do magistério continua sendo uma forma muito valorosa de vivenciar a educação em todas as suas dimensões tendo em vista que participar diretamente da dinâmica escolar fortaleceu minha formação integralmente.

Dando continuidade a essa explanação sobre minha trajetória profissional, destaco minha inserção em uma escola particular de Teresina, na Escola Batista El-Shalon, em 2013, o que propiciou vivências em diversos espaços educacionais, pois passei a atuar não só na rede pública de ensino. Tendo em vista o foco de estudar para concursos, mantive-me dedicado aos estudos na área de Física com o intuito de

uma aprovação cuja possibilidade me permitisse ampliar e aplicar os conhecimentos necessários para transformar realidades.

Com isso, continuei atuando também na educação pública, sendo classificado duas vezes como professor substituto do estado do Piauí. Um dissabor enfrentado nesse período diz respeito ao fato de não poder desenvolver um trabalho contínuo já que professores efetivos, por diversas vezes assumiam as vagas, sendo obrigado a mudar de escola.

Levando em consideração os esforços e estratégias coordenados no sentido de obter aprovação em concurso público, persisti pautado na concepção de que a perseverança associada à organização seria a condição para atingir esse objetivo. Sendo assim, em 2014, consegui a minha primeira aprovação para o concurso de professor efetivo da Secretaria de Estado da Educação do Piauí - SEDUC, o que não significou nem representou uma pausa nos estudos.

Em março de 2017, tomei posse na SEDUC/PI para a 2ª Gerência Regional de Educação (GRE), que fica localizada no município de Barras. Trabalhei na Escola Nossa Senhora da Conceição por dois anos. No primeiro ano de trabalho na referida escola, participei de diversos trabalhos de pesquisas com os discentes, cujas abordagens eram sobre as três principais fontes de produção de energias renováveis do Brasil: hídrica, solar e eólica.

Nesse contexto essa atividade foi apresentada durante a realização do circuito de ciências do estado do Piauí, sendo premiado na segunda colocação entre os melhores trabalhos, cujo temática era energias renováveis. No ano seguinte desenvolvemos um trabalho que consistia na desferrização da água do subsolo de Barras, por ter uma grande concentração de ferro na água, alcançando a primeira colocação do circuito de ciências do estado do Piauí.

Em 2019, consegui uma remoção para a 21ª GRE, regional de Teresina, sendo lotado no CETI Professor Raldir Cavalcante Bastos. Durante esses quatro anos, participei de diversos projetos de aperfeiçoamento profissional. Nesse trajeto, desenvolvi o projeto de Robótica com o corpo discente da escola a partir do uso de arduínos, tornando-se destaque. As ações desenvolvidas nesse projeto revelam uma prática exitosa fundamentada na articulação entre Física e Robótica, interessada sobretudo nas possibilidades de aprendizagens dos estudantes. É interessante frisar que o mestrado profissional poderá fortalecer o desenvolvimento desse projeto,

potencializando uma provável linha de pesquisa nessa etapa de estudos a que finalizo.

Diante do exposto, considero que o meu perfil interdisciplinar, tanto na minha formação profissional quanto acadêmica, pode contribuir de forma significativa para o processo de orientação de alunos oriundos de áreas voltadas ao conhecimento de Física e para a elaboração de uma produção científica de muitos outros professores.

2. INTRODUÇÃO

Atualmente o ensino de ciências no Brasil enfrenta diversos desafios, sendo um deles a falta de recursos financeiros nas escolas para a aquisição de materiais didáticos adequados. Castro (2015, p. 102) aponta que a escassez de verbas destinadas ao setor educacional compromete a qualidade do ensino, levando à precarização das condições de trabalho e aprendizado. O ensino de circuito elétrico é certamente um dos mais prejudicados nesse sentido, pois requer componentes específicos, muitas vezes caros e difíceis de serem adquiridos pelas escolas públicas.

Assim, também, é necessário considerar o contexto socioeconômico dos alunos das escolas públicas brasileiras. Na maioria das vezes, eles não têm acesso a informações e nem a experiências práticas que possam despertar o interesse e a curiosidade pelas ciências. Isso fica evidente quando analisamos algumas estatísticas no cenário das escolas da educação básica. Andrade (2018, p. 45) sugere que a criatividade na utilização de itens do cotidiano, como garrafas pet, papel e água, pode proporcionar experiências práticas valiosas, permitindo que os estudantes realizem observações e tirem conclusões a partir de experimentos que podem ser realizados em sala de aula ou em casa.

De acordo com o resultado do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) em 2022, o Brasil ocupa a 62ª posição entre 81 países no *ranking* de pesquisas e estudos das ciências com 403 pontos, atrás de outros países da América Latina, como Chile (444), Uruguai (435) e Colômbia (411), ocupando o último lugar empatado com Argentina e Peru (Brasil, 2023). Isso demonstra o quanto existe a necessidade de buscar soluções inovadoras e acessíveis para melhorar o ensino dessa disciplina.

Ao alisar essas questões, busca-se uma proposta de um manual de experimentos para o ensino de Circuito elétrico com o uso de materiais reciclados como uma alternativa eficiente e de baixo custo para auxiliar os professores no ensino dessa temática.

Nesse viés, a reciclagem é um assunto de extrema relevância nos dias de hoje, pois vem a contribuir para a preservação do meio ambiente e a construção de uma sociedade mais sustentável. Quando utiliza materiais reciclados nos experimentos, os alunos têm a oportunidade de compreender e entender a importância da reutilização de recursos e a relação entre a ciência e a preservação ambiental.

Entretanto, o uso de materiais reciclados permite que os experimentos possam ser adaptados à realidade dos alunos, facilitando a compreensão dos conceitos de circuito elétrico. Isso pode ser possível com a utilização de garrafas plásticas, papel alumínio, fios de cobre, entre outros materiais simples e acessíveis em sucatas eletrônicas para construir circuitos simples e realizar experimentos práticos.

Produzido por diversas origens, como casas, empresas e demais instituições, o resíduo eletrônico é caracterizado como qualquer objeto que possua uma conexão elétrica ou bateria (englobando dispositivos elétricos e eletrônicos), como, por exemplo, micro-ondas, celulares, ar-condicionados, brinquedos eletrônicos, notebooks e TVs de plasma, que atingiram o final de sua vida útil, assim como as peças que constituem tais produtos (Bortoli; Castaman 2020, p. 04). É importante que haja uma conscientização sobre a correta forma de descarte desses produtos eletrônicos, garantindo assim a preservação do meio ambiente e da saúde das pessoas.

Com essa abordagem também pode incentivar a criatividade e a capacidade de solucionar diversos problemas dos alunos e nos alunos, pois estes precisam buscar melhores alternativas para conseguir o funcionamento correto dos circuitos elétricos utilizando, para isto, materiais reciclados.

Entretanto, é de suma importância lembrar do potencial inclusivo desse manual de experimentos. Ao se utilizar materiais reciclados em experimentos de circuitos elétricos, é possível proporcionar a participação de alunos com deficiência física ou sensorial, adaptando os experimentos de acordo com suas necessidades e realidades, promovendo assim uma educação inclusiva. De acordo com Glorioso (2021, p.47) a adaptação dos experimentos é um mecanismo fundamental para garantir que todos os estudantes, independentemente de suas limitações, possam experimentar, explorar e aprender em igualdade de condições. Como exemplo disto pode-se citar o uso de *leds* para os alunos surdos e circuitos com dispositivos sonoros para os que apresentam deficiência visual.

Portanto, a contextualização do problema sobre um manual de experimentos para o ensino de circuito elétrico com o uso de materiais reciclados para alunos do ensino básico de escolas públicas no território brasileiro revela a importância de buscar soluções acessíveis baratas e eficientes para melhorar a qualidade do ensino de ciências em todas as escolas do país. Com essa abordagem, é possível estimular

o interesse dos alunos, promovendo o aprendizado de conceitos científicos e despertar a consciência ambiental nos alunos, contribuindo para formar cidadãos mais conscientes e preparados para os desafios do século XXI.

A utilização de materiais reciclados como recurso para o ensino de circuitos elétricos apresenta diversas vantagens. Em primeiro lugar, a reutilização de objetos do cotidiano dos estudantes promove a conscientização ambiental e estimula a prática da sustentabilidade. Essa ação torna as aulas mais acessíveis financeiramente e atrativa pela participação dos alunos, uma vez que muitas escolas não possuem recursos para aquisição de equipamentos tradicionais de laboratório. Por fim, utilizar materiais reciclados também permite que os alunos desenvolvam habilidades criativas e de resoluções de problemas, sabendo que é necessário adaptar esses materiais para a construção dos circuitos desejados.

Com o exposto acima fica evidenciado que, com a utilização do manual de experimentos, será possível estimular o interesse dos alunos pela ciência de forma lúdica e prática. Portanto, esse método permite que os estudantes vivenciem com a prática os conceitos aprendidos, proporcionando uma aprendizagem mais significativa e duradoura. Os experimentos propostos no manual poderão utilizar materiais reciclados como fios condutores, *leds*, resistores, geradores, alternadores, capacitores, fusíveis, entre outros, demonstrando aos alunos que é possível transformar materiais descartados em novos objetos úteis.

Dados e estatísticas apontam que a falta de acesso à uma Educação em Ciências de qualidade é um dos principais problemas enfrentados pelo Brasil. De acordo com o PISA (Brasil, 2023) apenas cerca de 45% dos estudantes brasileiros alcançam um nível satisfatório de proficiência em Ciências. Ou seja, a maioria está abaixo da média em comparação aos países que fazem parte da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Esse número alarmante aponta que a uma necessidade urgente de investir em estratégias pedagógicas inovadoras e eficazes, como a proposta desse manual de experimentos.

Ao permitir que os alunos experimentem, criem e projetem circuitos elétricos com o uso de materiais reciclados, está promovendo-se o desenvolvimento de habilidades essenciais ao século XXI, como o pensamento crítico, a criatividade e a habilidade para resolver problemas relacionados aos circuitos elétricos. Essas habilidades são

fundamentais para a formação de cidadãos conscientes e engajados, capazes de contribuir para a construção de uma sociedade mais sustentável e responsável.

Não se pode deixar de mencionar os benefícios econômicos que esta proposta pode trazer para o país junto à educação básica. A reciclagem correta e o reaproveitamento de materiais contribuem para a geração de empregos na cadeia produtiva da reciclagem, além de reduzirem a extração de matéria-prima e a utilização de energia na produção industrial.

Portanto, considerando a importância do ensino de circuito elétrico, juntamente com a necessidade de conscientização ambiental e a busca por uma educação de qualidade, defender a implementação de um manual de experimentos para o ensino de circuito elétrico com o uso de materiais reciclados é fundamental. Por meio dessa iniciativa, estaremos formando cidadãos mais conscientes, promovendo o desenvolvimento de habilidades essenciais e contribuindo para a construção de uma sociedade mais sustentável e responsável, em consonância com os objetivos do desenvolvimento sustentável estabelecidas pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU).

O objetivo geral desse Manual de Experimentos para o Ensino de Circuito Elétrico com o Uso de Materiais Reciclados é oferecer aos professores e alunos de escolas do ensino básico uma ferramenta prática, acessível e abundante para o aprendizado de circuitos elétricos. Busca-se proporcionar uma abordagem, lúdica e criativa, que estimule o interesse e a participação dos alunos, além de promover a conscientização ambiental e a utilização responsável dos recursos disponíveis em seu cotidiano.

Como objetivos específicos buscamos:

- Apresentar os conceitos básicos de circuito elétrico, como corrente elétrica, resistência, tensão e potência;
- Elaborar experimentos simples que possam ser realizados pelos alunos, utilizando materiais reciclados disponíveis e abundantes em seu cotidiano;
- Estimular a criatividade e o pensamento crítico dos alunos, incentivando-os a buscar soluções sustentáveis e alternativas para a montagem dos circuitos elétricos, demonstrando, por meio dos experimentos, a importância da coleta seletiva e do reaproveitamento de materiais recicláveis;
- Contribuir para o desenvolvimento de habilidades sócio emocionais, como

trabalho em equipe, habilidades de relacionamentos e habilidade de fazer escolhas éticas e respeitando as consequências para se mesmo e para os outros, necessárias na realização dos experimentos;

- Montar e organizar com o material e experimentos produzidos e adquiridos por alunos o laboratório de física de escola.

Esses objetivos foram influenciados significativamente pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018). A BNCC baseia-se em competências e habilidades que abrangem a relevância do ensino sobre a perspectiva do aprendizado dos alunos da educação básica (idem, p. 14).

Para que houvesse um melhor entendimento sobre a pesquisa, esta dissertação é estruturada em 8 seções, sendo a seção 1 destinada para o memorial acadêmico e profissional do autor desta dissertação; a seção 2 é destinada a introdução dessa obra; a seção 3 traz um breve relato da Teoria Social da Aprendizagem, de Wenger; a seção 4 faz referências a experimentação no ensino de física com o uso de experimentos; a seção 5 apresenta uma revisão literária da Física relativa aos conceitos e definições de circuito elétrico. A seção 6 faz referência a metodologia qualitativa: a distribuição por aulas, empregada como parte integrante da sequência didática. A seção 6 detalha a metodologia utilizada durante a sequência didática. A seção 7 expõe e analisa os dados coletados referentes a esta pesquisa e a seção 8 apresenta a conclusão da pesquisa.

3. COMUNIDADE DE PRÁTICA E TEORIA SOCIAL DA APRENDIZAGEM

De acordo com Wenger (1998), a aprendizagem é uma prática social, onde os indivíduos são participantes ativos e compartilham conhecimentos e experiências em Comunidades de Prática CP. Essas são, por natureza, ambientes de aprendizagem situada, em que se enfatiza que a aprendizagem deva ocorrer naturalmente por meio da participação em práticas sociais específicas. Essa abordagem é especialmente adequada para o ensino de circuito elétrico, pois possibilita que os alunos não apenas adquiram conhecimentos teóricos, mas também desenvolvam habilidades práticas essenciais para a compreensão e aplicação dos conceitos em experimentos. O tema em questão será tratado adiante.

A aprendizagem ocorre por meio da negociação de significados, ou seja, os alunos interagem com seus pares e com o professor orientador para construir significados compartilhados. Dentro desse contexto pode-se destacar que "a aprendizagem e a prática são processos sociais inseparáveis" (Wenger, 1998, p. 45).

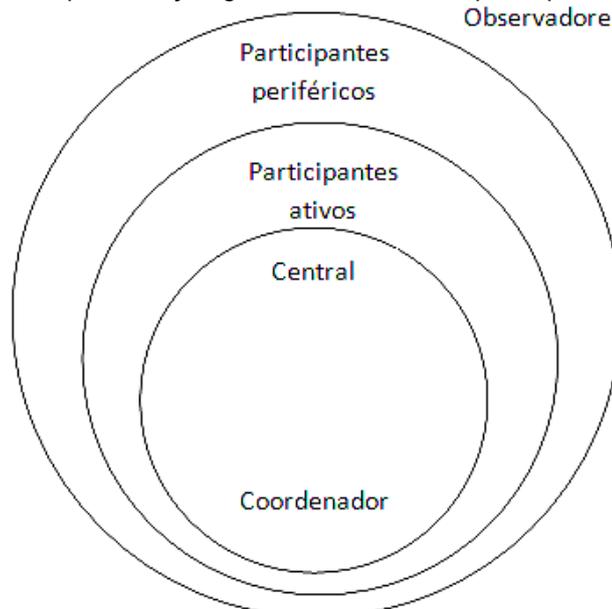
3.1 Comunidade de Prática

Comunidade de Prática é um conceito que ganha destaque por meio dos estudos e teorias de Etienne Wenger, autor renomado no campo da aprendizagem social. Wenger (1998) retrata como o compartilhamento de conhecimento e experiências em um contexto social pode promover um maior engajamento e aprendizagem.

Segundo o autor, uma Comunidade de Prática é um grupo de pessoas que compartilham um interesse em comum, se reúnem regularmente e interagem para aprender juntos. Essas comunidades são baseadas na colaboração, na troca de conhecimentos e na construção de um sentido de identidade coletiva. Como Wenger afirma: "Comunidades de Prática são grupos de pessoas que se empenham em uma prática compartilhada e aprendem a partir dessa prática" (2002, p. 4).

De acordo com Lave e Wenger (1991), existem diferentes níveis de participantes em uma CP típica, conforme podemos verificar na Figura 3.1:

Figura 3.1. Representação gráfica dos níveis de participantes numa CP
Observadores



Fonte: Baseada em Lave e Wenger (1991) por Rodrigues (2019, p. 36).

A representação acima expõe a forma como estão nivelados os participantes em uma CP. Os níveis, do interno para o externo, são:

Central – ocupa o posto de líder da comunidade, com o papel de conduzir os projetos, propor novos temas e desafios;

Ativo – nesse nível estão os participantes que se encontram regularmente e participam de forma efetiva nas discussões;

Periférico – nível composto pelos elementos novos na comunidade, os quais vão observando e aprendendo.

A teoria de Wenger também destaca como é fundamental o papel das Comunidades de Prática no desenvolvimento profissional e na capacidade de resolver problemas em grupo. Quando os membros de uma comunidade se envolvem em atividades práticas e se relacionam, eles constroem um repertório compartilhado de conhecimento e recursos que podem ser aplicados em situações cotidianas.

A aprendizagem em uma Comunidade de Prática não ocorre apenas através de instrução formal ou aquisição de conhecimento externo, mas também por meio da participação ativa e engajamento com os outros. Wenger destaca que: "A aprendizagem como participação é uma mudança de foco, da transmissão para a formação e da instrução para a participação" (1998, p. 5).

Um dos aspectos centrais da teoria das Comunidades de Prática é a importância dos limites e fronteiras. Wenger-Trayner *et al.* (2015) argumentam que as

Comunidades de Prática desenvolvem fronteiras tanto físicas quanto conceituais, estabelecendo quem pertence e quem está de fora do grupo. Essas fronteiras são importantes porque ajudam a criar identidades e a estabelecer laços de pertencimento entre os membros. Como os próprios autores afirmaram: “Os limites estão no centro do que define a associação, o aprendizado e a prática em uma comunidade” (p. 9).

Além disso, Wenger-Trayner *et al.* (2015) enfatizam a importância da participação periférica legítima, ou seja, a entrada gradual de novos membros na comunidade. Os novatos começam como observadores e aprendem a partir da participação periférica antes de se tornarem membros plenos. Esse processo é fundamental para a construção de conhecimento e para a garantia da continuidade da prática ao longo do tempo. Segundo os autores (p. 18) " a participação periférica legítima não é apenas uma etapa de transição, é parte inerente ao modo como a comunidade funciona e se reproduz ao longo do tempo".

Outro ponto chave da teoria das Comunidades de Prática é o conceito de conhecimento compartilhado. Wenger-Trayner *et al.* (2015) argumentam que as Comunidades de Prática são espaços onde ocorre um processo de negociação e construção de conhecimentos coletivos. Os membros contribuem com suas experiências individuais e conhecimentos específicos, e, através da interação, ocorre uma construção conjunta de conhecimento.

O conhecimento que surge em uma comunidade é resultado da negociação entre seus membros. Não se trata de acumular o conhecimento de cada um, mas do processo de interação, participação e resolução por meio do qual esse conhecimento surge. (Wenger-Trayner *et al.*, 2015, p. 123 – tradução nossa).

Uma das principais vantagens das Comunidades de Prática é a oportunidade de compartilhar experiências e soluções práticas entre os seus membros. Isso promove, sobretudo, a inovação e a resolução de problemas de forma colaborativa, como Wenger *et al.* afirmam: "A prática envolve um conjunto de desafios que eles [os membros da comunidade] enfrentam juntos" (2002, p. 5).

Além disso, a participação em uma Comunidade de Prática pode fortalecer a identidade dos seus membros atuantes, proporcionando um senso de pertencimento e conexão. Wenger destaca que "o pertencimento a uma comunidade é uma questão de identidade: saber quem somos em relação aos outros" (1998, p. 4). Dessa forma, o ser torna-se particularmente importante em contextos profissionais, nos quais a identidade baseada na prática pode ser um fator determinante.

Entretanto as Comunidades de Prática são grupos de pessoas que compartilham interesses e aprendem juntos através da participação ativa e colaboração do grupo. Com base nos estudos dos estudos de Wenger, compreendemos a importância dessas comunidades no desenvolvimento profissional e na resolução de problemas. Compartilhar conhecimento, experiências e fortalecer a identidade coletiva são os elementos-chave para o sucesso das Comunidades de Prática.

3.2 Teoria Social da Aprendizagem

A Teoria Social da Aprendizagem de Wenger é um importante conceito que compreende a aprendizagem como um processo social e situado. Desenvolvida pelo teórico Etienne Wenger na década de 1990, essa teoria destaca a aprendizagem social como uma atividade coletiva, construída em Comunidades de Prática.

A Teoria Social da Aprendizagem de Wenger tem como objetivo analisar o processo de aprendizagem a partir da perspectiva social, considerando a interação entre os indivíduos inseridos em uma Comunidade de Prática. Nessa abordagem, a aprendizagem é entendida como uma construção social que ocorre por meio do engajamento e da participação ativa dos sujeitos na comunidade.

Segundo Wenger (1998), a aprendizagem é um processo contínuo e dinâmico, que se dá por meio da participação em atividades sociais relacionadas à prática do grupo. O autor destaca que a aprendizagem não se limita apenas ao domínio de habilidades técnicas e diretas, mas também envolve a aquisição de conhecimentos teóricos, valores, normas e comportamentos compartilhados pela comunidade no todo.

Na participação ativa em uma Comunidade de Prática, o indivíduo é exposto às diferentes situações e desafios que estimulam seu processo de aprendizagem. Wenger (1998) ressalta que a aprendizagem ocorre por meio da participação legitimada nas práticas do grupo, o que implica no desenvolvimento da identidade social do indivíduo como membro da comunidade.

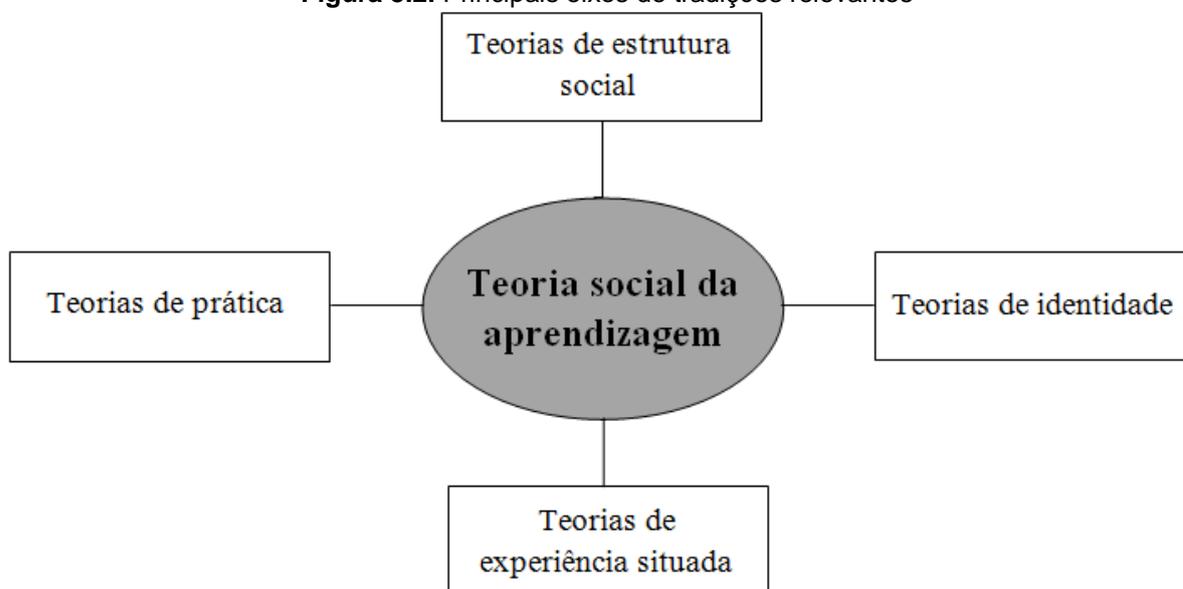
Além disso, a Teoria Social da Aprendizagem de Wenger destaca a importância do engajamento e da negociação de significados no processo de aprendizagem. Segundo o autor (1998), a aprendizagem é um processo de participação ativa e de

construção coletiva de conhecimento, em que os indivíduos compartilham e constroem significados a partir de suas experiências e interações.

Dessa forma, a Teoria Social da Aprendizagem de Wenger enfatiza a importância da participação social na construção do conhecimento. Aprendemos ao nos engajar com os outros, ao participar de situações reais e ao compartilhar experiências e conhecimentos.

A Teoria Social da Aprendizagem de Wenger abrange diferentes aspectos, como as teorias de estrutura social, identidade, experiência situada e prática. Essas teorias fornecem uma base conceitual para compreender como os indivíduos aprendem e se desenvolvem em Comunidades de Prática, destacando a importância das relações sociais, da construção da identidade, da experiência concreta e da participação nas práticas sociais. A figura 3.2 representa estes eixos principais:

Figura 3.2. Principais eixos de tradições relevantes



Fonte: Baseada em Wenger (1998) por Rodrigues (2019, p. 40).

Inicialmente, a teoria de estrutura social analisa como as relações sociais e os papéis desempenhados por diferentes membros da Comunidade de Prática influenciam a aprendizagem. Wenger (1998) argumenta que a estrutura social é fundamental para a criação de um ambiente propício ao compartilhamento de conhecimento e à construção conjunta de significados. Sendo assim, as relações entre os membros da comunidade, suas interações e formas de organização são fatores-chave na construção do conhecimento como um todo.

A teoria de identidade na Teoria Social da Aprendizagem de Wenger (1998) destaca a importância do processo de construção da identidade dos indivíduos dentro

da Comunidade de Prática. Segundo Wenger (1998), a identidade não é algo fixo e pré-determinado, mas sim um resultado das relações sociais e das experiências vividas pelos membros da comunidade. Sendo assim, a aprendizagem ocorre também na medida em que os indivíduos constroem sua identidade e se tornam parte ativa e participativa da comunidade.

A teoria de experiência situada na Teoria Social da Aprendizagem de Wenger (1998), pressupõe que a aprendizagem ocorre em contextos reais e concretos, em que os indivíduos se envolvem em atividades práticas e enfrentam desafios autênticos. De acordo com o autor (*idem*), a aprendizagem não é apenas um processo cognitivo, mas sim uma fusão do conhecimento, da experiência social e da ação. Assim sendo, a aprendizagem acontece de forma mais efetiva quando os indivíduos são expostos a situações concretas e têm a oportunidade de aplicar o que aprenderam em contextos reais e sociais.

Entretanto, a teoria de prática na Teoria Social da Aprendizagem de Wenger (1998) enfatiza que a aprendizagem não se limita apenas à aquisição de conhecimento teórico, mas sim à participação ativa em práticas sociais e experimentais. As práticas são entendidas como atividades compartilhadas pelos membros da Comunidade de Prática, que envolvem a aplicação de habilidades, conhecimentos e valores específicos da comunidade. Dessa forma, a aprendizagem se dá no contexto das práticas sociais e através da participação ativa nelas.

Todavia, a Teoria Social da Aprendizagem de Wenger (1998) coloca em destaque o papel da Comunidade de Prática e da participação ativa dos sujeitos no processo de aprendizagem, prendemos socialmente, por meio do engajamento e da participação nas práticas do grupo. O conhecimento é construído de forma coletiva e participativa, por meio da negociação de significados e da interação entre os indivíduos. Seguindo essa abordagem, a aprendizagem não é um processo individual e isolado, mas sim uma construção social que envolve a troca de experiências e conhecimentos entre os membros de uma comunidade praticante.

É evidente que a aprendizagem é um processo fundamental na vida de qualquer ser humano. Ao longo da história, diversos estudiosos têm se dedicado a compreender os diferentes aspectos envolvidos nesse processo, a fim de melhorar as estratégias educacionais. Dentre esses estudiosos, Wenger desenvolveu uma teoria baseada na união dos quatro componentes essenciais da aprendizagem, segundo o

próprio: comunidade, prática, significado e identidade. A Figura 3.3 representa a Teoria Social da Aprendizagem e seus componentes.

Figura 3.3. Elementos constituintes da Teoria Social da Aprendizagem



Fonte: Baseada em Wenger (1998) por Rodrigues (2019, p. 42).

Segundo Wenger, a comunidade é um dos pilares centrais para o aprendizado efetivo. Ele argumenta que, ao interagir com indivíduos que possuem interesses e objetivos semelhantes, os indivíduos têm a oportunidade de compartilhar conhecimentos e experiências, fortalecendo seu aprendizado. Como afirma Wenger, "uma comunidade é como uma sinfonia. Cada membro desempenha um papel único, mas todos estão harmoniosamente interligados em busca de um objetivo comum." (1998, p. 45).

A comunidade de prática CP proporciona um ambiente de troca e colaboração, onde o aprendiz pode tirar dúvidas, debater ideias e receber *feedbacks* construtivos, o que contribui para a ampliação de sua compreensão sobre um determinado assunto.

A prática é outro componente fundamental para a aprendizagem, de acordo com Wenger (1998). Ele destaca a importância de colocar em prática o que foi aprendido, através do engajamento ativo em situações reais. O autor acredita que a ação reflexiva é essencial para o aprendizado, pois permite que os aprendizes analisem seus próprios processos cognitivos, identifiquem pontos fortes e áreas a serem aprimoradas, promovendo assim, um aprofundamento do conhecimento adquirido.

Conforme o autor, o significado é um elemento que confere sentido à aprendizagem. Para ele, aprender aquilo que é percebido como relevante e significativo faz com que o indivíduo esteja mais motivado e comprometido com o

processo de aprendizagem. É fundamental que os conteúdos abordados estejam relacionados com a realidade e interesses do aprendiz, de forma que ele seja capaz de compreender a aplicabilidade do conhecimento adquirido em seu cotidiano.

Na aprendizagem, é fundamental que os indivíduos cultivem sua própria identidade, pois isso permite que eles se envolvam de forma significativa e autêntica com o conhecimento. A identidade não é apenas um resultado da aprendizagem, mas uma condição prévia para ela (Wenger, 1998, p. 45).

Diante disso, Wenger (1998) destaca a importância da identidade no processo de aprendizado. Ele argumenta que a aprendizagem é fundamental na construção de sua própria identidade indo além da aquisição de conhecimentos e habilidades, sendo também um processo de construção da identidade de cada indivíduo. Ao participar de uma Comunidade de Prática, o aprendiz desenvolve uma noção de pertencimento e passa a se sentir parte de um grupo que compartilha os mesmos interesses e valores. Isso colabora para o desenvolvimento da autoconfiança e da autoestima, aspectos essenciais para o crescimento pessoal e acadêmico.

Em síntese, pode-se concluir que a teoria de Wenger, que une os quatro componentes essenciais da aprendizagem para o mesmo – comunidade, prática, significado e identidade – é de suma importância para o aprimoramento dos processos educacionais e aprendizagens. Ao promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora, essa abordagem possibilita a formação de indivíduos mais preparados para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Portanto, seria interessante que professores e instituições de ensino incorporem essa perspectiva em suas práticas pedagógicas diárias, a fim de garantir uma educação mais eficiente e de qualidade.

3.2.1 Conhecimento tácito e explícito

Atualmente existem diferentes formas de conhecimento que são adquiridas e utilizadas pelas pessoas na sua rotina diária. Naturalmente essas formas, o conhecimento tácito e explícito, são conceitos importantes no âmbito da aprendizagem e, segundo Wenger (1998), possuem características distintas.

O conhecimento tácito é aquele que não é facilmente descrito ou articulado de forma explícita. Ele é adquirido de forma inconsciente, através da experiência prática e imersão em determinado contexto. Esse tipo de conhecimento é difícil de ser transmitido, pois está enraizado nas experiências, valores e crenças de cada indivíduo. Como afirma Wenger (1998, p.34), "o conhecimento tácito é profundamente enraizado na ação, na prática e na atuação a uma Comunidade de Prática".

Um exemplo de conhecimento tácito é o saber fazer de um experiente bombeiro hidráulico. Ele pode ser capaz de identificar problemas e fazer reparos complexos em uma residência apenas pela observação e intuição. Esse conhecimento não pode ser facilmente colocado em palavras, pois é baseado em experiências acumuladas ao longo de anos de prática.

Por outro lado, o conhecimento explícito é o conhecimento que pode ser articulado e transmitido de forma objetiva e prática, por meio de palavras, textos, instruções, manuais, entre outros. Ele é mais facilmente compartilhado e representado. Para Wenger (1998, p.27), "O conhecimento explícito é formalizado, codificado e armazenado em bancos de dados e documentos".

Um exemplo de conhecimento explícito é o manual de experimentos e instruções de um determinado conteúdo. Nele, estão descritos detalhadamente os passos para construir e operar o aparelho ou experimento de forma correta. Ele pode ser facilmente lido e seguido por qualquer pessoa, mesmo sem experiência prévia.

Entretanto, é importante destacar que o conhecimento tácito e explícito não são mutuamente exclusivos. Eles estão interligados e se complementam. O conhecimento tácito pode ser a base para a criação do conhecimento explícito (Wenger, 1998), e este, por sua vez, enriquecer e ampliar o conhecimento tácito.

Wenger (1998) também argumenta que o conhecimento é construído e compartilhado dentro de Comunidades de Prática. Assim sendo, o aprendizado ocorre através da participação ativa em atividades práticas, troca de experiências e diálogo entre os membros desta comunidade. É justamente nesse ambiente social que ocorre o processo de transformação do conhecimento tácito em conhecimento explícito.

Sendo assim o conhecimento tácito e explícito desempenham formas distintas de conhecimento, cada uma com suas características e importância. Ambos desempenham um papel fundamental na aprendizagem e no desenvolvimento das pessoas. A combinação e interação entre esses tipos de conhecimento são essenciais para o crescimento individual e coletivo. Como disse Wenger (1998, p.37), "O conhecimento cresce e se desenvolve nas conversas das Comunidades de Prática".

3.2.2 Participação e aprendizagem

A participação é um dos elementos cruciais para o processo de aprendizagem, especialmente quando se trata de aprendizagem social. Segundo Jean Lave e seu discípulo Etienne Wenger (1991), a aprendizagem ocorre através da participação ativa em Comunidades de Prática. Nesse contexto, a participação representa não apenas a entrada em uma comunidade, mas também a contribuição para a construção e transformação do conhecimento coletivo.

Wenger (1998) descreve a participação como um processo que envolve a negociação de significados e a construção de identidades. Argumentando que a aprendizagem é essencialmente uma experiência social, na qual os indivíduos interagem com outros membros da comunidade para desenvolver competências, compartilhar conhecimentos e construir significados compartilhados.

Uma das principais características da participação, de acordo com Wenger (1998), é a noção de engajamento mútuo. Ele afirma que a aprendizagem não ocorre de forma isolada, mas sim através da colaboração entre os membros da comunidade. Cada participante contribui com seu conhecimento e experiência, enriquecendo a troca de informações e a construção conjunta do conhecimento adquirido.

A participação não se restringe apenas à presença física ou ao mero cumprimento de tarefas junto à comunidade. Wenger (1998) destaca a importância do envolvimento emocional e da identificação com a Comunidade de Prática para uma aprendizagem social e significativa. Ele afirma, ainda, que o sentido de pertencimento e a conexão afetiva com os outros membros são fundamentais para o desenvolvimento de uma identidade como aprendiz.

"Em uma Comunidade de Prática, aprender e fazer história são uma mesma coisa", afirma Wenger (1998, p.30). Destacando, também, a dimensão temporal da participação, na qual os indivíduos se inserem em uma trajetória de aprendizagem contínua. A participação em si não pode ser vista como um evento isolado, mas sim como um processo que se desdobra ao longo do tempo. Dessa forma, permite o aperfeiçoamento e o aprofundamento dos conhecimentos e habilidades adquiridos pelo indivíduo.

Para se ilustrar a importância de uma participação na aprendizagem, podemos então citar o exemplo de uma comunidade de pesquisadores de fenômenos naturais como afirma Wenger (1988, p.83) em "A aprendizagem é um processo social, e se dá

em contextos onde as pessoas se envolvem ativamente na prática". Nesse contexto, os participantes compartilham informações, discutem ações, eventos e fatos ocorridos e, assim, ajudam uns aos outros a resolver problemas, a descobrir fatos ou acontecimentos específicos. Através dessa participação ativa, os membros da comunidade aprendem a aprimorarem suas habilidades e a se tornarem melhores pesquisadores.

Em síntese, a participação desempenha um papel essencial na aprendizagem, especialmente quando esta ocorre em Comunidades de Prática. Através da interação e colaboração entre os participantes, novos conhecimentos são construídos e significados são negociados. Portanto, é fundamental valorizar e promover a participação como um elemento central do processo educativo. Como afirmou Wenger (1998, p.34), "participação e aprendizagem são duas faces da mesma moeda".

Sendo assim o próximo capítulo explorará como a incorporação de práticas experimentais com sucata pode não apenas enriquecer o ensino de Física, mas também contribuir para a formação de cidadãos mais conscientes e engajados com os desafios socioambientais de acordo com as competências e habilidades enfatizadas na Base Nacional Comum Curricular – BNCC sobre o ensino de ciências com de materiais reciclados.

4. EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA, CONFECÇÃO E UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS FEITOS DE SUCATA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Nesse capítulo, será abordada a importância da confecção e utilização de experimentos utilizando sucata, que não apenas otimiza a prática de conceitos físicos de forma econômica e acessível, como também incentiva a criatividade e a sustentabilidade no ambiente escolar. Essa prática se alinha aos preceitos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que propõe uma educação integral e contextualizada, conectando assim a teoria e a prática no ensino básico (Brasil, 2018).

Será visto, também, que a BNCC enfatiza a importância de desenvolver competências e habilidades que preparem os estudantes para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, buscando as competências e habilidades para uma formação crítica e reflexiva. Através da experimentação com materiais reaproveitados, os alunos têm a oportunidade de vivenciar a física de maneira lúdica e interativa, tornando então o aprendizado mais atrativo e significativo.

4.1 Competências e habilidades voltadas ao ensino de física

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece diretrizes essenciais para a educação brasileira com o objetivo de promover uma formação integral dos estudantes. Dentro desse contexto, a Competência 1 da BNCC afirma:

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global (Brasil, 2018, p. 540).

Com desenvolvimento da autonomia, responsabilidade e solidariedade dos alunos, pode se enfatizar a importância de habilidades socioemocionais e do trabalho colaborativo. Essa competência é essencial para o ensino de circuitos elétricos, especialmente quando se utiliza a prototipagem em grupos, com materiais de baixo custo.

As habilidades específicas do Ensino Médio relacionadas ao tema, como EM13CNT101, EM13CNT102, EM13CNT103 e EM13CNT106 (Brasil, 2021, p. 541), complementam essa abordagem, enfatizando a prática e a teoria em ciências da natureza. São elas:

- **EM13CNT101:** Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões em situações cotidianas e processos produtivos que priorizem o uso racional dos recursos naturais
- **EM13CNT102:** Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, com base na análise dos efeitos das variáveis termodinâmicas e da composição dos sistemas naturais e tecnológicos.
- **EM13CNT103:** Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica.
- **EM13CNT106:** Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/ benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Nesta conduta percebe-se que as três primeiras habilidades não fazem referências a circuito elétrico, porém fazem referências ao fato de também trabalhar com o reaproveitamento de materiais, reciclagem e sustentabilidade de matérias eletrônicas citados anteriormente.

A abordagem de ensino de circuitos elétricos mediante prototipagem em grupos permite que os alunos se tornem protagonistas de sua aprendizagem, promovendo a autonomia e a solidariedade entre os integrantes. De acordo com Wenger (1998. p. 73), a aprendizagem acontece de forma coletiva, onde a construção de conhecimento se dá em contextos sociais e colaborativos.

Utilizar materiais de baixo custo para a construção de circuitos não só torna a prática acessível, mas também estimula a criatividade dos alunos, que podem experimentar e resolver problemas em equipe. Essa prática se alinha com o que Freire (1996, p. 78) menciona ao afirmar que "ensinar exige um entendimento do diálogo e do contexto, e a construção do conhecimento deve ser uma prática coletiva".

Para tanto, ao integrar a Competência 1 da Base Nacional Curricular Comum BNCC e as habilidades específicas do Ensino Médio no ensino de circuitos elétricos, promoverá um ambiente de aprendizagem que valoriza a colaboração, a consideração

do outro e o desenvolvimento de competências pessoais. Essa abordagem não apenas contribui para a formação técnica dos alunos, mas também para sua formação como cidadãos conscientes e solidários.

4.2 Teorias de Wenger aplicadas ao ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados

A procura por uma estratégia de ensino com um mecanismo funcional e bem-sucedido de instruir física aos jovens invariavelmente tem representado um obstáculo para os professores de todas as especialidades e em todas as épocas. Uma alternativa para modificar essa situação é por meio de um manual de experimentos que acelerem o processo de aprendizado na disciplina de física Lave e Wenger (1991) e Wenger (1998) exploram a importância da construção coletiva de conhecimento, da participação ativa dos estudantes em um contexto real e da valorização dos saberes prévios.

Uma das principais contribuições da teoria de Wenger é a ênfase no aprendizado como um processo social, em que a interação com outros membros de uma Comunidade de Prática é fundamental para a construção do conhecimento. No ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados, essa atitude pode ser aplicada por meio da formação de grupos de estudantes, nos quais eles possam colaborar, compartilhando experiências, conhecimentos e estratégias. Essa interação facilita a troca de saberes entre os participantes e potencializa a aprendizagem coletiva dos alunos.

Além disso, Wenger (1998) ressalta a importância de um contexto real para a aprendizagem significativa. No caso em específico de circuitos elétricos com materiais reciclados, os estudantes possuem a oportunidade de inserir-se em uma situação concreta, utilizando objetos não utilizados do cotidiano e dando um novo significado a eles. Essa contextualização possibilita que os alunos compreendam a importância e a aplicabilidade dos conhecimentos adquiridos, incentivando seu engajamento, curiosidade e motivando-os a buscar soluções criativas para os problemas propostos.

Outro conceito fundamental e explorado por Wenger é a valorização dos saberes prévios dos estudantes. Segundo o autor (1998), a aprendizagem é um processo de construção, no qual os indivíduos trazem consigo uma bagagem de conhecimentos e experiências que devem ser considerados e integrados ao novo

aprendizado. Dentre o contexto do ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados, é fundamental que os educadores reconheçam e valorizem os conhecimentos prévios dos alunos a participação, permitindo que eles possam conectar esses materiais a experiências com os novos conceitos, tornando a aprendizagem mais significativa.

Sendo assim, o uso de materiais reciclados no ensino de circuitos elétricos também contribui para a valorização dos saberes prévios dos estudantes. Ao procurar utilizar objetos do seu próprio cotidiano, eles têm a oportunidade de aplicar seus conhecimentos prévios, ressignificando e dando uma nova vida a esses materiais e atribuindo-lhes novas funções. Isso permite que os alunos sintam-se mais capazes, confortáveis e confiantes na exploração do conteúdo, estimulando a curiosidade e o interesse pelo conteúdo e aprendizagem.

Portanto, a aplicação das teorias de Wenger no ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados é uma abordagem pedagógica de extrema importância que potencializa a aprendizagem. Com isso promove a construção coletiva do conhecimento, insere o aprendizado em um contexto real e valoriza os saberes prévios dos estudantes.

Essa metodologia estimula o engajamento, a criatividade e a construção de significados pelos alunos ao contexto escolar vivenciados. Dessa forma, eles se tornam protagonistas ativos no processo de ensino-aprendizagem, desenvolvendo habilidades e competências fundamentais para sua formação integral.

4.3 Aplicação das teorias de Wenger no desenvolvimento do manual de experimentos

A aplicação das teorias de Wenger e colaboradores no desenvolvimento do manual de experimentos desenvolvido neste trabalho (Wenger; McDermott; Snyder, 2002) é uma abordagem que visa promover a aprendizagem significativa e a construção do conhecimento através da participação ativa dos alunos com atividade em sociedade.

Segundo Lave e Wenger (1991), a aprendizagem é um processo social e situado, onde os indivíduos constroem conhecimento através da participação em Comunidades de Prática. Através dessa participação, os membros da comunidade se envolvem em atividades conjuntas, compartilham conhecimento, objetivos, recursos,

e colaboram na solução de problemas, permitindo a criação de um ambiente facilitador para a aprendizagem.

Ao utilizar o manual de experimentos em circuito elétrico como ferramenta de ensino, os alunos têm a oportunidade de discutir e refletir sobre os conceitos de circuito elétrico dentro da Comunidade de Prática, trocando ideias e construindo conhecimentos de forma colaborativa. Essas interações sociais são fundamentais para a compreensão mais aprofundada dos conceitos, como destaca Wenger: "As negociações de significado ajudam as pessoas a se apropriarem de um domínio de prática aumentando sua capacidade de agir com sabedoria nesse domínio" (1998, p. 53).

Além disso, por meio do uso de materiais reciclados, os alunos são estimulados a pensar criticamente sobre a reutilização de objetos em experimentos, o que também está em consonância com Wenger, cuja ênfase consiste na importância da prática reflexiva. Para Wenger, "a prática reflexiva é um meio de desafiar as suposições de longa data e as formas costumeiras de fazer as coisas" (1998, p. 85). Ao trabalhar com materiais reciclados, os alunos são incentivados a questionar suas próprias práticas e a buscar soluções inovadoras e desafios de produção do conhecimento.

Ao aplicar essas teorias no desenvolvimento de um manual de experimentos, é possível oferecer aos estudantes a oportunidade de participar ativamente da construção do conhecimento, podendo ser no fornecimento de objetos, outros recursos ou colaborando com a montagem do experimento. A proposta é elaborar o manual de forma colaborativa, envolvendo os alunos desde o início até o fim do processo.

Ao invés de apenas apresentar os experimentos prontos, os estudantes serão convidados a contribuir com objetos, ideias e sugestões, selecionando e adaptando os experimentos de acordo com suas necessidades, materiais e interesses dentro do conteúdo de circuito elétrico.

Além disso, o manual será estruturado de forma a incentivar a participação ativa dos alunos durante a realização dos experimentos. Por exemplo, em vez de fornecer passos detalhados, o manual apresentará problemas e desafios para que os estudantes os resolvam a partir da experimentação. Dessa forma, eles serão estimulados a refletir sobre suas ações, analisar resultados e propor soluções,

promovendo a construção do conhecimento de maneira mais significativa e participativa com o uso de material do seu cotidiano.

Outra estratégia a ser adotada é a criação de espaços de discussão e colaboração, tanto presenciais quanto virtuais, onde os alunos poderão compartilhar suas experiências, tirar dúvidas e debater sobre os resultados obtidos. Esses espaços serão fundamentais para fomentar a interação entre os membros da Comunidade de Prática e promover o aprendizado mútuo.

É importante ressaltar a necessidade de considerar os diferentes níveis de conhecimento e habilidades dos alunos ao desenvolver o manual de experimentos. Wenger, McDermott e Snyder (2002) destacam que a contribuição dos membros iniciantes e especialistas é igualmente valiosa, e que a diversidade de perspectivas enriquece o processo de aprendizagem. Portanto, o manual deverá apresentar diferentes níveis de dificuldade e permitir que os alunos possam avançar gradualmente em seus conhecimentos, sempre desafiando-se e aprendendo com os colegas veteranos.

Outro ponto a ser considerado é a importância de avaliar e refletir sobre as aprendizagens alcançadas por meio dos experimentos. Nesse sentido, o manual oferecerá recursos e orientações para que os alunos possam registrar suas observações e conclusões, bem como refletir sobre suas experiências. Isso poderá permitir que eles desenvolvam habilidades meta cognitivas, como a capacidade de avaliar seus próprios processos de aprendizagem e definir estratégias para melhorar seu desempenho dentro o conteúdo desejado.

Portanto, é possível perceber que a aplicação das teorias de Wenger no desenvolvimento do manual de experimentos, que segundo Wenger, McDermott e Snyder (2002) pode proporcionar uma base teórica sólida para promover uma aprendizagem mais efetiva e significativa. Ao envolver os alunos ativamente no processo de construção do conhecimento, serão oferecidos espaços de colaboração e reflexão que deverão considerar as diferentes habilidades e níveis de conhecimento dos estudantes. Sob essa lógica, o manual pode se tornar um recurso poderoso para o desenvolvimento de competências científicas e a formação de uma Comunidade de Prática no contexto da sala de aula.

4.4 Legitimação e transformação

Albert Einstein afirmou que “a mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”. Isso nos lembra que quando estamos receptivos a novos conceitos, estamos nos permitindo aumentar, desenvolver e progredir como indivíduos. Ao aceitarmos o que não conhecemos e estarmos receptivos para adquirirmos conhecimento, superamos nossas próprias barreiras e descobrimos uma infinidade de opções.

A capacidade cerebral do ser humano é ilimitada e adaptável, e ao acolher conceitos divergentes, conseguimos expandir nosso campo de visão, enxergar além do comum e atingir níveis mais elevados. Dessa maneira, devemos sempre estar abertos a questionar, adquirir conhecimento e alterar nossa perspectiva, pois é nessa disposição que encontramos o legítimo desenvolvimento e mudança.

é interessante essa abordagem pelo fato de que o aluno além de conseguir entender o fenômeno na prática, ele poderá participar de sua criação, fazendo com que ele consiga aprender de uma forma mais eficaz, e despertando a curiosidade no assunto e podendo reproduzir os mesmos experimentos em sua casa, pois precisará de materiais de baixo custo e de fácil acesso, em outras palavras, ele se torna atuante no processo de ensino aprendizagem (Lima; Pereira; Nascimento, 2017, p.03).

A abordagem mencionada possui um caráter interessante, uma vez que possibilita ao aluno uma compreensão prática do fenômeno e o envolve em sua criação. Essa metodologia propicia um aprendizado mais efetivo, além de despertar o interesse do estudante pelo assunto abordado. Adicionalmente, o aluno tem a possibilidade de reproduzir os mesmos experimentos em sua residência, já que são utilizados materiais de baixo custo e facilmente encontrados. Em outras palavras, o aluno se torna protagonista no processo de ensino-aprendizagem. Conforme destacado por Lima, Pereira e Nascimento (2017), essa abordagem promove a aprendizagem participativa e concede ao aluno uma maior autonomia na construção do seu conhecimento.

De acordo com Silva (2019), estudos recentes realizados em nível nacional têm destacado a relevância do trabalho experimental como fator fundamental no processo de aprendizagem dos alunos. A experimentação, conforme apontado pelo autor, desempenha um papel significativo na construção do conhecimento científico, uma vez que proporciona aos estudantes a oportunidade de manipular materiais, testar hipóteses e compreender, de maneira prática, os conceitos teóricos.

Quando se utiliza materiais reciclados nos experimentos, os professores possibilitam que os alunos desenvolvam uma consciência ambiental, compreendendo a importância da reciclagem e do reaproveitamento de recursos naturais. De acordo com Pereira (2020), o ensino de circuitos elétricos com materiais reciclados desperta nos estudantes a percepção sobre a sustentabilidade e o papel de cada indivíduo na preservação do meio ambiente.

Além do exposto, durante a realização de experimentos com circuitos elétricos, os estudantes desenvolvem habilidades práticas e cognitivas. De acordo com o destaque feito por Moreira (2018), a prática experimental favorece o aprimoramento das habilidades técnicas necessárias ao correto manuseio dos materiais e à montagem dos circuitos, além de estimular a criatividade e o raciocínio lógico dos alunos.

Essa abordagem promove transformações que vão além do conhecimento científico. Ao vivenciar a experimentação com materiais reciclados, os alunos passam a valorizar a sustentabilidade e se tornam agentes de mudança em suas comunidades. De acordo com Borges (2017), essa ação pode ter um impacto positivo no meio ambiente, pois os alunos passam a compreender a importância da preservação dos recursos naturais.

Dessa maneira, ao utilizar experimentos com materiais reciclados no ensino de circuitos elétricos, é notável as transformações significativas nos alunos, tanto nos aspectos do conhecimento adquirido, quanto à consciência ambiental e à habilidade de intervenção na sociedade. Essa é uma abordagem significativa que contribui para a formação integral dos estudantes, possibilitando uma aprendizagem mais relevante e conectada com o mundo real.

5. A ELETRICIDADE E O ENSINO DE FÍSICA

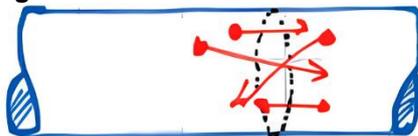
Para auxiliar no ensino de eletricidade na física, nessa dissertação elaboramos um manual de ensino com 8 aulas que contaram com o uso de material de baixo custo na construção de um manual de experimento procurando facilitar a compreensão visual e palpável dos alunos em relação aos conceitos de corrente elétrica, resistência, associação de resistores, potência elétrica de um resistor, lei de Ohm e potencial elétrico. Com o objetivo de ampliar a compreensão dos elementos presentes no manual, vamos apresentar alguns elementos de eletricidade que são fundamentais.

5.1 Corrente Elétrica

Correntes elétricas são resultantes do movimento de cargas elétricas, mas nem toda carga em movimento produz corrente elétrica (Halliday *et al.*, 2012, p.133). Veja dois exemplos:

a) Elétrons de condução em um metal como ouro, prata, cobre ou alumínio têm velocidades características da ordem de 10 m/s, mas em direções aleatoriamente orientadas. A velocidade média, se não houver um campo elétrico aplicado, é nula. O número de elétrons que atravessam uma seção reta do fio em um sentido é igual, na média, ao número que atravessa essa seção no sentido oposto. A corrente resultante é nula!

Figura 5.1. Fluxo de corrente elétrica



Fonte: Elaborado pelo autor.

b) Moléculas de água numa mangueira. Neste caso, para cada H₂O, há N=10 elétrons em movimento. Neste caso também, a corrente resultante é nula, pois os 10 prótons, sendo 8 de oxigênio e 2 de hidrogênio, movem-se no mesmo sentido.

Neste capítulo será comentado apenas sobre correntes estacionárias, isto é, que não variam no tempo. Segundo Halliday *et al.* (2012, p. 134) um circuito elétrico é constituído por um condutor metálico, se não houver um campo elétrico, todos os pontos estão sob o mesmo potencial e não há movimento de cargas, mesmo que a densidade de portadores livres (elétrons) seja muito grande. Uma bateria modifica

esta situação, criando um campo elétrico no interior do fio, que faz com que cargas elétricas se movam no circuito. Esse movimento de cargas constitui uma corrente i .

Para a definição de corrente elétrica considere uma seção reta de condutores como mostra na figura 5.1, parte de um circuito no qual existe uma corrente. Se uma carga dq passa por esta seção reta por uma unidade de tempo dt , a corrente i nesse plano é definida como:

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

Podemos definir por integração a carga que passa pelo plano no intervalo de tempo de 0 a t

$$q = \int dq = \int_0^t i(t) dt \quad (2)$$

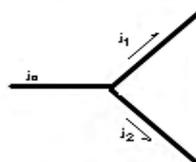
supondo que a corrente pode variar com o tempo (Halliday *et al.*, 2012, p:136).

A unidade de corrente no Sistema Internacional SI de medidas é o Coulomb por segundo, ou ampere, representado pelo símbolo A:

$$[i] = \left[\frac{Q}{t} \right] = 1 \frac{\text{Coulomb}}{\text{Segundo}} = 1 \text{ Ampère} \quad (3)$$

A corrente se conserva, sem acumular-se nos fios. O sentido da corrente em metais, os portadores de cargas são os elétrons, cuja a carga é negativa, a conversão é considerar o sentido positivo da corrente como aquele dos portadores positivos e oposto ao sentido dos portadores negativos como mostra na figura 5.2.

Figura 5.2. Corrente que entra na bifurcação é igual a que sai



Fonte: Halliday *et al.*, 2012, p.134.

Essas setas não representam vetores e, portanto, as regras das operações vetoriais não se aplicam a elas. A Figura 5.2 ilustra um condutor com uma corrente i_0 que se divide em dois ramos. Devido à conservação da carga, a soma das correntes nos dois ramos é igual à corrente original.

$$i_0 = i_1 + i_2 \quad (4)$$

Também conhecida como Lei dos nós que veremos mais à frente.

5.2 Resistência e resistividade

Conforme destacado por Halliday *et al.* (2012, p. 139) ao aplicar uma diferença de potencial (ddp) aos terminais de uma barra de diferentes materiais verifica-se, em geral, que a corrente que isto produz depende fortemente do material. Verifica-se que a resistência entre dois pontos de um condutor aplicando uma diferença de potencial v entre estes terminais e medir a corrente i que surge como resultado. Verifica-se que a resistência elétrica R é expressa por:

$$[R] = \left[\frac{V}{i} \right] \quad (5)$$

A unidade de resistência elétrica do SI é o Ohm, onde: $1 \text{ Ohm} = 1 \Omega = 1 \text{ volt por ampère}$.

Quanto maior a resistência, menor a corrente para uma diferença de potencial ddp fixa. A resistência depende do material da barra, mas também de sua geometria e não é uma propriedade intrínseca. Uma quantidade intrínseca, diretamente relacionada à resistência é a resistividade (ρ) definida por:

$$\rho = \frac{E}{J} \quad (6)$$

Combinando tanto a unidades de como campo elétrica (\vec{E}) e de densidade de corrente elétrica (\vec{J}), do SI, temos que a unidade de medida é dada por ohm-metro ($\Omega \cdot m$):

$$[\rho] = \frac{V/m}{A/m^2} = \frac{V}{A} \cdot m = \Omega \cdot m \quad (7)$$

\vec{E} e \vec{J} são vetores de tal forma que $\vec{E} = \rho \vec{J}$.

O inverso da resistividade (ρ) é a condutividade (σ), perceba na equação abaixo que são matematicamente inversas.

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \Rightarrow \vec{J} = \sigma \vec{E} \quad (8)$$

Portanto, materiais com maior condutividade possuem maior densidade de corrente elétrica para o mesmo campo elétrico externo.

Se considerarmos cargas livres, podemos obter (\vec{J}) a partir da velocidade de deriva V_d da densidade de carga dos portadores.

Lembrar:

$$\vec{J} = ne\vec{v}_d \quad (9)$$

e

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (10)$$

Então a velocidade \vec{v}_d aumentaria com o tempo.

O erro do raciocínio acima é deixar de considerar o efeito das colisões que as cargas sofrem dentro de um condutor. Colisões fazem com que os portadores percam constantemente a energia que recebem do campo elétrico (efeito joule).

5.2.1 Cálculo da resistência a partir da resistividade

Vimos que a resistividade (σ), o campo elétrico (\vec{E}) e a densidade de corrente (\vec{J}) estão interligados por meio de uma equação

$$\vec{J} = \sigma\vec{E} \Rightarrow \vec{J} = \frac{1}{\rho}\vec{E} \quad (11)$$

A conexão entre resistência (R), diferença de potencial (v) e corrente (i) é dada pela definição:

$$V = Ri \text{ ou } i = V/R \quad (12)$$

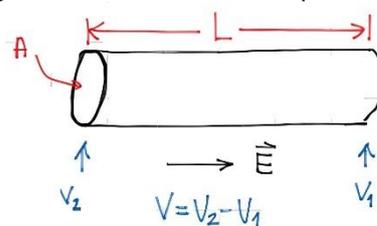
Conhecida como lei de Ohm.

Considerarmos a Figura 5.3 representando um resistor de comprimento L e seção transversal A. Uma diferença de potencial

$$V = V_2 - V_1 \quad (13)$$

É aplicada aos terminais do resistor, produzindo um campo elétrico uniforme em seu interior.

Figura 5.3. Resistor de comprimento L



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sabe-se que para o campo elétrico E uniforme temos:

$$E = \frac{V}{L} \quad (14)$$

Se \vec{E} é uniforme, então:

$$E = \vec{j} \frac{1}{\rho} \Rightarrow E = \vec{j} \rho \quad (15)$$

Também é uniforme , portanto:

$$\rho = \frac{E}{j} = \frac{\frac{V}{L}}{\frac{i}{A}} \therefore \frac{V}{i} = \frac{\rho L}{A} \quad (16)$$

Mas,

$$V = Ri \Rightarrow \frac{V}{i} \Rightarrow R = \rho \frac{L}{A} \quad (17)$$

Definimos que:

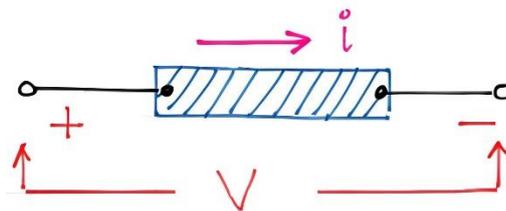
$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (18)$$

é importante porque relaciona a resistência extensiva com a resistividade.

5.3 Lei de Ohm

De acordo com Resnick (2012) se considerarmos um dispositivo elétrico qualquer ao qual podemos aplicar uma diferença de potencial(V) e medir a corrente i que passa pelo dispositivo, lembrando que alguns dispositivos tem resistência R constante, independente da tensão V aplicada aos seus terminais. Conforme mostrado a seguir abaixo:

Figura 5.4. Lei de Ohm



Fonte: Elaborado pelo autor.

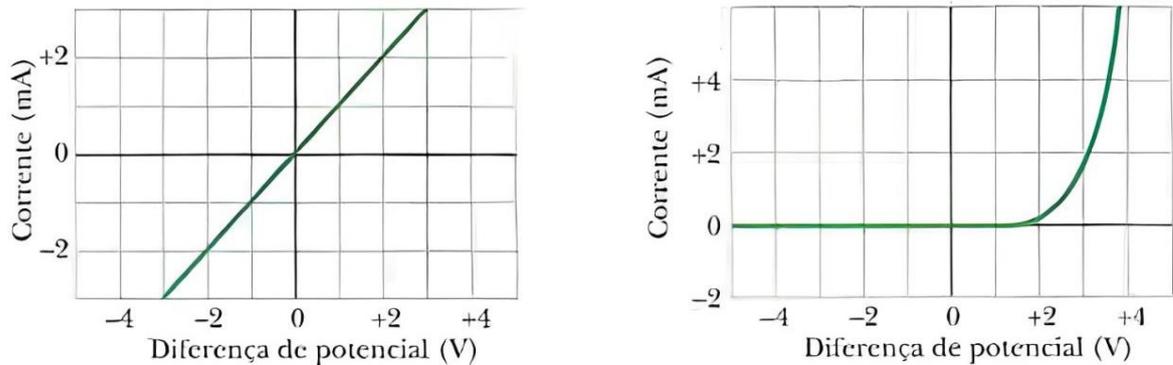
A corrente que passa pelo dispositivo é dada por $i = \frac{V}{R}$. Lembre-se que alguns dispositivos possuem resistência R constante, independente da tensão aplicada nos terminais. Aqui adota-se a convenção de que $V > 0$ se o potencial do lado esquerdo é maior que o do lado direito.

Importante: Se a resistência R é constante, dizemos que o dispositivo é ôhmico. Se a resistência R não é constante, dizemos que o dispositivo é não ôhmico.

Exemplo: Lâmpada de filamento. Estes dispositivos operam em temperaturas muito altas. Sua resistência é muito diferente ao aplicarmos diferentes tensões elétricas V . Ao aumentarmos a tensão a corrente aumenta, assim como sua temperatura. Como a resistividade depende da temperatura, a resistência aumenta.

Vejamos a representação nos gráficos a seguir.

Gráfico 5.1. Gráficos $i \times V$ para resistores: (a) ôhmicos e (b) não-ôhmicos



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p.143).

Observa-se que em um resistor ôhmico a corrente apresenta uma característica linear com V diferente do resistor não-ôhmico. “A lei de Ohm, portanto, é a afirmação de que a corrente que atravessa o dispositivo é sempre diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada ao mesmo”. (Halliday *et al.*, 2012, p. 143).

Pode se afirmar que a expressão matemática:

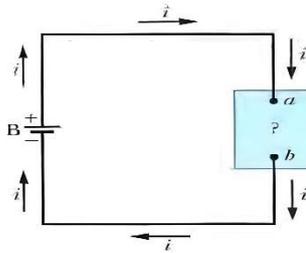
$$U = Ri \quad (19)$$

É a equação usada para definir o conceito de resistência que se aplica a todos os dispositivos que conduzem corrente elétrica, mesmo os que não obedecem à lei de Ohm, como os diodos semicondutores, por exemplo.

5.4 Potência em circuitos elétricos

Nesta seção será introduzido o conceito de potência elétrica ou energia elétrica por unidade de tempo. Este é um conceito claramente vital para várias questões de engenharia, como mostra a figura 5.5.

Figura 5.5. Estabelecimento de uma corrente



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p.146).

Consideremos o circuito da figura 5.5, contendo um elemento desconhecido conectado a uma bateria, que mantém uma ddp V entre seus terminais. Segundo Halliday *et al.* (2012, p.146) uma corrente constante circula no circuito passando pelos terminais do dispositivo, do terminal a para o terminal b . A quantidade de carga dq que atravessa o circuito em um intervalo de tempo dt é igual a $i dt$. Ao completar o circuito, a carga dq tem seu potencial reduzido de V e, portanto, sua energia potencial é reduzida de um valor dado por:

$$dU = dq.V \quad (20)$$

Como:

$$dq = i dt \quad (21)$$

Substituindo 21 em 20 temos que:

$$dU = idt.V \quad (22)$$

Portanto:

$$\frac{dU}{dt} = Vi \quad (23)$$

De acordo com a lei de conservação da energia, a redução da energia potência elétrica no percurso de a para b deve ser acompanhada por uma conversão da energia para outra forma qualquer. A potência P associada a essa conversão é a taxa de transferência de energia dU/dt , que, de acordo com a Eq. 23, pode ser expressa na forma:

$$P = iU \quad (24)$$

Considerando a equação 19 e substituindo-a na equação 24, temos que:

$$P = i.R.i \quad (25)$$

Podemos dizer também que:

$$P = Ri^2 \quad (26)$$

De acordo com a equação 24 a unidade de medida para potência elétrica é:

$$P = [i.u] = Volt.Ampère = \frac{Joule}{Coulomb} \cdot \frac{Coulomb}{segundo} = \frac{Joule}{segundo}$$

$$1V.A = Watt; 1kVA = 1000 Watts$$

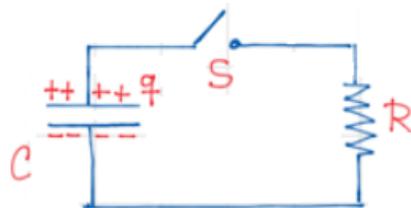
5.5 Circuito elétrico

Nesta seção, inicia-se o estudo de circuitos elétricos, cujas aplicações são amplas e de extrema importância na vida moderna. Também serão mencionadas as técnicas básicas essenciais para compreender o funcionamento de sistemas mais complexos. Além de analisar circuitos com resistores, será abordado também aqueles que envolvem associações de capacitores e resistores, estudando as equações que regem o processo de carga e descarga desses sistemas.

É crucial ressaltar que resistores e capacitores são elementos discretos e passivos, diferindo de dispositivos como transistores, amplificadores, baterias e fontes de tensão ou corrente (Halliday *et al.*, 2012, p. 157). Outro ponto relevante é que concentra-se em circuitos nos quais a corrente flui em apenas uma direção, como é o caso dos circuitos de corrente contínua (CC ou DC), em contraste com os circuitos de corrente alternada (CA ou AC)

Para fazer uma corrente através de um resistor, precisa-se aplicar uma diferença de potencial (ddp) aos terminais do resistor. Isso pode ser feito utilizando um capacitor carregado, como na Figura 5.6 (Halliday *et al.*, 2012, p.157).

Figura 5.6. Circuito elétrico de uma malha.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao fechar a chave S, a diferença de potencial nos terminais do capacitor C é direcionada para o resistor R. A carga q do capacitor eventualmente será esgotada, resultando na ausência de ddp nos terminais do resistor $i \rightarrow 0$.

De acordo com Halliday *et al.* (2012, p.157) para manter a diferença de potencial (ddp) constante é necessário bombear as cargas para o que se usa uma fonte de tensão. Pode se dizer que este dispositivo produz uma força eletromotriz, que representa por ε . Uma fonte de tensão que mantém a ddp constante, independente da corrente é claramente uma idealização de:

$$V = Ri \Rightarrow i = \frac{V}{R} \quad (27)$$

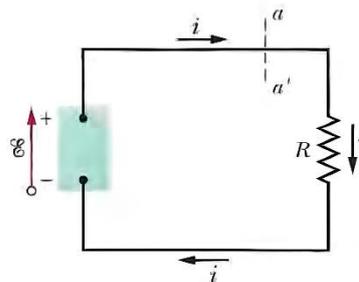
se $R \rightarrow 0$, portanto cria um curto circuito, com $\Rightarrow i \rightarrow \infty$. A fonte de tensão não consegue fazer isto.

Uma fonte de corrente ideal consegue prover uma corrente constante, independente da ddp. Um exemplo útil de fonte de tensão é a bateria. Outro é o gerador de eletricidade existente em usinas hidrelétricas, usinas nucleares, turbinas eólicas, entre outros. Células solares, por exemplo, também são fontes de tensão, onde a energia radiante é transformada em energia elétrica.

5.5.1 Trabalho, energia e força eletromotriz

No circuito mostrado na Figura 5.7, as cargas passam do polo (-) na entrada da fonte de tensão para o terminal na saída (+). Para efetuar este percurso dentro do circuito, a carga entra no terminal de baixo potencial (-) da fonte de tensão e sai do terminal de alto potencial (+). Para que a carga dq se mova dessa forma, a fonte deve realizar sobre a carga um trabalho dW . A força eletromotriz ε é definida como o trabalho dW por unidade de carga dq .

Figura 5.7. Trabalho sobre portadores de carga



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p.158).

Sendo assim:

$$\varepsilon \equiv \frac{dW}{dq} \rightarrow [\varepsilon] = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} = \text{Volt} \quad (28)$$

- Fonte de tensão ideal: por definição é aquela em que não apresenta nenhuma resistência ao movimento das cargas de um terminal para o outro, mantendo a tensão constante independente da corrente demandada.
- Fonte de tensão real: possui uma resistência interna. Quando o circuito está aberto $i = 0$, a tensão é constante. Ao conectar a um circuito o resistor interno impede que a ddp seja a mesma do circuito aberto.

5.5.2 Circuitos de uma malha: cálculo da corrente

De acordo com Halliday *et al.* (2012, p.159) “resolver” circuitos significa determinar a corrente que passa por cada elemento e a ddp em cada elemento do circuito. Inicialmente foi visto circuitos de uma única malha, nos quais não há nós, ou seja, pontos onde a corrente é dividida.

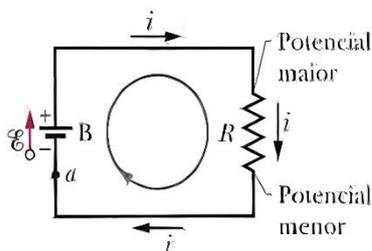
Para determinar a corrente serão considerados dois casos equivalentes: o método da energia e o método do potencial.

5.5.2.1 Método da energia

De acordo com a equação 26, em um dado intervalo de tempo dt a energia é dada pela expressão:

$$dw = i^2 R dt \quad (29)$$

Figura 5.8. Circuito de uma malha ligada a uma resistência R



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p.159).

é transformada em energia térmica no resistor da Figura 5.8, considerando a resistência do fio desprezível, esta energia é dissipada. Durante o mesmo intervalo, uma carga dq atravessa a fonte B e o trabalho realizado pela fonte sobre essa carga, de acordo com a Eq. 28, é dado pelo princípio da conservação da energia:

$$dW = \mathcal{E}dq = \mathcal{E}idt \quad (30)$$

Portanto o trabalho realizado pela fonte (ideal) é igual à energia térmica que aparece no resistor:

$$\mathcal{E}i = Ri^2 dt \quad (31)$$

Isso resulta em:

$$\mathcal{E} = Ri \quad (32)$$

A corrente no circuito, portanto é:

$$i = \mathcal{E}/R \quad (33)$$

5.5.2.2 Método do potencial

Para verificar a queda ou aumento do potencial ao longo do circuito (volta completa): ao retornarmos ao ponto de origem, o potencial deve ser o mesmo. Este procedimento é particularmente importante porque pode ser usado em várias malhas e pode ser resumido na **Regra das malhas**: “A soma algébrica das variações de potencial encontradas ao percorrer uma malha fechada é zero” (Halliday *et al.*, 2012, p.160).

Consideremos o ponto (a) no circuito. Circulando no sentido horário: o potencial em (a) é V_a . O potencial aumenta ao passar do polo (-) para o pólo (+), como mostra a Figura 5.9, do gerador e sofre uma queda de tensão $\Delta V = -Ri$ ao passar pelo resistor. Assim, a Lei das Malhas nos diz que:

$$V_a + \varepsilon - Ri = V_a \quad (34)$$

Subtraindo V_a de ambos os membros da equação, temos:

$$\varepsilon - Ri = 0 \quad (35)$$

Portanto:

$$\varepsilon = Ri \quad (36)$$

e mais uma vez, temos que:

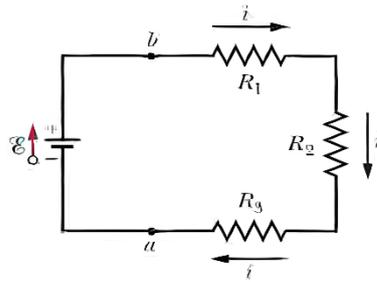
$$i = \varepsilon/R \quad (37)$$

5.5.3 Resistência em série

A Figura 5.9 mostra três resistores ligados em série a uma fonte de certa forma que considerando a lei das malhas todos os resistores são percorridos por uma mesma corrente elétrica (i), considerando que estes resistores estão ligados em série. Esta expressão “em série” significa que as resistências são ligadas uma seguida da outra, sendo que uma diferença de potencial V é aplicada nas extremidades da ligação como mostra a figura 5.9.

Quando uma diferença de potencial V é aplicada a resistências ligadas em série, a corrente i é a mesma em todas as resistências e a soma das diferenças de potencial das resistências é igual à diferença de potencial aplicada V (Halliday *et al.*, 2012, p.162).

Figura 5.9. Resistores em série atravessados pela mesma corrente



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p.162).

A corrente em cada resistor é a mesma. Os resistores ligados em série podem ser substituídas por uma resistência equivalente.

Usando a Lei das malhas, a primeira lei de Ohm e considerando que $\varepsilon = U$, temos que:

$$\Rightarrow U = -R_1 i - R_2 i - R_3 i = 0 \quad (38)$$

Portanto

$$i = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (39)$$

se houvesse apenas uma resistência R_{eq} a corrente seria

$$i = \frac{U}{R_{eq}} \quad (40)$$

onde

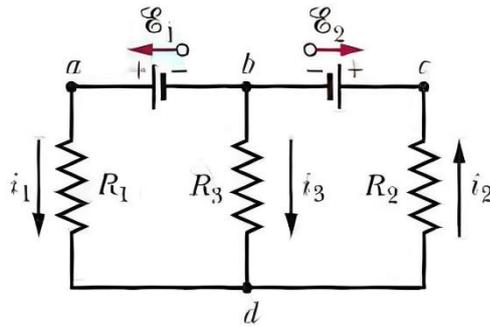
$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (41)$$

Para um circuito elétrico em série a resistência equivalente é a somatória de todas as resistências existentes no circuito.

5.5.4 Circuitos com mais de uma malha

Em circuitos como o da Figura 5.10, mostra um circuito com mais de uma malha, e para simplificar a análise da corrente elétrica (i) vamos supor que as fontes são ideais, isto é, suas resistências internas são nulas. Neste circuito o interesse é determinar as correntes i_1, i_2 e i_3 , e, a partir das correntes determinadas, pode-se encontrar qualquer ddp.

Figura 5.10. Circuito com mais de uma malha formado por três ramos.



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p. 166)

Para obter as correntes coloca-se, inicialmente, as mesmas no sentido que pareça mais razoável. Depois de resolver as correntes que forem negativas devem ser invertidas.

O problema acima envolve, portanto, 3 variáveis: as correntes i_1 , i_2 e i_3 . Trata-se de um sistema linear de modo que precisa de três equações. Estas são obtidas a partir da regra dos nós e da regra das malhas, apresentadas a seguir: “Regra dos nós: A soma das correntes que chegam a um nó é igual à soma das correntes que saem do nó” (Halliday *et al.*, 2012, p.166).

Lei dos nós de Kirchhoff: Considere o nó d . As cargas entram neste nó através das correntes i_1 e i_3 e deixam o nó através da corrente i_2 . Como a carga total não pode mudar, a corrente total que chega tem que ser igual à corrente total que sai

$$i_1 + i_3 = i_2 \quad (42)$$

Regra das malhas de Kirchhoff: a soma das diferenças de potencial de qualquer malha fechada é zero.

Voltando para o circuito da figura 5.11.

Figura 5.11. A corrente que sai de um nó é igual à corrente que entra.

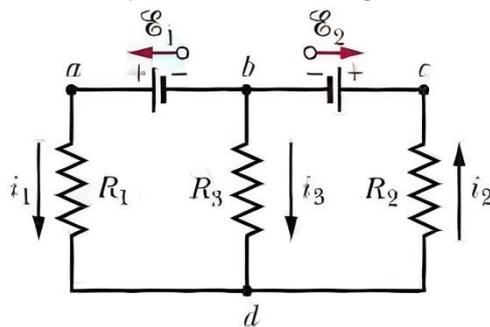


Figura: Halliday *et al.* (2012, p. 137).

No intuito de resolver totalmente o circuito, ou seja, determinar os valores das três correntes, precisa-se de mais duas equações independentes que envolvam as

mesmas variáveis. Deve obtê-las aplicando duas vezes a regra das malhas. No circuito da Fig. 5.11, temos três malhas: a malha da esquerda (*badb*), a malha da direita (*bcdb*) e a malha externa (*badcb*). A escolha é arbitrária. Optando pela malha da esquerda e a malha da direita, temos:

Malha esquerda (sentido anti-horário):

$$U_i - R_1 i_1 + R_3 i_3 = 0 \quad (43)$$

Malha direita (sentido anti-horário):

$$-R_3 i_3 - R_2 i_2 - U_2 = 0 \quad (44)$$

Usando a Lei dos nós ou Leis das malhas e somando a equação 43 com a 44:

$$U_1 - R_1 i_1 - R_3 i_3 + -R_3 i_3 - R_2 i_2 - U_2 = 0 \quad (45)$$

Tem-se a seguinte equação:

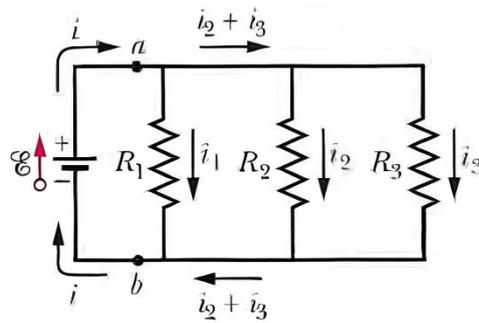
$$U_i - R_1 i_1 - R_2 i_2 = 0 \quad (46)$$

5.5.5 Resistência em paralelo

A Figura 5.12 mostra três resistores ligados a uma fonte de forma que, considerando a leis das malhas, todos os resistores são submetidos a uma mesma diferença de potencial *V*. A corrente elétrica é dividida pelos ramos do circuito, lembrando que o valor da corrente em cada ramo do circuito depende inversamente o valor da resistência em cada um destes ramos do circuito. “Quando uma diferença de potencial *V* é aplicada a resistências ligadas em paralelo, todas as resistências são submetidas à mesma diferença de potencial *V*” (Halliday *et al.*, 2012, p.167).

Consideremos o arranjo de resistência da figura 5.12, os terminais das resistências estão todos conectados entre si. Diz-se que as resistências estão em paralelo (Halliday *et al.*, 2012, p.167).

Figura 5.12. Resistores ligados em paralelo entre os pontos a e b



Fonte: Halliday *et al.* (2012, p. 137)

As diferenças de potencial de todos os resistores são iguais

$$V_1 = V_2 = V_3 \equiv V \quad (47)$$

Para determinar o valor da resistência equivalente escreve-se a corrente nas resistências da figura 5.12 na forma:

$$i_1 = \frac{V}{R_1}; i_2 = \frac{V}{R_2}; i_3 = \frac{V}{R_3} \quad (48)$$

onde V é a diferença de potencial entre a e b . Aplicando a regra dos nós, temos que:

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \quad (49)$$

Portanto:

$$i = V \left(\frac{1}{R_1 + R_2 + R_3} \right) \quad (50)$$

Substituindo a resistência em série pela resistência em paralelo, temos que:

$$i = \frac{V}{R_{eq}} \quad (51)$$

Comparando a equação 50 com a 51 temos:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \quad (52)$$

Esta equação é para um circuito elétrico com mais de dois resistores com valores de resistências diferentes. Se forem apenas dois resistores, a equação fica:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (53)$$

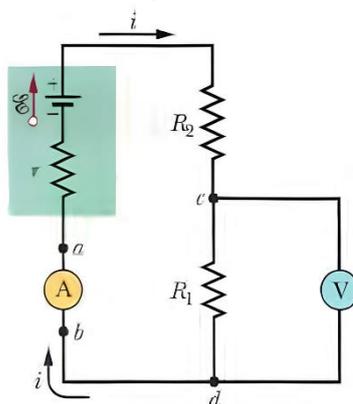
Note que quando duas ou mais resistências são ligadas em paralelo, a resistência equivalente é menor que a menor das resistências.

5.5.6 O amperímetro e o voltímetro

O amperímetro é um instrumento usado para medir a corrente elétrica em um circuito e o voltímetro mede diferenças de potencial. São instrumentos que perturbam o mínimo possível a operação do circuito e devem operar de forma cuidadosa (Halliday

et al., 2012, p.172). Consideremos o circuito da Figura 5.13, no qual desejamos realizar medidas de tensão e corrente.

Figura 5.13. Circuito de uma malha, mostrando como ligar um amperímetro.



Fonte: Halliday et al. (2012, p.172).

- Amperímetro: para medir a corrente diretamente, o amperímetro é inserido no circuito em série com o resistor como mostra a figura 5.13, o qual deve ser interrompido para permitir isso. A resistência interna do amperímetro deve ser a menor possível para não alterar o circuito.
- Voltímetro: para medir a ddp entre os terminais de um resistor fazendo com que ele fique em paralelo com o resistor como mostra, por exemplo, a figura 5.13 devemos conectar os terminais do voltímetro a esses pontos. A resistência interna do voltímetro deve ser a mais alta possível para evitar que a corrente do circuito seja desviada para este instrumento.

Outro instrumento importante é o ohmímetro, que serve para medir a resistência elétrica de componentes elétricos isolados. O instrumento que realiza diversas medidas distintas, com funções de ohmímetro, amperímetro, voltímetro, entre outros, é o multímetro (Halliday et al., 2012, p.172).

6. METODOLOGIA

Com o intuito de ensinar conceitos de física, referentes aos componentes presentes em um circuito elétrico resistivo, como potencial elétrico, corrente elétrica, resistência, potência e a construção de modelos teóricos sobre o tema, é proposto o produto didático que faz parte dessa dissertação. Nesse proposta, será apresentado uma sequência didática baseada na utilização de experimentos didáticos para o ensino de circuitos elétricos.

Com base nisso, os experimentos aqui propostos foram confeccionados com materiais de baixo custo para obtenção dos experimentos, de forma que sejam acessíveis em ampla faixa de orçamentos disponíveis ao professor que desejar executá-los em sala de aula. Ao propor a utilização de materiais de baixo custo, estende-se a possibilidade do aluno replicar os experimentos propostos em suas próprias residências, como motivadores para a educação de toda família, em uma etapa de expansão de conhecimento adquirido.

Diante disso, visando os objetivos propostos, essa pesquisa é definida como qualitativa e experimental sobre os quais trataremos pormenorizadamente nas subseções a seguir.

6.1 Caracterização da Pesquisa

Uma investigação científica fundamenta-se em diversas teorias e, conforme suas características, há um ajuste em relação à resolução do problema que se pretende resolver. Essa resolução pode se basear em uma análise subjetiva, procurando observar, interpretar e descrever um significado que está sendo estudado, caracterizando uma abordagem qualitativa.

A metodologia qualitativa, conforme discutida por Silva e Menezes (2005), oferece um conjunto de abordagens e técnicas que permitem uma compreensão aprofundada dos fenômenos sociais e comportamentais. Essa metodologia se destaca por sua capacidade de explorar significados, experiências e contextos, permitindo que os pesquisadores investiguem com mais profundidade a subjetividade dos participantes.

Ao contrário das abordagens quantitativas, que se concentram em dados numéricos e generalizações estatísticas, a pesquisa qualitativa busca captar a

complexidade das interações sociais e a multiplicidade de interpretações que caracterizam a vida humana (Silva; Menezes, 2005, p. 45).

Um dos principais recursos da pesquisa qualitativa é a coleta de dados por meio de entrevistas ou pré-testes, grupos focais, prototipagem, *feedback* interativo e observações participativas, que possibilitam uma imersão no universo dos sujeitos em estudo. Silva e Menezes (2005, p. 78) enfatizam que a escolha de um método qualitativo deve ser guiada pela natureza da questão de pesquisa e pelos objetivos do estudo, destacando a importância de um planejamento cuidadoso na definição dos métodos de coleta e análise dos dados. Além disso, a flexibilidade da pesquisa qualitativa permite que os pesquisadores ajustem suas abordagens conforme vão se aprofundando no campo, facilitando a emergência de novos *insights* e interpretações

Para Minayo (2014, p. 23), "a pesquisa qualitativa é uma forma de investigação em que o pesquisador busca entender o sentido das experiências humanas, em contextos específicos". No contexto dessa pesquisa em específico, a abordagem qualitativa foi utilizada também para explorar como o uso de materiais reciclados pode influenciar a aprendizagem sobre circuitos elétricos.

Além dos testes aplicados, foram registradas em um diário de campo anotações e observações permitindo uma reflexão crítica e contextualizada sobre as práticas pedagógicas observadas, conforme sugerido por Andrade (2018, p.102): "A observação participante é uma ferramenta valiosa, pois permite ao pesquisador estar imerso no contexto de estudo".

Operacionalmente, pode-se descrever o estudo exploratório como constituindo um "continuum" que, partindo de uma situação de pouco ou nenhum conhecimento do Universo de Respostas, alcance a condição de um conhecimento qualitativo autêntico desse mesmo universo (Piovesan e Temporini, 1995, p.322).

A pesquisa qualitativa, neste caso qualitativa exploratória, apresenta o estudo exploratório como um processo gradual, onde se parte de um conhecimento limitado até se alcançar uma compreensão mais aprofundada e qualitativa sobre um determinado tema. Essa abordagem é importante em pesquisas iniciais, pois permite identificar variáveis relevantes, formular hipóteses e compreender melhor o contexto antes de realizar análise mais aprofundadas. O conceito de "continuum" sugere que esse processo não é linear, mas sim dinâmico como o produto educacional (PE) desta pesquisa, com a possibilidade de revisitar etapas anteriores à medida que novos

dados são coletados e analisados. Isso ressalta a importância da flexibilidade e adaptabilidade na pesquisa.

6.2 Análise dos dados

A análise dos dados na pesquisa qualitativa é um processo reflexivo e interpretativo, que se dá por meio de categorias temáticas e narrativas que emergem das falas e comportamentos dos participantes. De acordo com a Teoria Social da Aprendizagem de Wenger-Lave *et al.* (1991), podendo evidenciar a Aprendizagem de Grupo através da formação das Comunidades de Prática.

Para realizarmos isto, tendo em vista o material diversificado que foi produzido e a sua caracterização, usaremos a análise de conteúdo, de Bardin (2016). Entende-se por análise de conteúdo:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações, que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens. [...] A intenção da análise de conteúdo é a interferência de conhecimentos relativos às condições de produção (ou eventualmente, de recepção), inferência esta que recorre a indicadores (quantitativos ou não) (Bardin, 2016, p.44).

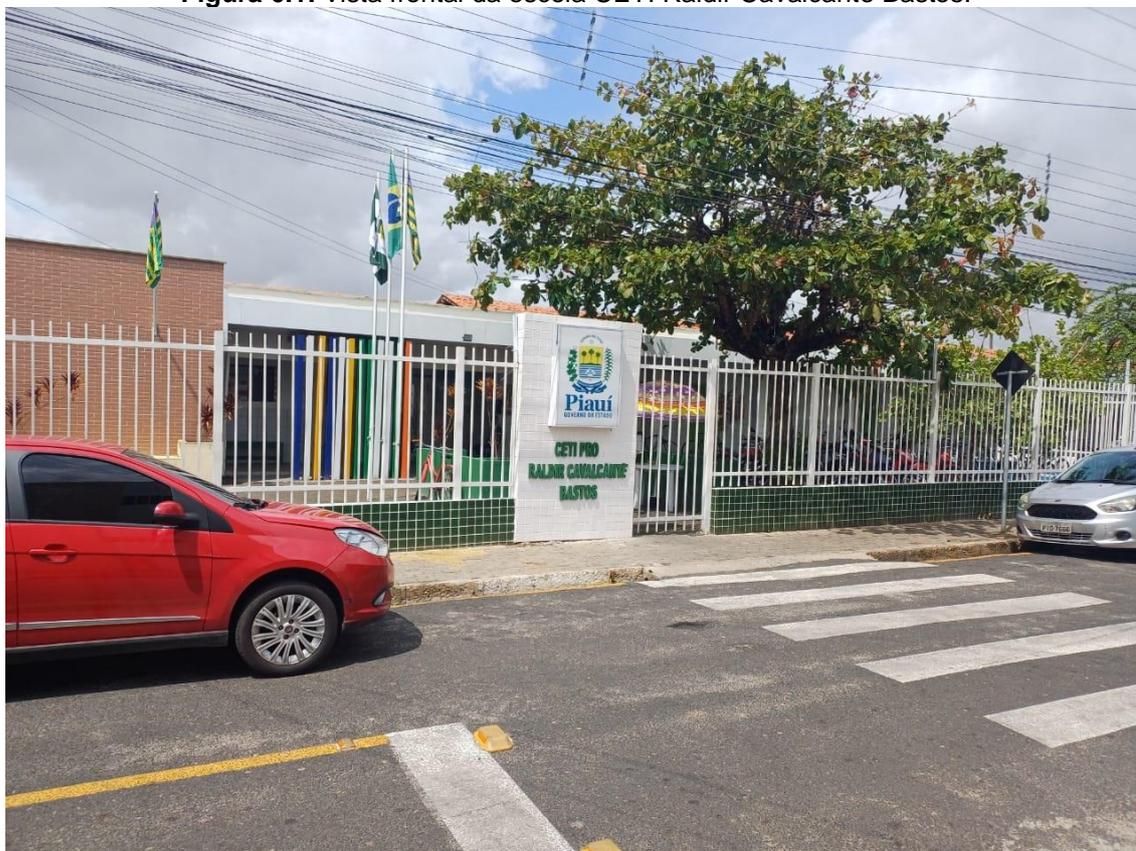
Essa dinâmica exige do pesquisador um envolvimento crítico e uma escuta atenta, capacitando-o a articular os dados coletados com a literatura existente e com suas próprias reflexões. Assim, a metodologia qualitativa não apenas contribui para a construção do conhecimento, mas também para a valorização das vozes e experiências dos sujeitos estudados, promovendo uma pesquisa mais inclusiva e contextualizada.

6.3 Caracterização da escola e da turma

O manual e o Produto Educacional foram desenvolvidos na Escola de Ensino Médio de Tempo Integral CETI Professor Raldir Cavalcante Bastos, vista na figura 6.1 pertencente à Secretaria de Estado da Educação do Piauí (SEDUC-PI), localizada na Rua 2, 2310, Sudeste Renascença II Teresina – PI CEP: 64082-140. Esta escola possui 9 salas de aula, todas climatizadas, um laboratório de informática, laboratório de Ciências, uma biblioteca, uma sala da direção, uma secretaria, uma sala de coordenação, uma sala dos professores, uma cozinha, uma sala de multe mídia, 7 banheiros sendo 2 de acessibilidade, 2 vestiários, sendo um feminino e um masculino, um auditório, uma sala de apoio e uma quadra poliesportiva coberta. O corpo discente

é composto de aproximadamente 342 alunos divididos em 9 turmas de tempo integral, sendo um nono ano do Ensino Fundamental, 3 de primeira série, 2 de segunda série e 3 de terceira série do Ensino Médio.

Figura 6.1. Vista frontal da escola CETI Raldir Cavalcante Bastos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os sujeitos participantes dessa pesquisa foram alunos de uma turma de 3ª série do Ensino Médio integral cursando uma disciplina eletiva de práticas no ensino de física. A pesquisa foi desenvolvida no final do primeiro semestre para o início do segundo semestre do ano de 2024, correspondente ao 3º trimestre anual, que foi do dia 13 de maio ao dia 31 de agosto do mesmo ano. Como amostra, tivemos inicialmente um total de 36 alunos de uma turma das turmas do 3º ano, de ambos os sexos, apresentando uma faixa etária média entre 16 e 18 anos.

Mesmo com uma turma de 36 alunos foi possível desenvolver o produto educacional, manual de experimentos, pois foi fundamental a teoria Comunidade de Prática e Teoria Social da Aprendizagem de Etienne Wenger, dividindo os alunos participantes em grupos e fazendo de certa forma em que compartilhassem interesses e objetivos comuns.

6.4 Desenvolvimento do manual de experimentos

O desenvolvimento de um manual de experimento para turmas de 36 alunos, fundamentado nas teorias de Comunidades de Prática de Etienne Wenger, é uma tarefa que demanda uma abordagem cuidadosa e colaborativa. Wenger (1998) propõe que o aprendizado é um processo social e contextualizado, onde indivíduos aprendem melhor quando se envolvem em comunidades que compartilham interesses e objetivos comuns.

O objetivo desta pesquisa é propor um manual de experimentos de baixo custo a partir de sucatas eletrônicas que possam ser utilizados em aulas práticas e teóricas desenvolvidas. O manual pode servir, em sala de aula, como metodologia para a motivação, abordando conteúdos importantes em eletrodinâmica no ensino médio, como potencial elétrico (ddp), corrente elétrica, resistência, potência, associações de resistores em série e paralelo.

Serão empregados experimentos complementares à teoria desenvolvida nas aulas expositivas utilizando materiais acessíveis à realidade dos estudantes. Para a construção do manual de experimento o conteúdo didático trabalhado foi organizado em 11 aulas de 60 minutos, cada, sendo 5 aulas teóricas expositivas e dialogadas e 4 aulas com construção de experimentos relacionados a cada conteúdo, além de 1 aula para o pré-teste e 1 para o pós-teste, como mostra o quadro abaixo.

Quadro 01 - Sumário da sequência didática do presente trabalho.

| Atividade/Aula | Tema da atividade/ aula | Objetivos da atividade/aula | Recurso utilizado |
|-----------------------|---|--|---|
| Pré-teste 1 | Pré-teste sobre os conceitos de circuito elétrico e seus componentes. | - Aplicar um pré-teste para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de circuito elétrico | Pré-teste 1 (Anexo I) |
| 1ª aula | Circuito elétrico. | - Introduzir o conceito de circuito elétrico, abordando, do ponto de vista qualitativo/quantitativo, definição e | Aula expositiva (60 minutos): Atividade extraclasse: |

| | | | | |
|---------|--|--|---|--|
| | | | reconhecimento dos componentes que compõem um circuito elétrico. | das questões do livro didático. |
| | | | - Definir a importância de cada componente do circuito elétrico e o sentido da corrente elétrica no circuito elétrico. | |
| 2ª aula | Desmonte dos brinquedos. | | - Identificar e quantificar os componentes elétricos existentes nos materiais. | - Aula experimental com o uso dos brinquedos, ferramentas como chaves, alicates e ferro de solda (60 minutos). |
| | | | - Retirar os componentes que fazem parte do circuito elétrico desejado. | |
| 3ª aula | Associação de resistores em série. | | - Demonstrar a importância de cada componente dentro do circuito elétrico. | - Aula expositiva (60 minutos). -Atividade extraclasse. |
| | | | - Calcular as relações entre diferença de potencial, potência, resistência equivalente e corrente elétrica com um, dois ou mais resistores. | |
| 4ª aula | Instrumento de medidas elétricas. Experimento de circuito elétrico simples em série | | - Demonstrar e utilizar um multímetro em sala de aula para determinação experimental de valores | - Aula experimental com o uso de multímetro e estudo de circuito simples composto |

de tensão (voltímetro), por duas corrente elétrica lâmpadas, bateria (amperímetro) e ou motor gerador. resistência elétrica (ohmímetro).

- Montar um circuito elétrico em série com dois resistores utilizando lâmpadas de *leds* e uma bateria ou um motor gerador

- Determinar experimentalmente, utilizando multímetro, os valores de diferença de potencial, potência, corrente elétrica, resistência equivalente para o circuito em questão.

- Comparar os resultados experimentais com os valores obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos.

5ª aula

Associação de resistores paralelo,

de - Demonstrar a importância de cada componente dentro do circuito elétrico.

- Aula expositiva (60 minutos).

- Atividade extraclasse.

- Calcular as relações entre diferença

de potencial, corrente elétrica, potência em cada resistor e resistência equivalente da associação com dois, três ou mais resistores iguais ou diferentes, a partir da Lei de Malhas e Lei dos Nós de Kirchhoff.

6ª aula

Montagem de circuito elétrico em paralelo.

- Montar um circuito elétrico que simule uma instalação elétrica residencial utilizando *leds*, baterias ou motores geradores, e resistores. O circuito elétrico em questão apresenta diversas malhas: simples (um único resistor) ou com dois resistores.

- Determinar experimentalmente, utilizando multímetro, os valores de diferença de potencial, potência, corrente elétrica, resistência equivalente para o circuito em questão.

- Comparar os resultados experimentais com os

-Aula experimental com o uso de *leds*, resistores, baterias ou motores geradores. (60 minutos)

| | | | |
|---------|--|---|---|
| | | valores obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos. | |
| 7ª aula | Associação mista de resistores e curto-circuito. | - Demonstrar a associação mista de resistores e o curto-circuito em um circuito elétrico. - Calcular as relações entre diferença de potencial, corrente elétrica em diversos tipos de circuitos elétricos a partir das Lei de Malhas e Lei dos Nós de Kirchhoff. | - Aula expositiva (60 minutos). -Atividade extraclasse. |
| 8ª aula | Montagem de circuito elétrico misto. | - Montar um circuito misto que simule uma instalação residencial, utilizando <i>leds</i> , baterias ou motores geradores e resistores. O circuito deverá ter diversas malhas com um ou mais <i>leds</i> associados em série e em paralelo. | - Aula experimental com a montagem de circuito misto de resistores composto por <i>leds</i> , baterias ou motores geradores e resistores (60 minutos) |
| | | -A partir do circuito mostrar como se aplica a lei das malhas e dos nós, e comparar os valores calculados de diferença de potencial, | |

| | | | |
|-------------|---|--|--|
| | | corrente elétrica, potência e resistência equivalente com os obti- dos com o uso do multímetro, | |
| 9ª aula | Atividade e desafio. | - Criar e montar um circuito elétrico qualquer utilizando os tópicos e conceitos explorados nesta sequência didática. | - Aula experimental (60 minutos) |
| Pós-teste 1 | Aplicação do pós- teste junto às demais turmas. | - Aplicar um pós-teste com questões referentes aos tópicos e conceitos explorados nesta sequência didática - Comparar os resultados obtidos junto as demais turmas com os obtidos com a turma que sofreu a intervenção do produto educacional. | Pós-teste (Anexo) (60 minutos) |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para análise do conhecimento prévio, foi aplicado um teste de conhecimento, pré-teste (Apêndice B), sobre circuito elétrico e seus componentes, procurando diagnosticar os conhecimentos iniciais dos alunos sobre este assunto. Em seguida, com uma conversa em grupo, foram identificados os alunos que teriam um maior conhecimento, interesse e facilidade de compartilhar e contextualizar este conhecimento com os demais colegas. Foi também buscado identificar as principais dificuldades de aprendizado para aqueles que não possuem um conhecimento mais amplo do que será trabalhado em sala de aula.

Como desdobramento deste primeiro momento foi solicitado aos alunos que procurassem em casa e com parentes e/ou amigos aparelhos eletrônicos, como brinquedos (carrinhos, bonecos, brinquedos em forma de animais, etc), impressoras,

aparelhos de DVD, televisões, entre outros chamados de sucatas eletrônicas, ou seja, que não estivessem funcionando. Estes deveriam ser levados para a escola para servirem como material de suporte para juntar aos brinquedos doados pelo professor orientador Micaías Rodrigues e os demais adquiridos pelos alunos a serem utilizados na construção dos experimentos.

De posse destes materiais foi feita a desmontagem, localização dos componentes eletrônicos e a sua identificação, quantificação dos componentes existentes como resistores, disjuntores, geradores, cabos, fios, dispositivos de segurança e capacitores. Em seguida ocorreu a retirada destes componentes com o uso de ferro de solda fria e catalogação dos tipos e quantidades existentes em cada circuito elétrico.

As aulas seguintes sobre circuito elétrico foram acompanhadas de práticas realizadas com os estudantes e utilização destes materiais previamente retirados e catalogados das sucatas para montagem dos experimentos a serem utilizados em análises de sistemas resistivos ligados em série, em paralelo e mistos, disponibilizando, ainda, medições de tensão, corrente elétrica, resistência equivalentes e potência elétrica dos equipamentos ligados e seu funcionamento nas situações propostas.

Ao final desta sequência de aulas foi ministrado um pós-teste (Apêndice C) para averiguar o conhecimento adquirido pelos alunos. Foram utilizados para elaboração do pós-teste, questões já aplicadas pelo Exame Nacional de Ensino Médio (ENEM), e disponibilizadas nos simulados da SEDUC-PI, nos simulados ENEM +, aplicados em todas as turmas da 3ª série do ensino médio das escolas da rede estadual de ensino do Piauí, incluindo a instituição na qual o produto foi aplicado. Isto possibilitou realizar um levantamento da média do desempenho dos alunos por questão, comparando-os com outras duas turmas da mesma escola.

6.5 Validação do manual de experimentos

A validação de experimentos é um aspecto essencial para a pesquisa científica e importante para garantir a eficácia e a confiabilidade dos resultados obtidos no processo (Gramacho, 2023). Segundo o autor, "a validação de um experimento deve ser entendida como um conjunto de procedimentos que visa assegurar que os

métodos e instrumentos utilizados são apropriados para responder às questões de pesquisa" (2023, p. 112).

Em sua análise, Gramacho (2023) enfatiza que a validação não se limita à simples aplicação de técnicas, mas envolve um rigoroso processo de revisão e adaptação dos experimentos, buscando sempre a melhoria contínua. Ele afirma que "a reflexão crítica sobre os procedimentos adotados é fundamental para a evolução da prática científica" (p. 115). Assim, ao conduzir os experimentos em sala de aula, é essencial que se realize uma análise cuidadosa dos métodos que estará utilizando. Isso não apenas aumentará a compreensão sobre os fenômenos estudados, mas também proporcionará uma formação mais sólida para os alunos.

No contexto educacional, Wenger (1998) argumenta que "o aprendizado acontece em comunidades, onde a prática é compartilhada e o conhecimento é validado coletivamente" (p. 82). Essa perspectiva reforça a ideia de que a validação não é um processo isolado, mas sim uma atividade colaborativa que envolve tanto professores quanto alunos. Através da interação mútua, é possível refletir sobre os resultados dos experimentos e ajustar as práticas pedagógicas conforme necessário, promovendo um ambiente de aprendizado dinâmico.

Por meio de experiências práticas em sala de aula, vem sendo desenvolvido um sistema de validação para os experimentos que foram realizados. Primeiramente, estabelecido critérios claros de avaliação como: Revisão Documental: Conteúdo e normas; Execução do Protocolo; Comparação de Resultados; Reprodutibilidade; Avaliação de Riscos; Equipamentos e Materiais; Revisões Baseadas em Resultados; Registros de Validação, permitindo que os alunos não apenas pratiquem, mas que também analisem os resultados obtidos. Após cada atividade experimental, foram promovidas discussões em grupo onde os alunos puderam compartilhar suas observações e sugestões, fomentando um ambiente colaborativo de aprendizagem. Esse processo, alinhado ao que Wenger propõe, tem se revelado valioso para validar não só os resultados dos experimentos, mas também as metodologias empregadas.

Nesse sentido, deve se iniciar por um processo de coleta de dados por meio de *feedbacks* dos alunos após a realização dos experimentos. Como sugere Wenger (1998), a voz dos participantes é crucial para entender a eficácia das abordagens utilizadas. "A validação de um experimento não diz respeito apenas ao seu resultado, mas também ao envolvimento e à percepção dos aprendizes" (Wenger, 1998, p. 92).

Assim, ao aplicar questionários e promover discussões em sala, será buscado compreender como os alunos se sentem em relação às atividades, o que contribuirá para ajustes futuros.

Além disso, será buscado o *feedback* contínuo dos alunos, conforme sugerido por Gramacho (2023), para ajustar e aprimorar os manuais de experimentos utilizados. Este ciclo de avaliação e reavaliação foram fundamentais para garantir que os objetivos educacionais fossem atingidos e que os alunos desenvolvessem habilidades críticas e reflexivas.

Em conclusão, a validação dos experimentos em sala de aula transcendeu a mera aplicação de uma metodologia; envolveu um compromisso com a reflexão e a melhoria contínua. O foco em tópicos como a avaliação colaborativa e o ajuste dos métodos de ensino, conforme os princípios discutidos por Gramacho e Wenger, permitirá não apenas validar os experimentos, mas também enriquecer a experiência de aprendizado dos alunos.

6.6 Produto Educacional

O produto educacional PE (Apêndice A) consiste em um manual de experimento elaborado e produzido por alunos juntamente com o professor titular, que servirá como acervo para o laboratório da escola, produzido a partir de uma sequência didática dividida em 11 aulas de 60 minutos cada, composta por aulas expositivas teóricas e aulas experimentais utilizando aparatos fabricados a partir de materiais de fácil acesso e disponibilizados pelos mesmos. Foram abordados os seguintes temas:

- Conceito de circuito elétrico e seus componentes;

- Instrumento de medidas elétricas.

- Associação de resistores em série;

- Associação de resistores em paralelo;

- Associação mista de resistores e curto-circuito.

Cada aula abordou um dos conteúdos acima de forma teórica, sendo a prática uma complementação para a aprendizagem, utilizada em aulas seguidas das aulas teóricas conforme o assunto que foi abordado, sendo descrito pelo professor os seguintes tópicos das aulas:

- Objetivo da aula;

- Questões motivadoras para as aulas;

Abordagem teórica do conteúdo a ser ministrado;

Experimento a ser realizado;

Roteiro do experimento;

Questões para serem resolvidos em casa e discutidas na próxima aula.

A combinação da teoria com a prática não apenas facilitou a compreensão dos conceitos, mas também despertou o interesse dos alunos, tornando-os mais engajados e participativos.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo será apresentada a análise dos resultados referentes ao Produto Educacional (PE) aplicado no CETI Raldir Cavalcante Bastos, Teresina PI. Este produto foi desenvolvido com uma turma que estava cursando o terceiro ano do ensino médio regular.

A introdução dos conceitos físicos foi realizada por meio do estabelecimento de um problema, com o propósito de estimular o interesse dos alunos pela aula e promover a discussão necessária para alcançar os objetivos desejados. Foram realizadas discussões, reflexões e conexões das questões propostas, permitindo ao aluno uma melhor compreensão sobre as concepções iniciais e a interpretação do material em relação a circuito elétrico. A organização do conteúdo e dos grupos foram fundamentais para a compreensão dos fenômenos físicos e a internalização dos principais conceitos envolvidos. É crucial que o professor posicione o aluno como o agente do conhecimento e não apenas como um simples receptor de informações.

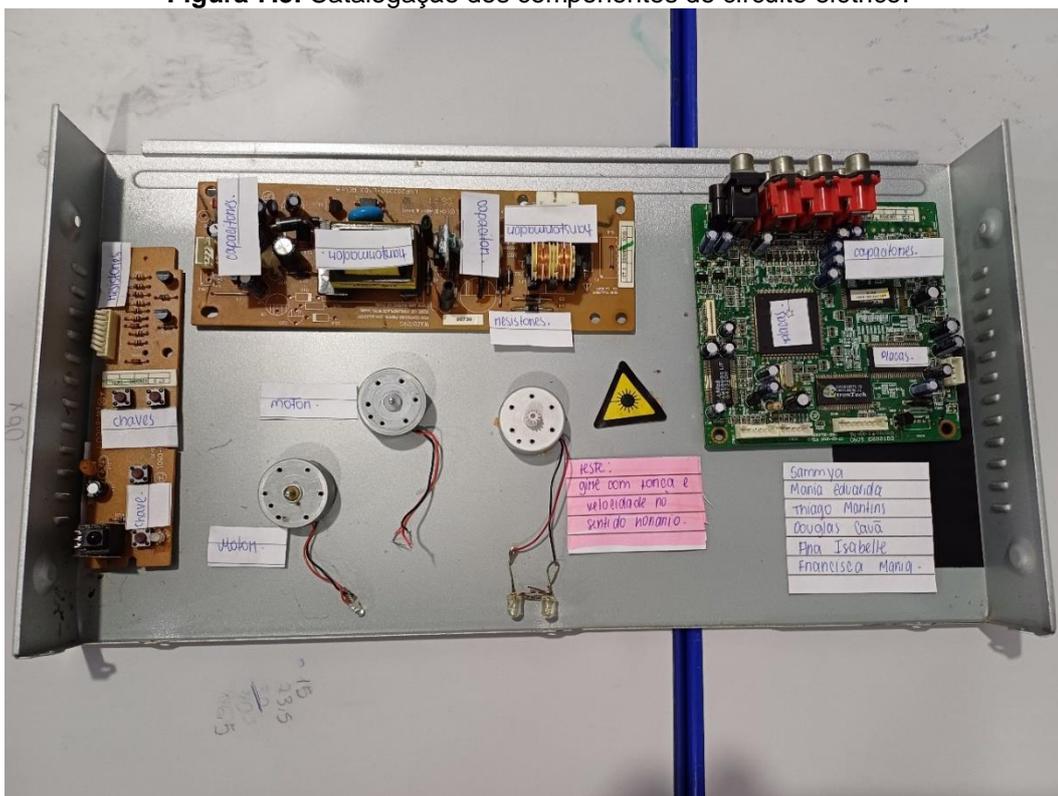
A condução das atividades foi organizada em quatro etapas, levando sempre em consideração os conhecimentos prévios dos alunos e incentivando-os à participação nas discussões. A primeira etapa do produto educacional foi a etapa de aquisição dos materiais, sendo que uma boa parte destes materiais foi doada pelo professor orientador Micaías Rodrigues, e os demais doados pelos alunos e seus familiares. Todo o material adquirido foi levado ao ambiente escolar, como mostra a figura 7.1.

Figura 7.2. Desmonte dos materiais eletrônicos



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.3. Catalogação dos componentes do circuito elétrico.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tabela 01 mostra a quantidade de componentes catalogados neste desmonte.

Tabela 01 – Componentes catalogados

| Componentes | Quantidade |
|--------------------|-------------------|
| Led | 64 |
| Resistores | 27 |
| Motores | 12 |
| Interruptores | 6 |
| Baterias/pilhas | 16 |
| Fios | 6 metros |

Fonte: Própria do autor.

Dentre os componentes catalogados, os *leds* aqui retirados da lâmpada de emergência tem as pernas muito pequenas dificultando o encaixe ou a soldagem no circuito. Por isso a escolha do uso dos *leds* comprados nos circuitos elétricos deste PE, pois estes possuem pernas grandes facilitando o encaixe nos rebites, conforme poderá ser visto adiante. Também seria possível o uso de *leds* de pisca-pisca natalino.

Na terceira etapa, já de posse dos materiais necessários como, fonte de tensão, resistores, receptores e condutores, os alunos construiriam diversos circuitos elétricos novos. Nestes, os alunos utilizariam como fonte de energia geradores químicos, baterias e geradores mecânicos como pequenos motores, todos adquiridos no desmonte das sucatas eletrônicas como visto na figura 7.3 mostrada anteriormente. Nesta etapa cada grupo construiu o seu próprio circuito, que posteriormente foi compartilhado com os demais grupos.

A quarta e última etapa foi a etapa de análise dos circuitos elétricos, utilizando os diversos geradores, resistores e receptores para os cinco tipos de circuitos elétricos sendo eles: circuito elétrico simples, em série, em paralelo, misto e o curto circuito. Nesta etapa foi possível fazer a análise da corrente e da potência elétrica em cada circuito e de cada receptor.

Todos estes momentos foram executados paralelamente às aulas teóricas, as quais foram de extrema importância para o desenvolvimento de cada etapa, pois os alunos puderam vincular a teoria à prática, na prática.

7.1 Descrição dos experimentos desenvolvidos

Os princípios abordados em Eletricidade, especialmente corrente elétrica, resistência elétrica e circuitos, são frequentemente percebidos pelos estudantes como abstratos e distantes de seu dia a dia. A explanação desses temas é, muitas vezes, feita através de aulas expositivas teóricas. No entanto, aulas práticas podem complementar as aulas teóricas de forma concreta e lúdica:

As atividades experimentais permitem aos alunos o contato com o objeto concreto, tirando-os da zona de equilíbrio e colocando-os em zona de conflito, construindo mais conhecimentos e posteriormente retornando a zona de equilíbrio (Cunha, 2002 apud Campos *et al.*, 2012, p. 5).

Ao incentivar a experimentação em sala de aula, os alunos têm a chance de observar, testar e medir aqueles conceitos que foram analisados apenas teoricamente, identificar combinações de resistores e outros elementos em circuitos, bem como simular circuitos que representem uma instalação elétrica doméstica.

O produto educacional proposto neste trabalho (Apêndice A) é composto por uma sequência didática de 11 (onze) aulas sobre circuitos elétricos envolvendo resistores, sendo 4 (quatro) aulas teóricas, 5 (cinco) experimentais e 2 (duas) aulas para pré-teste e pós-teste, sendo uma para cada. Além das aulas expositivas, foram realizados cinco experimentos, a saber:

- (i) Circuito elétrico simples;
- (ii) circuito elétrico em série;
- (iii) circuito elétrico em paralelo;
- (iv) circuito elétrico misto;
- (v) curto-circuito.

Para todas as atividades experimentais realizadas em sala de aula, a turma foi dividida em seis grupos fixos de seis alunos cada, denominados G1, G2, G3, G4, G5 e G6. Cada grupo teria um líder, não apenas para liderar, mas, segundo Wenger (2002, p.148) destaca, a liderança em Comunidades de Prática não se trata apenas de hierarquia, mas sim de influenciar, instigar e mobilizar os membros em torno de um objetivo comum.

Os grupos G1 e G2 construíram circuitos elétricos em série, porém com o grupo G1 usando a tábua e rebites, tábua está que esta sendo utilizada como suporte para fixar os rebites podendo assim substituir um *protoboard* como podemos ver na figura 7.4, e o grupo G2 usando o ferro de solda e fixando os componentes. Os grupos G3

e G4 construíram circuitos elétricos em paralelos, sendo o grupo G3 usando a tábua e o grupo G4 usando o ferro de solda e fixando os componentes. O grupo G5 construiu o circuito elétrico em paralelo na tábua e o grupo G6 construiu o curto-circuito com componentes soldados.

Figura 7.4. Suporte para circuito.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os experimentos foram realizados da seguinte forma: na primeira aula experimental os grupos realizaram a construção de um experimento, um circuito elétrico qualquer. Na segunda aula experimental apenas os grupos G1 e G2 construíram os seus experimentos. Na terceira aula foi a vez dos grupos G3 e G4 construir o circuito elétrico em paralelo e na quarta aula experimental foi a vez dos grupos G5 e G6 realizarem os seus experimentos. O motivo desta divisão é poder acompanhar melhor os alunos, visto que eles estavam usando furadeira e ferro de solda.

Enquanto isso, os demais grupos estariam fazendo rodízio dos experimentos realizados nas aulas anteriores e podendo fazer as análises, descritas nas seções de cada experimento. Por exemplo, na terceira aula experimental enquanto o grupo G3 e G4 estavam realizando os seus experimentos, os grupos G1 e G2 estavam mostrando e analisando os seus experimentos com os grupos G5 e G6. Desta forma aconteceu também nos demais dias de experimentos, podendo contemplar todos os grupos com todos os experimentos nas práticas e nas análises.

No desenvolvimento das atividades foi nítido a mudança de nível dos participantes, quanto mais interessante se tornava os experimentos, mais engajados estavam os alunos, ao ponto de pedirem mais experimentos nos demais conteúdos trabalhados.

7.1.1 Circuito elétrico simples com ou sem resistor

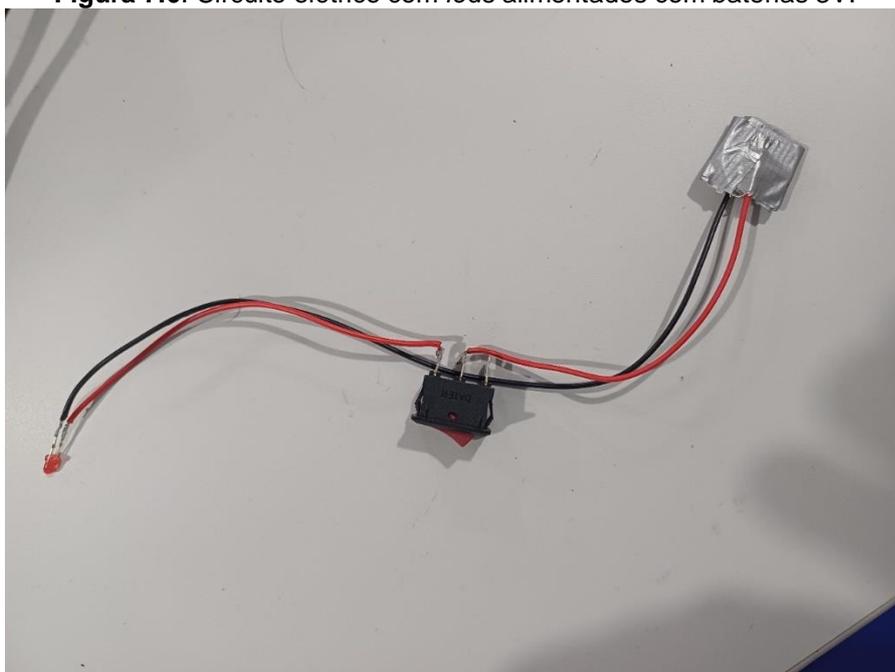
Como primeiro experimento desta sequência didática, foi solicitado aos alunos que construíssem um circuito simples com ou sem o uso de resistores, fazendo o uso dos componentes retirados das sucatas, para a determinação de seu funcionamento, se funcionava ou não, e análise das variáveis como corrente, potência e diferença de potencial. Nesta primeira etapa surgiram diversos circuitos com fontes de alimentação diferentes, como mostram as figuras 7.5, 7.6 e 7.7.

Figura 7.5. Circuito elétrico com *leds* sendo alimentado com motores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.6. Circuito elétrico com *leds* alimentados com baterias 3V.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.7. Circuito elétrico com *Leds* alimentados com baterias 9V.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao questionar os alunos sobre qual(is) a(s) possível(is) diferença(s) entre os circuitos elétricos apresentados foi possível identificar diversas respostas, tais como a fonte de alimentação e o brilho dos *leds*. Alguns circuitos estavam sendo

alimentados por pilhas e/ou baterias enquanto outros por pequenos motores que alteravam o brilho de acordo com a rotação do motor.

As diferenças apontadas pelos grupos se tornaram o problema a ser discutido em sala de aula, mediado pelo professor. Além disso foi também indagado aos alunos se aqueles circuitos alimentados por baterias poderiam ser ligados em qualquer *led*.

Diante desta indagação alunos do grupo G2 relataram que, ao construir o seu circuito, uma das dificuldades encontradas foi o fato de que ao ligar alguns *leds* na bateria de 9V estes *leds* estavam queimando. Só então que foi observado a tensão de ambos e puderam concluir que para cada *led* existe uma voltagem compatível. Se ligar um *led* de até 3V em uma bateria de 9V, o mesmo vai queimar, e se ligar um *led* de até 9V em uma bateria de 3V, não irá acender. Também foi verificada a rotação do motor, pois quanto maior a rotação deste, mais intenso será o brilho do *led*. Convém salientar que os alunos do 3º ano do Ensino Médio já foram apresentados aos conceitos relacionados à carga elétrica e corrente elétrica, tanto na área de física como na de química.

Os próximos experimentos a serem construídos surgiram a partir de uma pergunta indagada pelo professor: “Como poderíamos ligar mais de um *led* a um mesmo gerador para que eles ficassem funcionando perfeitamente?” ou “Como se comportaria a corrente elétrica, a tensão, a potência e a resistência das novas ligações?”. Isto será relatado abaixo.

7.1.2 Circuito elétrico em série

No segundo experimento realizado pelos alunos foi solicitado que eles conectassem dois *leds* iguais e de mesma cor para verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica que passava por eles, calculando assim o valor das suas resistências elétricas em funcionamento.

Depois, foi solicitado que trocassem um *led* de cor, ficando assim dois *leds* de cores diferentes e fosse verificada a diferença de potencial nos terminais de cada *led* e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, analisando a intensidade de luminosidade que cada um deles irá gerar e compará-los através de suas potências.

Também foi realizada uma análise da intensidade de luminosidade das lâmpadas. E, por fim, foi desconectado um dos *leds* e verificado como o sistema se

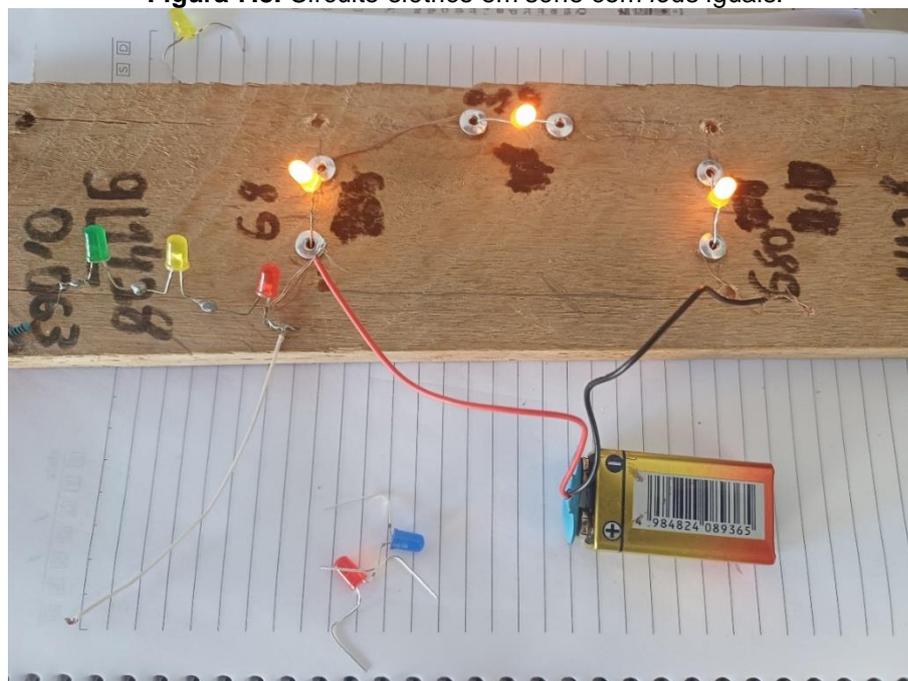
comportava na ausência deste *led* de forma qualitativa, comentando o que estava sendo observado

Foi feito um comparativo dos valores das resistências elétricas calculadas para cada um dos *leds* e para as diversas ligações que foram realizadas, respondendo se o *led* pode ser considerado como um resistor de valor constante (resistência ôhmica). Caso fosse observado diferentes valores para cada resistência de um *led*, deveria ser respondido os parâmetros físicos que estavam alterando este valor e porque esta alteração.

Mesmo já tendo construído um circuito elétrico na primeira etapa alunos do grupo G1 relataram que a dificuldade aqui encontrada era dosar a resistência equivalente da associação com a fonte de alimentação e também a polaridade dos ledes ao conectarem no circuito, sanadas estas dificuldades ficou fácil as demais análises.

Podemos observar nas figuras 7.8 e 7.9 que diante das situações citadas anteriormente, os alunos puderam perceber que para cada *led* de uma determinada cor a resistência interna tem valores diferentes. Quando estes *leds* são associados em série, valores diferentes poderiam ser observados também para a resistência e a potência dos *leds*, representada em forma de brilho.

Figura 7.8. Circuito elétrico em série com *leds* iguais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.9. Circuito elétrico em série com *leds* de cores diferentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.3 Circuito elétrico em paralelo

Este sistema visa a exibição prática da associação em paralelo de resistores, com a conexão de dois ou mais *leds* em paralelo acionadas ou não por um interruptor simples, analisando a relação entre a luminosidade e as potências e tensões dos *leds*

Após a construção do experimento foi solicitado ao grupo G3 que fizessem a ligação do circuito com qualquer fonte. Vendo a quantidade de resistores, um integrante faz a ligação com a fonte de 9V, queimando todos os *leds*, o líder indagou o porquê de todos os ledes terem queimados? Uma outra aluna respondeu que: “o circuito precisa de uma voltagem mínima para ligar e nesse caso foi uma voltagem muito grande, por isso os *leds* queimaram”.

Aqui foi solicitado que os alunos conectassem dois *leds* iguais e de mesma cor, para verificar a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelos *leds*, e em seguida eles calcularam o valor das suas resistências elétricas e da potência elétrica dos *leds* em funcionamento

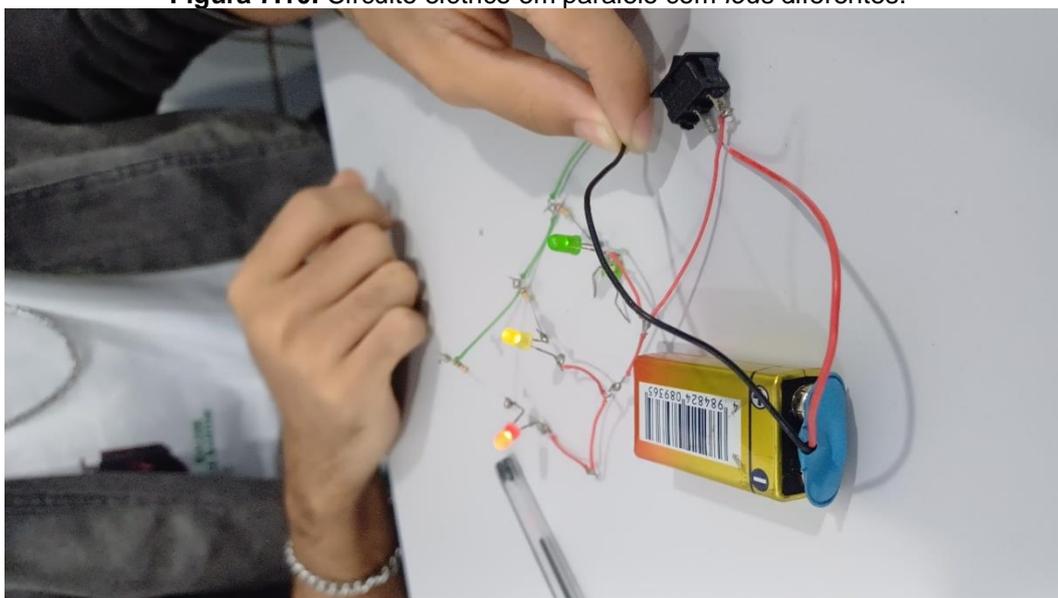
Em seguida foi solicitado a troca de um dos *leds* por um outro de cor diferente verificando a diferença de potencial nos terminais de cada *led* e a corrente elétrica que está percorrendo cada equipamento, calculando também as resistências elétricas e as potencias para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada um deles gerou e compara-los através de suas potências.

Também foi solicitado que o grupo G3 desconectasse um *led* e verificasse como o sistema se comportaria na ausência deste Led de forma qualitativa, após esta análise um integrante do grupo indagou que realmente a teoria estava se conectando com a teoria trabalhada na aula teórica, pois neste caso os demais *leds* continuaram funcionando perfeitamente.

É importante destacar que na excursão destes experimentos alunos do grupo G4 indagaram como algo interessante e diferente do circuito em série que quanto mais se tem *leds* no circuito maior a DDP para alimentar o circuito, e no circuito em paralelo é ao contrário, ou seja, não precisa ser uma fonte tão grande.

Podemos observar na figura 7.10 e 7.11 que diante destas situações analisadas os alunos poderão perceber que para cada *led* de uma determinada cor a resistência interna, assim como em série, tem valores diferentes e quando associamos estes ledes em paralelo poderiam observar valores diferentes para a resistência e na potência dos *leds* representada em forma de brilho. Quando todos os *leds* forem da mesma cor o brilho é o mesmo para todos e também quando um dos *leds* for desconectado os demais continuam funcionando perfeitamente sem nenhum prejuízo para o circuito.

Figura 7.10. Circuito elétrico em paralelo com *leds* diferentes.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.11. Circuito elétrico em paralelo com *leds* iguais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.4. Circuito elétrico misto

Para este experimento a exibição prática é a associação mista de resistores onde consiste a ligação em série e em paralelo a um mesmo circuito elétrico, com a conexão de dois ou mais *leds* acionando ou não por interruptor simples, analisando a relação entre a luminosidade, potências e tensão dos *leds*.

Foi solicitado aos alunos do grupo G5 para montar um circuito que incluía pelo menos duas resistências em série e duas em paralelo usando *leds*, resistores se necessário e uma fonte de alimentação de 9V.

Neste experimento foi feito o uso de um multímetro para medir a tensão em cada resistor do circuito tanto em série quanto em paralelo. Registrado os valores e discutido as diferenças. Com o multímetro, também foi feita a medição da corrente que passa por cada resistor e indagado aos alunos como a corrente se comporta em série e em paralelo.

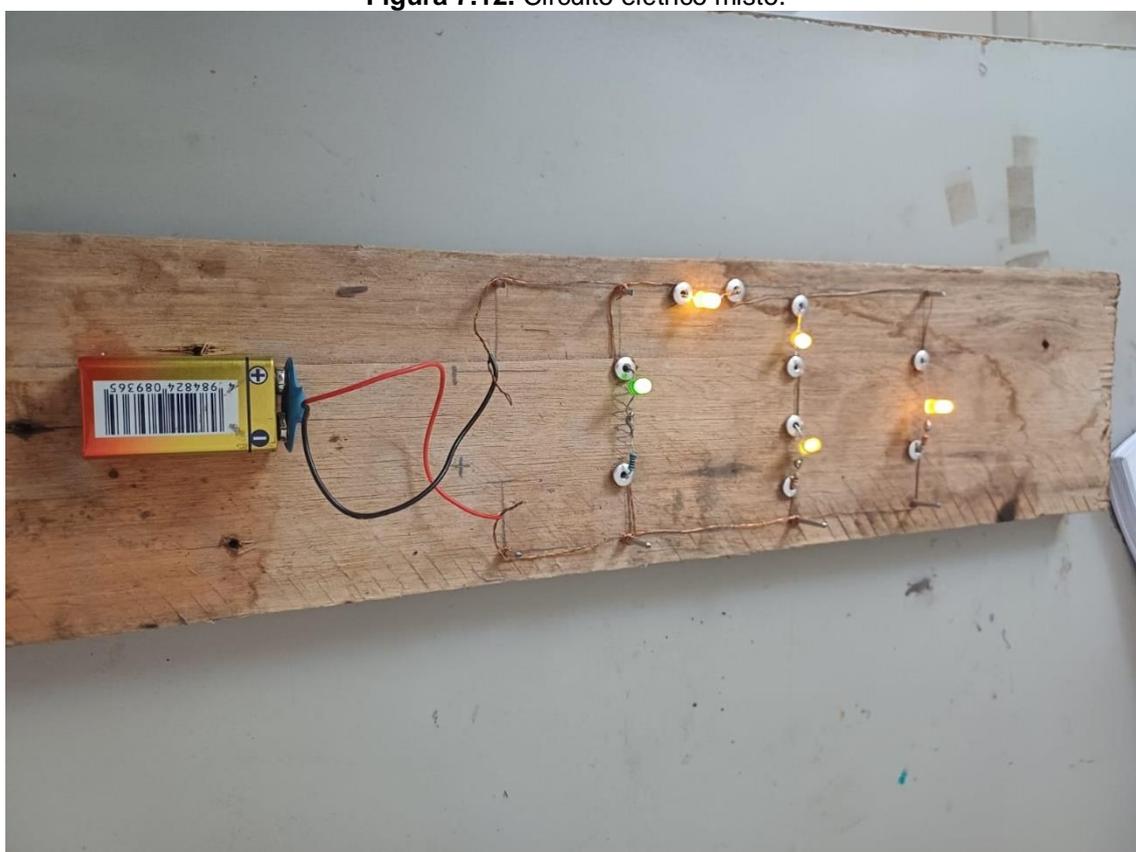
E por fim organizado uma discussão nos grupos onde os alunos puderam compartilhar suas observações sobre como a disposição dos resistores possivelmente afetou o desempenho do circuito e o que aprenderam sobre a relação entre tensão, corrente e resistência.

Este foi o experimento onde os alunos obtiveram mais dificuldades em realizar. Foi o experimento em que teve diversos *leds* queimados. Segundo os alunos a

principal dificuldade foi encontrar a fonte de alimentação certa, a polaridade dos *leds* ao conectar no circuito e a relação da tensão com a resistência equivalente em cada ramo. Como exemplo, o *led* de cor verde estava constantemente queimando e os dois em série da segunda ramificação não queimava, até identificar a necessidade de um resistor para o *led* da primeira e terceira ramificação diversos *leds* foram queimados, após sanar esta necessidade foi possível fazer as demais análises.

A parte mais interessante desse experimento foi a indagação dos alunos do grupo sobre a corrente elétrica relacionadas a resistência elétrica, pois foi diante do conceito de resistência elétrica apresentado anteriormente que de imediato os alunos puderam perceber que quanto maior a resistência equivalente em uma malha menor o brilho dos *leds*. Isto ocorre pois diminui a corrente elétrica que passa por esta malha e, conseqüentemente, diminui a potência elétrica do resistor. Esta montagem pode ser vista na figura 7.12.

Figura 7.12. Circuito elétrico misto.



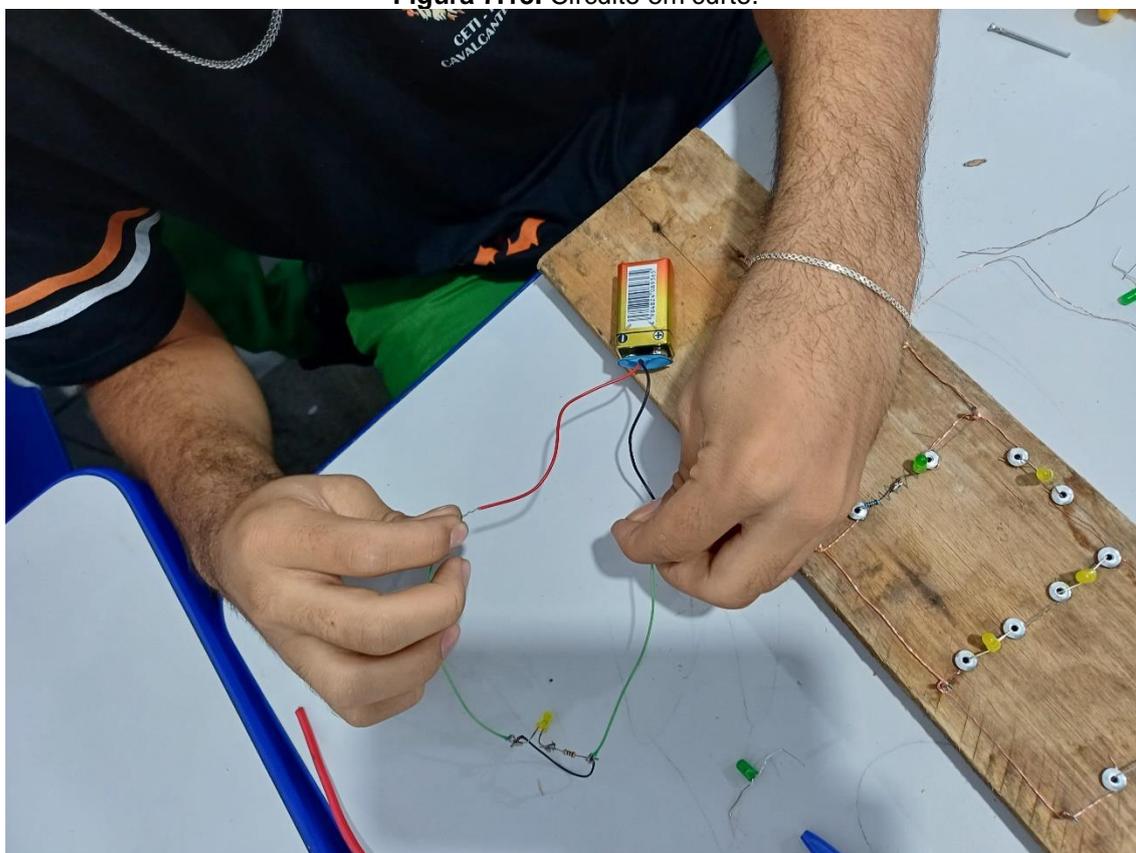
Fonte: Elaborado pelo autor.

7.1.5. Curto-circuito.

Este circuito elétrico visa à exibição e à investigação do caminho percorrido pela corrente elétrica no circuito montado. Neste circuito foi solicitado aos alunos do grupo G6 que construíssem um experimento com apenas um *led*, se necessário um resistor, e um fio condutor fazendo um possível desvio, como mostra a figura 7.13.

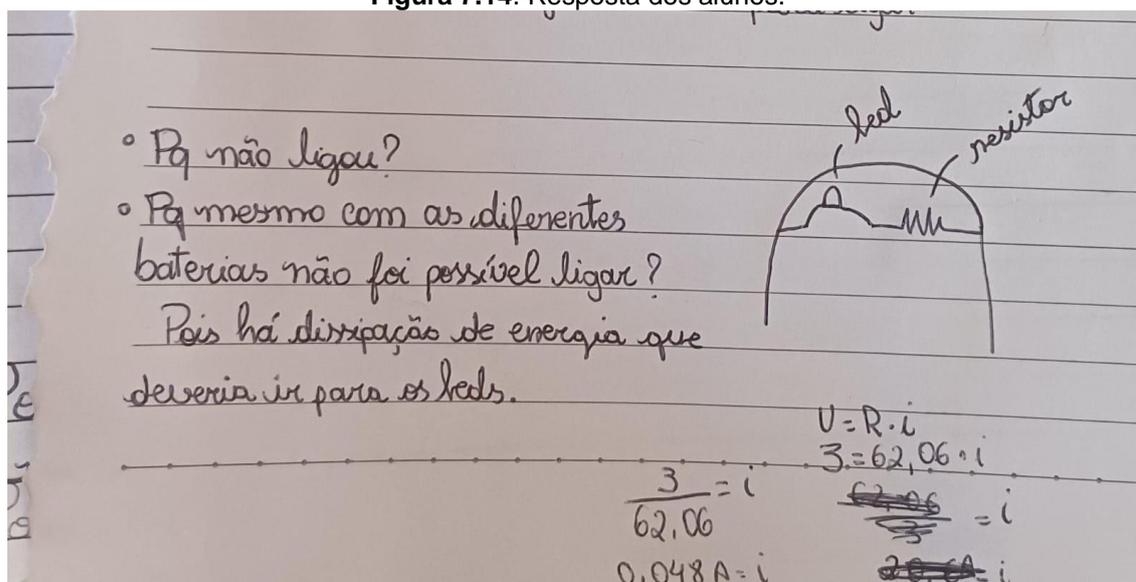
Este circuito foi produzido com apenas um *led* conectado a um resistor de 1K e um fio condutor ligado em paralelo com a ligação do *led* e resistor, fazendo com que a corrente elétrica enviada pela fonte de tensão percorresse o melhor caminho ao fechar o circuito como mostra na figura 7.13. Os demais grupos foram indagados pelo líder do grupo G6 ao porque mesmo sendo um circuito elétrico fechando o circuito com uma fonte de 3V ou 9V o *led* não estava acendendo, obtivemos a seguinte resposta dos alunos do grupo G2 como mostra a figura 7.14.

Figura 7.13. Circuito em curto.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 7.14. Resposta dos alunos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após todos os experimentos feitos foi solicitado aos grupos que fizessem um comparativo dos valores das resistências elétricas calculadas para cada uma dos *leds* e para as diversas ligações que foram realizadas, respondendo se o *led* pode ser considerada como um resistor de valor constante (resistência ôhmica). Caso fossem observados diferentes valores para cada resistência de um *led*, teria que procurar os parâmetros físicos que estava alterando este valor e porque esta alteração.

7.2 Avaliação do manual de experimentos

Os experimentos trabalhados neste PE foram executados segundo as instruções básicas dadas pelo professor orientador. Estas instruções foram baseadas na explanação teórica introdutória ao conteúdo trabalhado, sempre na aula anterior aos experimentos. Estas instruções estão conforme modelo indicado no Apêndice B, onde constam o título do experimento, objetivo, hipótese, listagem dos componentes e ferramentas, o passo a passo da montagem, análise dos dados e a conclusão.

Mesmo com as instruções pré-estabelecidas para cada experimento, foi repassado estas orientações para os grupos ao realizarem os experimentos, assim como foi feito neste PE, como podemos verificar No Quadro 02, que descreve as orientações do professor para os alunos antes da realização dos experimentos.

Quadro 02 – Orientações para realização dos experimentos.

| Ordem | Orientações para realização de experimento | Descrição |
|--------------|---|--|
| 1 | Seguir as Instruções | Leia e compreenda todos os passos do experimento antes de começar. Siga as instruções cuidadosamente para evitar erros |
| 2 | Verificar Conexões | Antes de ligar o circuito, revise todas as conexões para garantir que estão corretas e seguras, evitando curtos-circuitos |
| 3 | Medições Precisas | Ao usar instrumentos como o multímetro, siga as instruções para medir corretamente tensão, corrente e resistência |
| 4 | Registrar Dados | Mantenha um registro detalhado de todas as medições e observações. Isso facilitará a análise posterior |
| 5 | Trabalhar em Grupo | Se estiver trabalhando em grupos, divida as tarefas entre os membros. A colaboração pode levar a uma melhor compreensão do experimento. |
| 6 | Resolver Problemas | Se uma situação não funcionar como esperado, não desanime. Utilize a análise crítica: identifique o problema, faça perguntas e tente diferentes abordagens |
| 7 | Seja Criativo | Se o tempo permitir, pense em maneiras de expandir o experimento. Que outras variáveis vocês poderiam testar? Como isso alteraria os resultados? |

| | | |
|---|-----------------------|--|
| 8 | Limpeza e Organização | Após concluir o experimento, limpe o espaço de trabalho e guarde corretamente todos os materiais utilizados. |
| 9 | Refletir e Discutir | Após o experimento, participe das discussões em sala de aula. Compartilhe suas descobertas e aprenda com as experiências dos outros. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Essas orientações e a estrutura proposta ajudaram na realização de experimentos de circuito elétrico de maneira eficaz e segura, promovendo um ambiente de aprendizado positivo.

Neste PE foi deixado que os alunos não levassem em consideração a segunda orientação do quadro acima citado, pois lhes era permitido errar, produzindo curtos-circuitos e até queimar alguns *leds*. Com isto os alunos puderam refletir nas ações executadas e compreender o que estava ocorrendo, refazendo o circuito de forma correta. Nesse sentido foram queimados 17 *leds* em ligações com alta tensão.

7.3 Considerações sobre a eficácia do uso de materiais reciclados

A utilização de materiais reciclados na elaboração deste manual de experimentos sobre circuitos elétricos não apenas minimiza o desperdício, mas também serve como uma poderosa ferramenta de produção de experimentos para a física. Ao incorporar esses materiais, os educadores têm a oportunidade de discutir a importância da sustentabilidade, sensibilizando os alunos sobre a vida útil dos produtos e a necessidade de reduzir o consumo de recursos naturais. Como afirmam Binsfeld e Garcia (2020, p. 45) "a prática de reutilizar materiais recicláveis em atividades pedagógicas não só enriquece o aprendizado como também fomenta uma consciência crítica acerca do nosso papel na preservação do meio ambiente".

Ao fazer uso de materiais reciclados em experimentos práticos de circuitos elétricos o aprendizado tornou-se mais acessível e envolvente. Os alunos puderam observar, na prática, como é possível transformar resíduos em valiosas ferramentas de aprendizado, incentivando nestes experimentos a criatividade e a inovação. Esta experiência prática tende a fortalecer a compreensão dos conceitos de física,

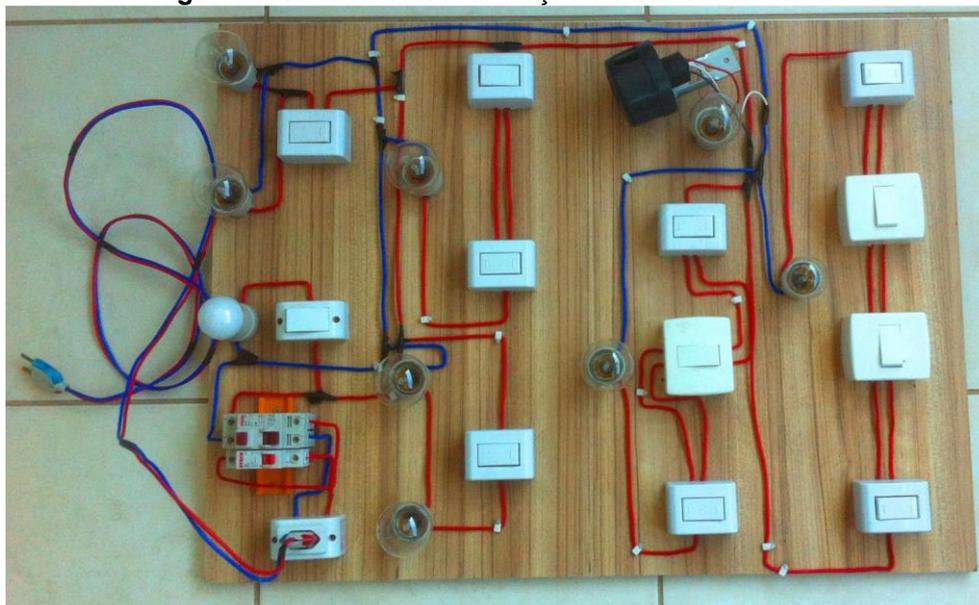
enquanto promove um compromisso com a sustentabilidade e o respeito ao meio ambiente, afirmando o que os autores mencionam, "a educação ambiental se torna mais eficaz quando os alunos têm a oportunidade de praticar a sustentabilidade em suas atividades diárias" (Binsfeld; Garcia, 2020, p. 59).

A análise de custo-efetividade na utilização de materiais reciclados em comparação com materiais convencionais foi essencial para a construção deste manual de experimento, pois o professor pode encaixar perfeitamente no âmbito das escolas públicas estaduais. Como podemos observar nas considerações de Pereira.

Percebemos que dois alunos avaliaram como ruim. Em conversa com esses alunos, conseguimos identificar a causa da insatisfação dos mesmos, pois eles relataram que nem todos tiveram a oportunidade de manusear o painel elétrico. Esse fato se deve ao alto custo para a construção do painel, o que inviabilizou a construção de mais equipamentos para que todos tivessem a oportunidade de manusear (Pereira, 2018, p.72).

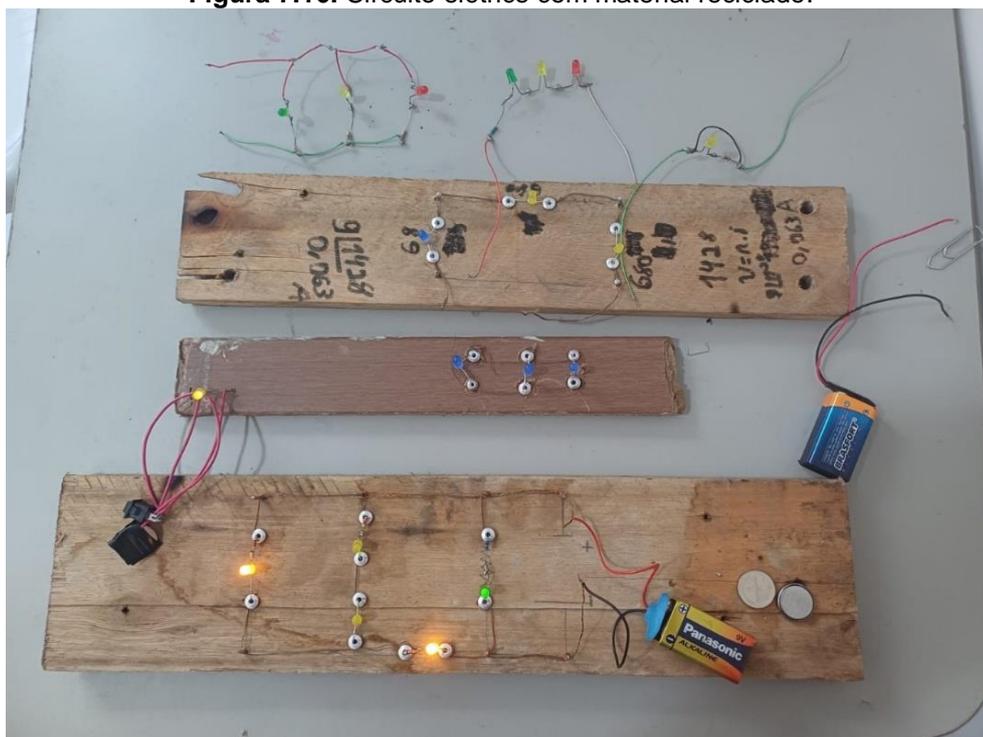
Ao considerar um experimento que utilize, por exemplo a bancada de instalação elétrica com os sistemas de ligação para análise dos circuitos elétricos resistivos e associação de resistores e múltiplos acionadores de circuito, como mostra a Figura 7.15 e consideramos o manual de experimento deste produto educacional (Figura 7.16), ficam evidenciadas as grandes diferenças que impactarão a sua aplicação em sala de aula.

Figura 7.15. Bancada de instalação elétrica convencional.



Fonte: Gonçalves (2018, p. 4).

Figura 7.16. Circuito elétrico com material reciclado.



Fonte: Elaborado pelo autor.

As duas próximas tabelas fazem uma comparação básica em relação ao custo aplicado a construção dos experimentos sobre circuito elétrico. Na tabela 02 está a relação do material da bancada de experimento convencional e na tabela 08, com o material reciclado.

Tabela 02 – Custo da bancada de experimento convencional.

| Material | Quantidade | Valor unitário (R\$) | Valor total (R\$) |
|--------------------|------------|-------------------------|-------------------|
| Lâmpada Led | 9 | 11,50 | 103,5 |
| Interruptor | 13 | 7,00 | 91 |
| Fios | 5 metros | 2,20 | 11 |
| Disjuntor 15A | 2 | 18,22 | 36,44 |
| Bocal | 9 | 6,90 | 62,1 |
| Pregos | Caixa | 12,00 | 12 |
| Fita isolante | 1 | 8,25 | 8,25 |
| Total (R\$) | | | 324,29 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 03 – Custo do circuito com material reciclado.

| Material | Quantidade | Valor unitário R\$ | Valor total R\$ |
|--------------|-------------|--------------------|-----------------|
| Lâmpada Led | 50 | 0,40 | 20,00 |
| Interruptor | 5 | 1,50 | 7,50 |
| Fios | | 0,00 | 0,00 |
| Pilhas | 5 | 0,00 | 0,00 |
| Bateria 3V | 2 | 3,00 | 6,00 |
| Baterias 9V | 2 | 7,50 | 14,00 |
| Rebites | 20 unidades | 0,15 | 3,00 |
| Motor(fonte) | | 0,00 | 0,00 |
| Madeira | 3 | 0,00 | 0,00 |
| Total | | | 50,50 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir da análise das duas tabelas é possível afirmar que o desenvolvimento do manual de experimento com o material reciclado fica bem mais acessível para todas as realidades das escolas públicas, mesmo que os alunos não tenham estes materiais é possível conseguir em oficinas de aparelhos eletrônicos. Porém, mesmo com a utilização de sucatas, os experimentos não contaram apenas com materiais reciclados, pois três itens tiveram que ser comprados: *leds*, rebites e baterias. As baterias poderiam ser de computadores recarregáveis e os rebites substituídos por algum outro material condutor de preferência do professor.

Ainda analisando as duas tabelas é visível a diferença entre os valores para cada tipo de experimento. Os experimentos com material reciclados se tornam quase sete vezes mais baratos do que o experimento com material adquirido com recursos, sem levar em consideração as precauções nas ligações como possíveis queimas de materiais, considerando o não encontro de *leds* nos equipamentos, pois podem ser utilizados também os pisca-piscas de enfeites natalinos, barateando o experimento realizado.

Outro aspecto importante nessa comparação é o risco apresentado ao trabalharmos com fontes de tensão que podem emitir uma alta corrente elétrica quando estamos com jovens em aprendizagem, pois são jovens bastante curiosos e

que gostam de se arriscar. Ao trabalhar com o material deste PE, que é um material de baixa tensão, os alunos não correm o risco de sofrer uma descarga elétrica de alta tensão, pois são circuitos alimentados por uma baixa ddp, oriundas de pilhas e/ou baterias.

Ao desenvolver este trabalho de desmonte de aparelhos, retirada de componentes e construção novos circuitos elétricos, um aluno desmontou um micro-ondas velho, retirou o motor e fez o movimento circular do prato deste micro-ondas. Com o uso do multímetro o aluno pode perceber que, quando girava o eixo deste motor, poderia produzir uma tensão de 220V. Usando a sua criatividade ele foi um pouco além e construiu um circuito em que ao se girar o motor do micro-ondas, e com isso, o estudante conseguiu conseguir alimentar uma lâmpada de 15w e um celular no carregador ao mesmo tempo, como mostra a figura 7.16.

Figura 7.17. Circuito elétrico 220V.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesse véis, a adaptação e o manuseio de materiais reciclados pelos alunos podem variar significativamente. Muitos estudantes podem, inicialmente, encontrar dificuldades ao trabalhar com itens não convencionais, no caso vários materiais reciclados, devido a sua falta de habilidade e costume. No entanto, quando são

oferecidas orientações claras e um ambiente de aprendizado colaborativo, a experimentação com esses materiais torna-se mais acessível.

Wenger (1998, p. 72) argumenta que a aprendizagem é um processo social, onde a interação e o compartilhamento de experiências entre os estudantes são fundamentais para a construção do conhecimento. Assim como foi bem visível no desenvolvimento deste PE onde inicialmente tinha diversos alunos dispersos só olhando, mas no desenvolver das atividade se engajaram, e no início ele era considerado como um participante observador se tornou um participante ativo, e assim também aconteceu com outros alunos que eram participantes periféricos se tornaram participantes ativos.

7.4 Contribuições para o ensino de circuitos elétricos

O aprendizado prático é uma ferramenta poderosa para a compreensão teórica, particularmente no campo dos circuitos elétricos. A execução de experimentos práticos permite que os alunos visualizem e interajam com os conceitos teóricos que estudam, facilitando a assimilação de conhecimentos complexos. A construção de um manual de experimentos que utilize material reciclado não apenas torna o aprendizado mais acessível, mas também ensina a importância da sustentabilidade.

Segundo Wenger (1998, p. 139), o envolvimento ativo dos alunos em Comunidades de Prática, como aquelas formadas em ambientes experimentais, promove uma compreensão mais profunda e contextualizada dos conteúdos. Ao realizar experiências manuais, os alunos não apenas aprimoram suas habilidades técnicas, mas também integram a teoria de forma mais eficaz, capitalizando sobre a experiência direta para solidificar seu aprendizado.

Foi extremamente visível, quando um grupo de alunos estavam trabalhando com experimentos, e sempre tinha um ou dois que só observavam. Estes, para Wenger, são os participantes periféricos. Esse tipo de participação é crucial para a aprendizagem, pois permite que os indivíduos adquiram conhecimento e compreensão sobre as dinâmicas e as normas do grupo, ao mesmo tempo em que desenvolvem uma identidade relacionada à prática em questão (Wenger, 1998, p. 100). Porém, com o passar do tempo, este participante pode ter o seu interesse despertado e resolver participar ativamente, como mostra a figura 7.17, onde tem quatro alunos participando ativamente e o quinto alunos só observando os demais.

Figura 7.18. Participação periférica.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Nessa abordagem é possível percebermos que os alunos fazem relações entre teoria e prática, desenvolvendo habilidades críticas e criativas, como visto em alguns experimentos realizados, por exemplo, no da figura 7.17. Quando os experimentos são alinhados aos conteúdos programáticos, os estudantes se envolvem profundamente com o material, tornando-se protagonistas do seu próprio aprendizado associando assim a teoria com a prática.

De acordo com Wenger (1998), essa integração se alinha ao conceito de Comunidades de Prática, em que o aprendizado é visto como uma atividade social e contextualizada. Ao promover este ambiente em que os estudantes puderam compartilhar experiências, discutir resultados e refletir sobre suas aprendizagens, a escola se tornou um espaço colaborativo de descoberta.

A crítica de um currículo isolado e segmentado é desafiada, pois a integração proporciona um espaço onde o conhecimento é construído coletivamente, enriquecendo não apenas o aprendizado acadêmico, mas também as habilidades sociais dos alunos (Wenger, 1998, p. 56). Assim, os experimentos dentro de uma perspectiva de Integração Curricular não apenas se mostram eficazes, mas também

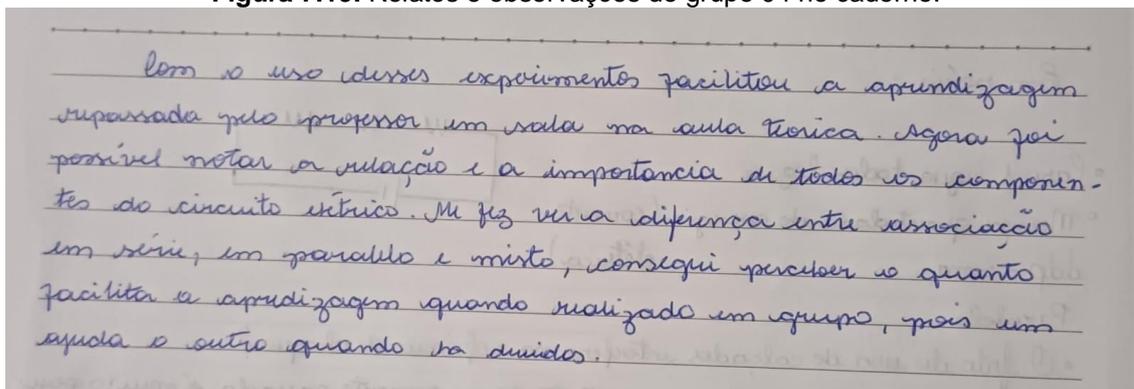
essenciais para formar cidadãos pensantes e críticos em um mundo em constante transformação.

Durante as atividades práticas realizadas com material reciclado sobre circuito elétrico, os alunos conseguiram desenvolver de maneira eficaz as habilidades propostas pelas competências EM13CNT101, EM13CNT102, EM13CNT103 e EM13CNT106. Ao se envolverem em experimentos que utilizavam diferentes cores e tamanhos de *leds*, fios de cobre, motores, geradores, entre outros componentes, os estudantes foram estimulados a formular questões e hipóteses após os experimentos feitos.

Além disso, eles puderam realizar observações detalhadas e foram atrás de suas próprias respostas, utilizando o conhecimento adquiridos por alguns. Essa exploração prática não só facilitou a compreensão de conceitos científicos fundamentais, como também promoveu a reflexão crítica sobre o impacto ambiental do consumo e o descarte de materiais, alinhando-se à sustentabilidade e à responsabilidade social.

Nessa perspectiva, os alunos demonstraram, também, uma notável capacidade de aplicar os conhecimentos adquiridos de forma colaborativa. Trabalhando em grupos, eles puderam discutir suas descobertas, interpretar dados e comunicar suas conclusões, o que favoreceu o desenvolvimento da habilidade EM13CNT106. Essa troca de experiências e ideias proporcionou um aprendizado significativo, no qual cada estudante se viu como parte ativa do processo científico, fortalecendo o entendimento sobre a importância da reciclagem e da inovação no uso de recursos, como pode ser verificado nestas observações de um dos grupos (Figura 7.19).

Figura 7.19. Relatos e observações do grupo 04 no caderno.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com isso, os alunos não apenas internalizaram conteúdos teóricos, mas também se tornaram agentes de mudança, capazes de pensar criticamente sobre o mundo ao seu redor.

7.5 Resultado obtido no pré-teste e pós-teste

Tanto o pré-teste (Apêndice B) como o pós-teste (Apêndice C) foram realizadas usando as mesmas questões, contendo questões objetivas com quatro alternativas e questões subjetivas abertas a sugestões dos alunos, sendo aplicados individualmente para cada aluno um teste único, no intuito de poder fazer uma comparação do antes e depois a aplicação do PE. O único diferencial é que no pós-teste foi acrescentado a 11ª questão relacionada à satisfação dos alunos com as aulas experimentais.

Os resultados obtidos nas questões subjetivas dos testes aplicados foram divididos por categorias. Moraes e Golias (2020) ressaltam que a utilização de ferramentas estatísticas e qualitativas na análise das categorias permite uma validação mais rigorosa dos resultados, ou seja, a análise cuidadosa e a organização das respostas em categorias são fundamentais para o sucesso de uma pesquisa, garantindo que os resultados sejam significativos e aplicáveis (Moraes; Golias, 2020, p. 45).

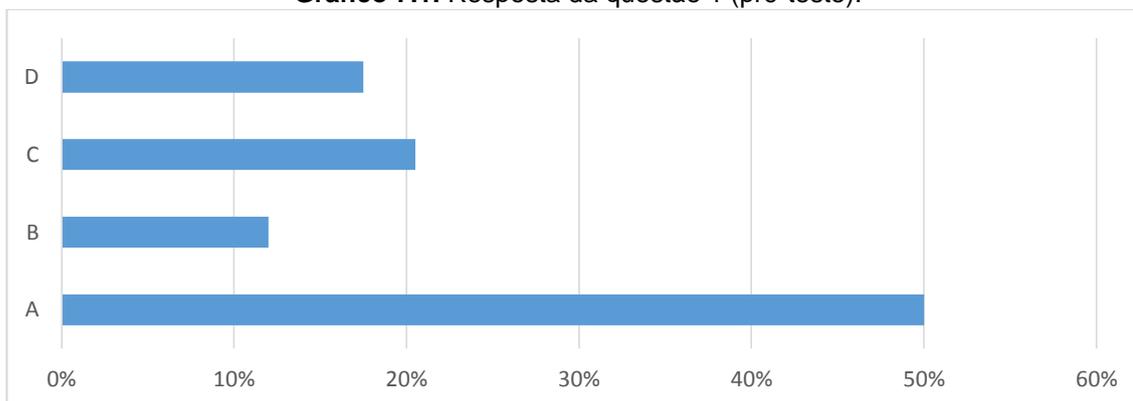
As questões cujas respostas foram deixadas em branco pelos alunos foram contabilizadas na categoria “respostas em branco ou sem respostas”. Quando o aluno escreveu não saber nada sobre o assunto ou desconhecer o que foi perguntado, estas respostas foram contabilizadas na categoria “não sei”. As respostas que não estavam de acordo com o que foi perguntado, ocasionando uma fuga do tema, assim como as respostas erradas que não tiveram uma quantidade percentual significativa, foram contabilizadas na categoria “outras respostas”. Já as respostas consideradas coerentes com a pergunta foram contabilizadas na categoria “respostas certa”. Desta forma, cada questão foi analisada e comentada, observando os percentuais de cada grupo em suas respectivas categorias.

7.5.1 Pré-teste

A primeira questão perguntava “O que é corrente elétrica?” e apresentava como opções: a) O movimento ordenado de cargas elétricas; b) A diferença de potencial elétrico; c) A resistência de um material à passagem de cargas

elétricas; e d) A quantidade de energia elétrica consumida. As respostas a esta questão podem ser verificadas no Gráfico 7.1.

Gráfico 7.1. Resposta da questão 1 (pré-teste).

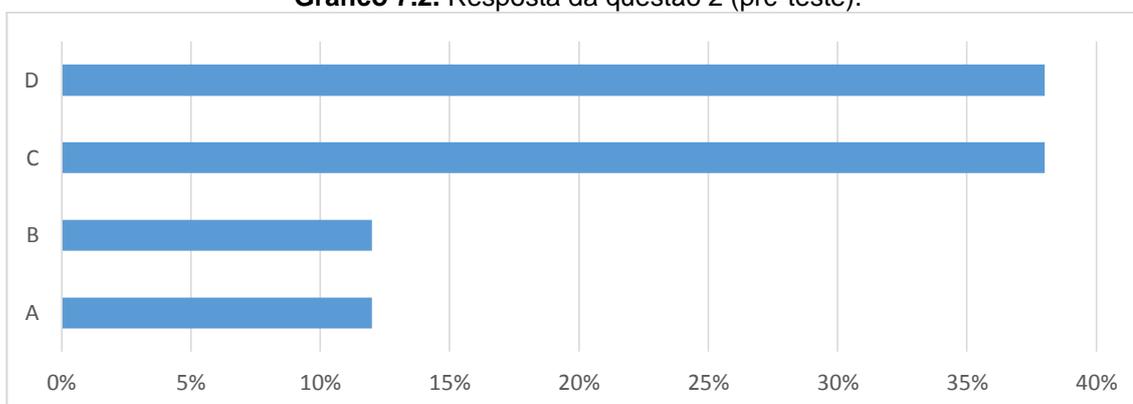


Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir das respostas obtidas na questão 01, é evidenciado que a metade dos estudantes não possui domínio sobre os conceitos de corrente elétrica. Tal domínio era esperado, visto que já estudaram eletrostática. A resposta correta era a letra A. As demais apresentam outros conceitos presentes no estudo dos circuitos elétricos. Dessa maneira, pode-se constatar que cerca de cinquenta por cento da classe tem uma boa compreensão ou, ao menos, habilidade de interpretar de maneira correta as interações de deslocamento de cargas elétricas, associando a corrente elétrica em condutores metálicos aos elétrons livres.

Na segunda questão foi perguntado “Qual é a unidade de medida da corrente elétrica?” e tinha como opções: a) Volt (V); b) Watt (W); c) Ohm (Ω); e d) Ampere (A). No Gráfico 7.2 estão compiladas as respostas dos alunos:

Gráfico 7.2. Resposta da questão 2 (pré-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

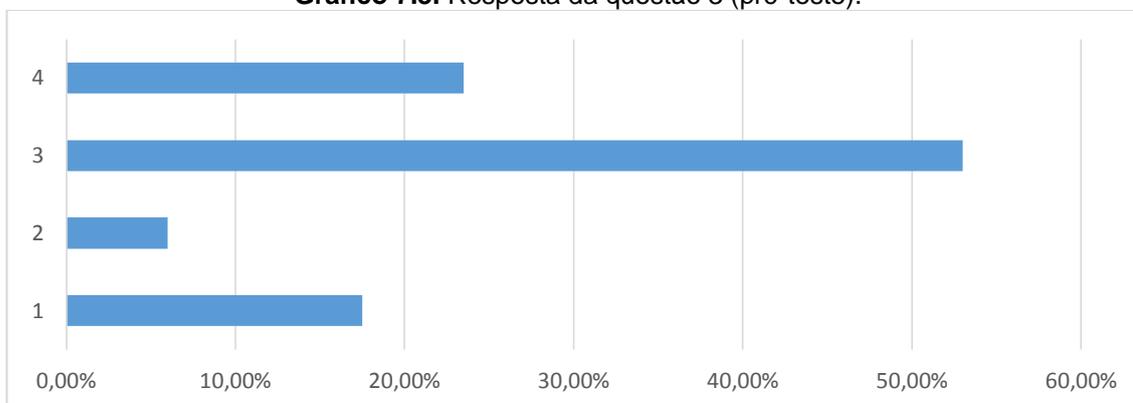
A resposta correta para esta questão é a letra d, ampère (A). Volt (V) é unidade de tensão, Watt (W) é unidade de potência e Ohm (Ω), unidade de resistência elétrica.

No geral, a pergunta revela que, embora muitos tenham algum conhecimento sobre eletricidade, há uma confusão comum entre as diferentes unidades de medida. Isso destaca a importância de reforçar a educação sobre conceitos básicos em eletricidade para melhorar o entendimento geral.

Sabemos que, quando os alunos têm o conhecimento do que significa cada unidade de medida, isto facilita a compreensão de qual variável ela se refere. Porém o resultado indica que uma parte dos respondentes sabe que o ampere é a unidade correta, mas a confusão com as outras unidades ainda persistem.

Na terceira questão se questionava “O que é um circuito elétrico?” e se pedia a representação gráfica de um destes. Esta era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias *a priori* citadas no início da seção 7.6, a saber: 1-Em branco/sem respostas, 2-Não sei, 3-Outras respostas e 4-Resposta certa. O Gráfico 7.3 sintetiza os resultados obtidos.

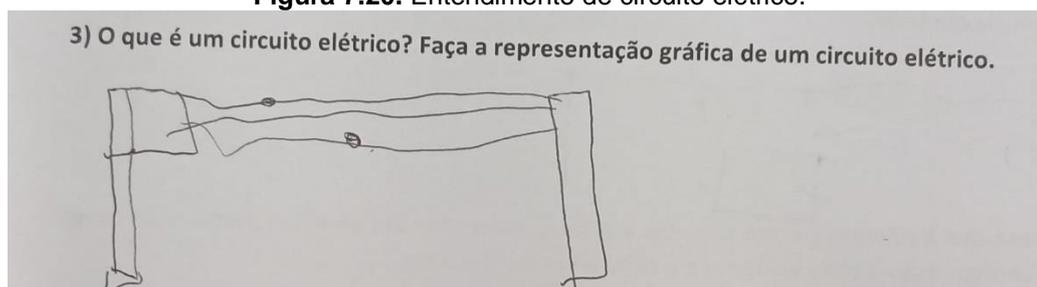
Gráfico 7.3. Resposta da questão 3 (pré-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

O fato de mais da metade dos respondentes ter dado respostas variadas sugere que, embora muitos tenham alguma noção sobre circuitos elétricos, a compreensão pode ser fragmentada ou incorreta. Isso também pode indicar que as pessoas possuem diferentes interpretações do que constitui um circuito elétrico, refletindo experiências práticas ou educativas diversas como podemos analisar na figura 7.20 em que um aluno imagina que um circuito elétrico é apenas os postes das ruas como sendo a representação de um circuito elétrico.

Figura 7.20. Entendimento de circuito elétrico.

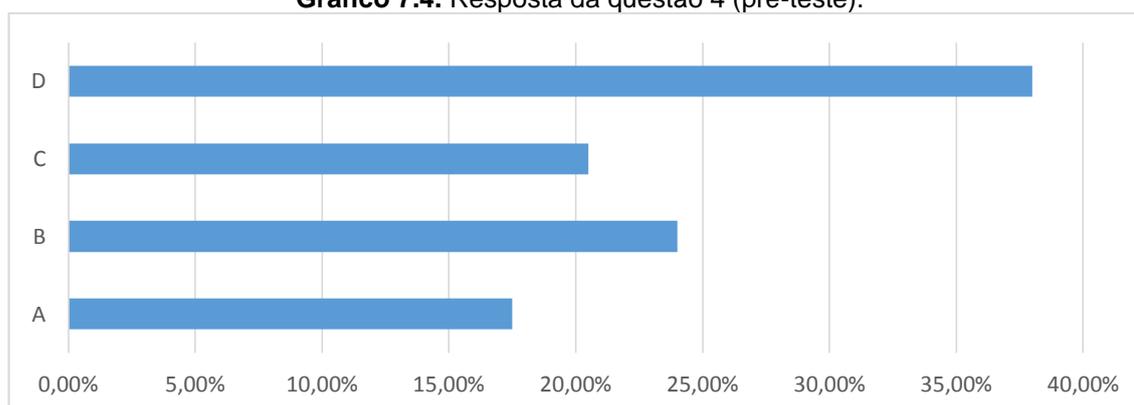


Fonte: Elaborado pelo autor.

Em resumo, a análise das respostas revela que, apesar de uma porção considerável dos respondentes ter alguma familiaridade com circuitos elétricos, há uma necessidade clara de reforço e esclarecimento sobre o tema. As taxas de respostas em branco e "não sei" podem servir como indicadores de áreas que necessitam de maior foco no conteúdo e conscientização sobre conceitos básicos de eletricidade.

Na quarta questão foi perguntado "Em um circuito em série, a corrente?" e tinha como opções: a) Se divide entre os componentes; b) Permanece constante em todos os elementos; c) É maior em componentes com maior resistência; e d) É zero quando um componente falha. No gráfico 7.4 estão as respostas dos alunos:

Gráfico 7.4. Resposta da questão 4 (pré-teste).

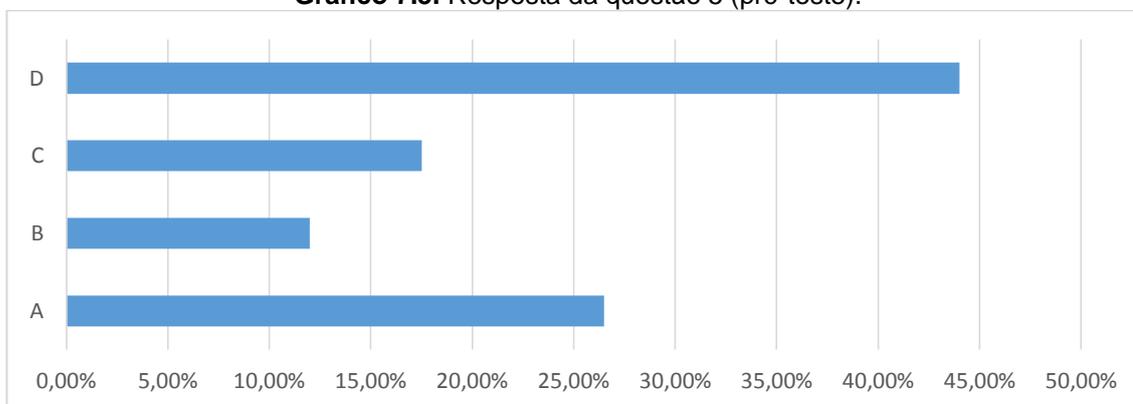


Fonte: Elaborado pelo autor.

Nesta pergunta as opções b) e d) estão corretas, mas a opção d) parece ser a mais reconhecida e compreendida, dada a porcentagem de acertos. A confusão geralmente ocorre com a opção a) e c), que refletem um entendimento incorreto do comportamento da corrente em circuitos em série. A opção b) tem um bom potencial de acerto, mas a porcentagem de 24% indica que muitos podem ter dúvidas sobre esse conceito. Já a opção d) tem o maior potencial de acerto, refletindo uma compreensão prática do funcionamento de circuitos em série.

Na quinta questão se questionava “O que é resistência elétrica?” e tinha como opções: a) A energia por unidade de carga; b) A oposição ao fluxo de corrente elétrica; c) A quantidade total de carga em um circuito; e d) A força que empurra os elétrons. No gráfico 7.5 estão compiladas as respostas dos alunos.

Gráfico 7.5. Resposta da questão 5 (pré-teste).

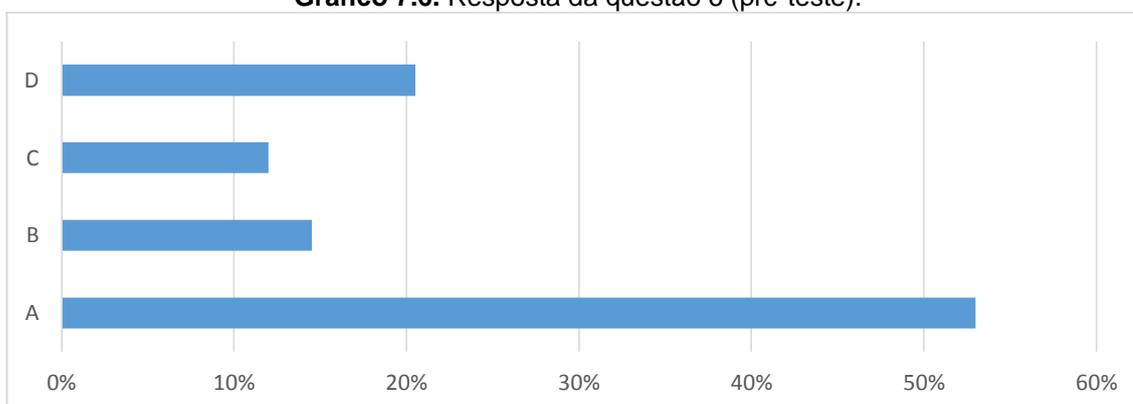


Fonte: Elaborado pelo autor.

A resposta correta é a letra b, mas a distribuição das porcentagens sugere que há uma confusão entre os conceitos de resistência, tensão e carga elétrica. Isso ressalta a importância de um ensino claro e eficaz sobre esses fundamentos da eletricidade para evitar mal-entendidos que podem impactar o aprendizado dos alunos em conteúdo futuros.

Na sexta questão foi perguntado “Qual é a lei que relaciona a tensão, a corrente e a resistência em um circuito?” e teve com opções: a) Lei de Faraday; b) Lei de Ohm; c) Lei de Kirchhoff; d) Lei de Lenz. No gráfico 7.6 estão compiladas as respostas dos alunos:

Gráfico 7.6. Resposta da questão 6 (pré-teste).



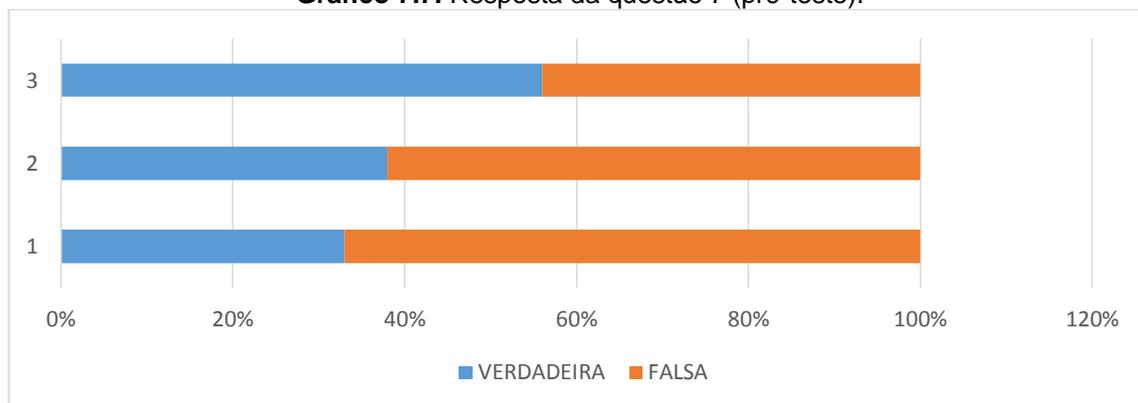
Fonte: Elaborado pelo autor.

A resposta correta para esta questão é a letra b, a Lei de Ohm. A Lei de Faraday refere-se à indução eletromagnética e não à relação direta entre tensão corrente elétrica. As leis de Kirchhoff (Lei das Correntes e Lei das Tensões) tratam da conservação de carga e energia em circuitos elétricos, mas não relacionam diretamente tensão, corrente e resistência. E a Lei de Lenz se relaciona com a direção da corrente induzida e também não aborda diretamente a relação entre tensão, corrente e resistência.

De acordo com o gráfico, a maioria dos alunos optaram pela Lei de Faraday, possivelmente por uma associação mais geral com a gaiola de Faraday vista anteriormente, mesmo que essa não seja a resposta correta. A Lei de Ohm, sendo a correta, teve uma porcentagem de acertos baixa, o que é compreensível dado que o conteúdo ainda não foi abordado. A questão é uma boa oportunidade para introduzir conceitos fundamentais de eletricidade e esclarecer a importância de cada uma das leis mencionadas.

Na sétima questão pedia pra “Escreva “V” para Verdadeiro ou “F” para Falso” nas seguintes afirmações: A tensão elétrica é medida em volts e representa a força que impulsiona os elétrons através de um circuito; Em um circuito elétrico em paralelo, a corrente total é igual à soma das correntes em cada ramo; Uma bateria fornece corrente alternada para o circuito. O gráfico 7.7 sintetiza os resultados obtidos:

Gráfico 7.7. Resposta da questão 7 (pré-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A primeira afirmação é verdadeira. A tensão elétrica, de fato, é medida em volts e pode ser entendida como a força que "empurra" os elétrons, permitindo que a corrente elétrica flua em um circuito. Com 56% das respostas indicando "V" (Verdadeiro), isso sugere que uma maioria reconhece a veracidade da afirmação,

embora uma parte significativa (44%) tenha respondido "F" (Falso). Isso pode indicar confusão ou falta de clareza sobre o conceito de tensão elétrica.

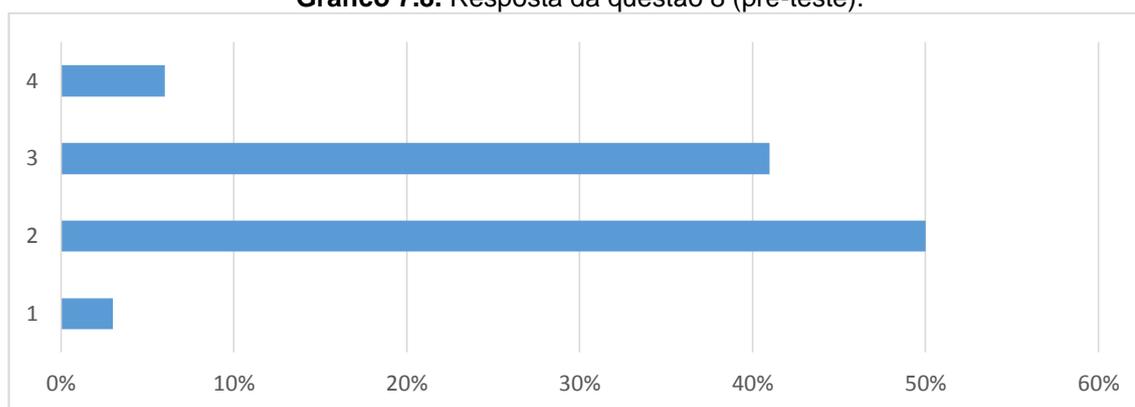
A segunda afirmação também é verdadeira. Em circuitos em paralelo, a corrente total que flui é, de fato, a soma das correntes que passam por cada um dos ramos do circuito. Porém com 38% das respostas indicando "V" e 62% "F", observa-se uma clara desinformação sobre como funciona um circuito em paralelo. Essa diferença pode sugerir que muitos não estão familiarizados com as regras básicas da eletricidade.

Já a terceira afirmação é falsa. As baterias fornecem corrente contínua (CC), não corrente alternada (CA). As baterias armazenam energia química e a convertem em energia elétrica em forma de corrente contínua. No entanto, com 36% das respostas sendo "V" e 64% "F", percebe-se que uma parte considerável ainda confunde os tipos de corrente elétrica. Isso pode refletir uma falta de compreensão sobre as funções das baterias em comparação com outras fontes de energia, como geradores, os quais fornecem corrente alternada.

Os resultados refletem a necessidade de uma introdução clara aos conceitos básicos de circuitos elétricos. É importante que os alunos compreendam as definições fundamentais e as diferenças entre os tipos de circuitos e correntes fontes de alimentação. Através de explicações detalhadas e exemplos práticos, é possível solidificar esse conhecimento e prepará-los para situações mais complexas.

Na oitava questão se questionava “O que são resistores e como eles afetam a corrente em um circuito? (Explique como a resistência de um resistor é medida e a importância dos resistores em diferentes configurações de circuito)”. Esta era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. O Gráfico 7.8 sintetiza os resultados obtidos.

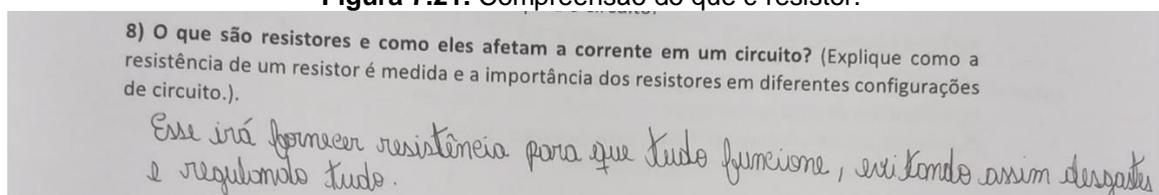
Gráfico 7.8. Resposta da questão 8 (pré-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Podemos observar que o baixo percentual de respostas corretas e o alto percentual de "não sei" indicam que há uma lacuna significativa no conhecimento sobre resistores, pois sabemos que os resistores são projetados para oferecer resistência ao movimento dos elétrons, o que resulta na redução da corrente que passa através deles. Assim como também podemos analisar na figura 7.21 um exemplo de outra resposta incoerente com a pergunta. Isso destaca a importância de reforçar o conteúdo de resistência em eletricidade, garantindo que os alunos compreendam não apenas a definição de resistores, mas também como eles influenciam a corrente em um circuito e sua medição (em ohms). Uma abordagem mais prática e visual, como experimentos em laboratório ou sala de aula, pode ajudar a solidificar esses conceitos.

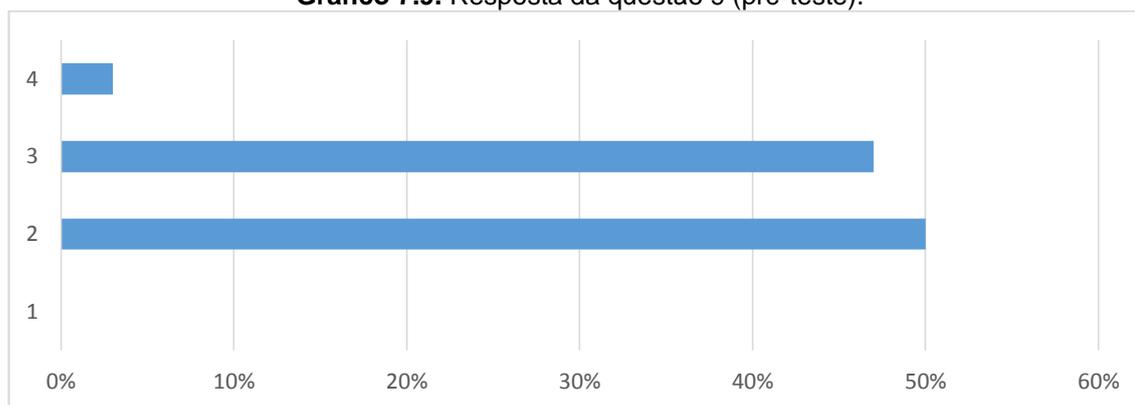
Figura 7.21. Compreensão do que é resistor.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na questão nove foi pedido ao aluno que “Explique o que acontece com a corrente elétrica em um circuito quando adicionamos uma resistência em série”. Esta era uma outra questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. O Gráfico 7.9 sintetiza os resultados obtidos.

Gráfico 7.9. Resposta da questão 9 (pré-teste).

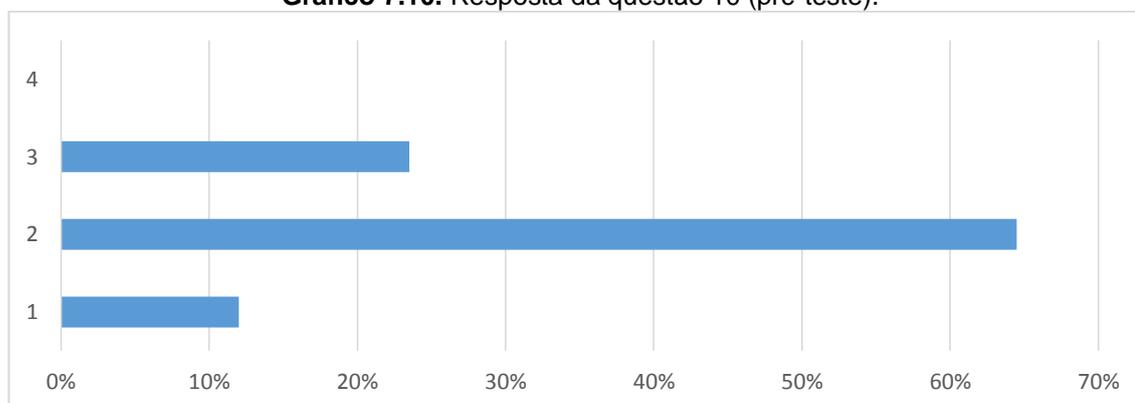


Fonte: Elaborado pelo autor.

No geral, esses resultados refletem a falta de conhecimento prévio sobre o assunto, mas também indicam a disposição dos alunos em tentar responder. As altas porcentagens de "não sei" e "outras respostas" mostram que há uma necessidade de ensino mais focado nessa área, permitindo que os alunos desenvolvam uma compreensão clara sobre como resistências em série afetam a corrente elétrica. Essa análise pode ser útil para os professores planejarem intervenções pedagógicas adequadas como atividades experimentais.

E na décima questão foi solicitado para que o aluno "Descreva a diferença entre circuitos em série e circuitos em paralelo, destacando como cada configuração afeta a corrente e a tensão em um circuito." Esta também era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. O Gráfico 7.10 sintetiza os resultados obtidos.

Gráfico 7.10. Resposta da questão 10 (pré-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise das respostas evidencia que os alunos apresentam uma grande dificuldade em compreender conceitos básicos relacionados a circuitos elétricos. Isso ressalta a importância de uma abordagem didática que introduza esses conceitos de

forma clara e acessível, além de reforçar a necessidade de revisão e prática sobre o tema. Pode ser útil usar recursos visuais e experimentos práticos e em grupos que ilustrem as diferenças entre circuitos em série e em paralelo, facilitando a compreensão e a retenção do conhecimento.

Mesmo que as aplicações práticas estudadas neste conteúdo façam parte do cotidiano dos alunos, os resultados obtidos neste pré-teste evidenciam que muito do conhecimento apresentado está ligado ao conhecimento empírico. Por exemplo, o fato de uma grande maioria dos alunos saber que corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas, ou ainda de relacionar de maneira errada Ohms como unidade de medida de corrente elétrica, entre outras relações. Entretanto, os alunos não demonstraram conhecer/compreender os conceitos que permitem explicar o funcionamento de um aparelho.

É visível que existe muita confusão com conceitos como as relações básicas entre os conceitos de resistência elétrica, potencial elétrico, corrente elétrica e potência elétrica, pois os alunos também não conseguem estabelecer a correlação de conceitos mais gerais já vistos anteriormente, como as unidades de medidas das variáveis trabalhadas.

7.5.2 Pós-teste

As questões aqui aplicadas no pós-teste foram as mesmas 10 primeiras questões do pré-teste, acrescentando apenas uma única questão onde pergunta sobre a satisfação de ter aulas agregadas a experimentos. O pós-teste foi aplicado somente na turma em que foi aplicado o PE, que foi na turma do 3º ano C.

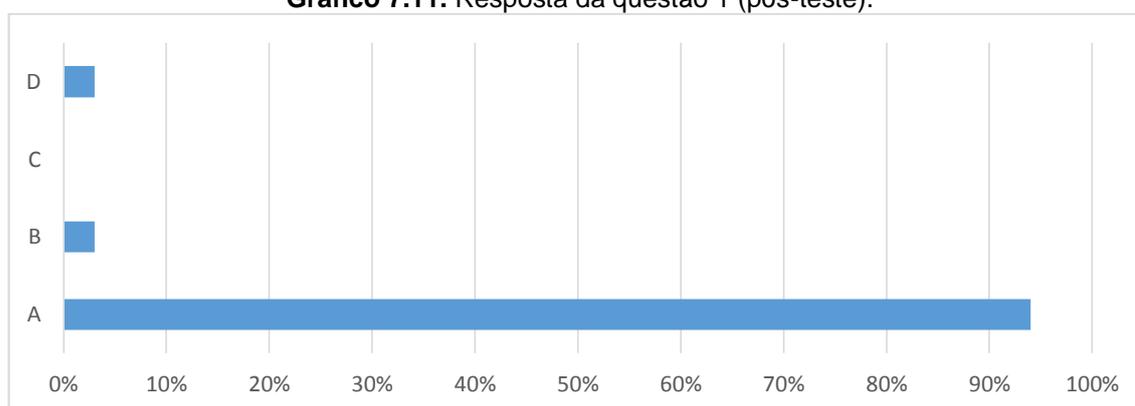
Durante o trabalho desenvolvido teve aplicações de simulados do programa de recomposição da aprendizagem que são questões do ENEM, onde este simulado foi usado como parâmetro de comparação do aprendizado dos alunos desta turma e também como parâmetro de comparação com as demais turmas do terceiro ano da escola. A escola tem três turmas de terceiro ano do ensino médio.

A aplicação do pós-teste foi realizada com o intuito de verificar conhecimentos adquiridos após todo o trabalho desenvolvido na sequência didática dos conteúdos e experimentos sobre circuito elétrico. Espera-se, com isto, investigar se houve indício de aprendizagem em relação ao conteúdo até então ministrado.

Além disso, pretende-se realizar um levantamento da capacidade do aluno em relacionar este conteúdo e a expectativa também é que, ao explorar essas dinâmicas, possamos aprofundar nossa compreensão sobre o papel das Comunidades de Prática no processo de aprendizagem e na aplicação dos conceitos discutidos em sala de aula.

A primeira questão era “O que é corrente elétrica?” e apresentava como opções: a) O movimento ordenado de cargas elétricas; b) A diferença de potencial elétrico; c) A resistência de um material à passagem de cargas elétricas; e d) A quantidade de energia elétrica consumida. As respostas a esta questão podem ser verificadas no Gráfico 7.11.

Gráfico 7.11. Resposta da questão 1 (pós-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas dos alunos nos dois momentos sobre corrente elétrica mostram uma evolução significativa na compreensão do conceito após a introdução do conteúdo teórico e a realização de experimentos em grupo. No pré-teste, antes de terem acesso ao conteúdo, 50% dos alunos identificaram corretamente a corrente elétrica como "o movimento ordenado de cargas elétricas". No entanto, o conhecimento estava fragmentado, com respostas erradas ou confusas como mostra no gráfico 7.1.

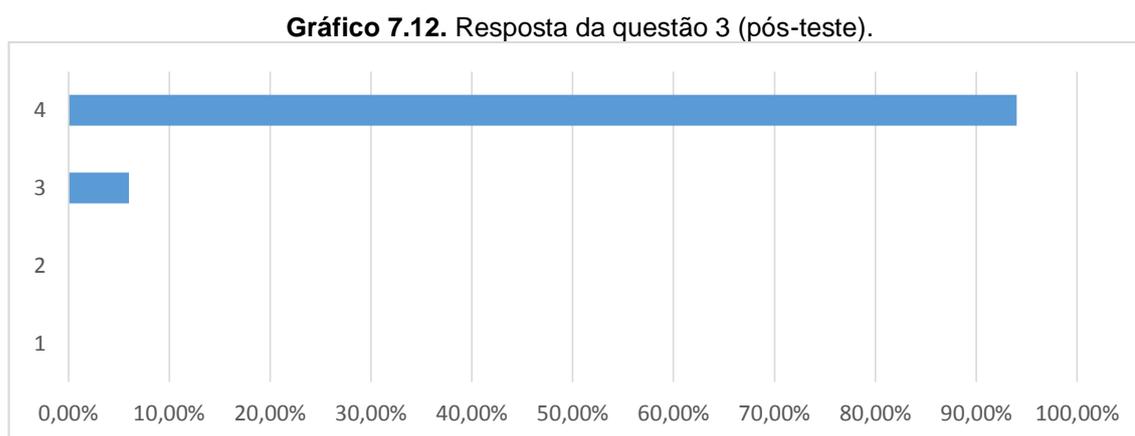
Após a exposição teórica e a prática experimental, a pergunta no pós-teste revelou uma mudança significativa nas respostas. A opção correta, "o movimento ordenado de cargas elétricas", foi escolhida por 94% dos alunos, demonstrando uma compreensão clara e consolidada do conceito. Essa comparação evidencia a eficácia do ensino ativo, onde a combinação de teoria e prática não apenas reforça o aprendizado, mas também permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda e precisa dos conceitos estudados.

Na segunda questão foi perguntado “Qual é a unidade de medida da corrente elétrica?” e tinha como opções: a) Volt (V); b) Watt (W); c) Ohm (Ω); e d) Ampere (A). No Gráfico 7.12 estão compiladas as respostas dos alunos:

A resposta correta não apenas demonstra um conhecimento básico, mas também reflete uma compreensão mais ampla dos princípios que regem o comportamento elétrico em sistemas. Nesta segunda questão 100% dos alunos escolheram a assertiva correta que é a alternativa letra D.

É importante ressaltar que o entendimento das unidades de medida em eletricidade é crucial para o desenvolvimento de habilidades em ciências exatas e para a aplicação prática em diversas áreas, como engenharia elétrica, eletrônica e física. A correta identificação das unidades ajuda a evitar confusões que podem levar a erros em cálculos e na interpretação de circuitos elétricos.

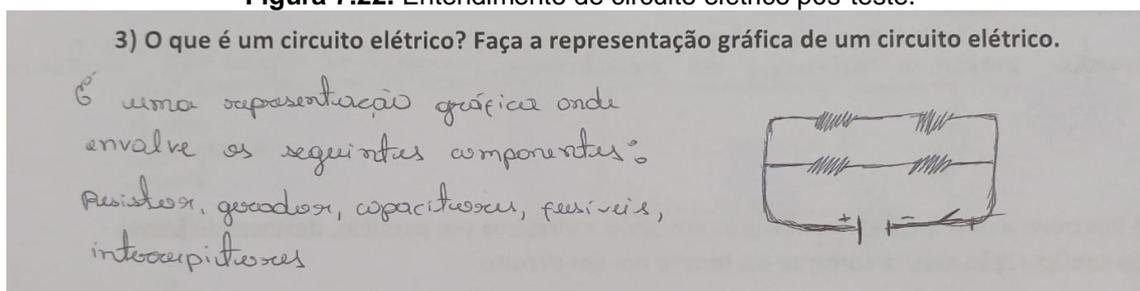
Na terceira questão se questionava “O que é um circuito elétrico?” e se pedia a representação gráfica de um destes. Esta era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. O Gráfico 7.12 sintetiza os resultados obtidos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a instrução teórica, a segunda questão mostrou uma melhoria notável: não houve respostas em branco ou "não sei", e a taxa de respostas corretas saltou para 94%, assim como mostra a figura 7.22 de uma aluna. As "outras respostas" caíram drasticamente para apenas 6%.

Figura 7.22. Entendimento de circuito elétrico pós-teste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Essa comparação revela a eficácia do ensino teórico, demonstrando que a introdução de conteúdo relevante foi fundamental para aumentar a compreensão dos alunos sobre circuitos elétricos. A transição de 23,5% para 94% de respostas corretas ilustra um ganho significativo no aprendizado, refletindo a importância de uma base teórica sólida para a formação de conceitos científicos.

O fato de apenas 6% das respostas serem consideradas "outras" sugere que, embora a maioria dos alunos tenha uma compreensão sólida, ainda existem algumas interpretações ou confusões sobre o que constitui um circuito elétrico, até poderíamos atrelar este percentual aqueles alunos considerados participantes periférico ou aos faltosas durante ao desenvolvimento do PE. E o desempenho geral dos alunos nesta questão evidencia um bom domínio do conceito de circuito elétrico, possivelmente reforçado pela prática experimental.

Na quarta questão foi perguntado "Em um circuito em série, a corrente?" e tinha como opções: a) Se divide entre os componentes; b) Permanece constante em todos os elementos; c) É maior em componentes com maior resistência; e d) É zero quando um componente falha. Foi percebido que:

A única resposta correta é a opção (b), que afirma que a corrente permanece constante em todos os elementos do circuito em série. As demais opções demonstram um entendimento incorreto dos conceitos básicos de circuitos elétricos. No pré-teste, onde os alunos ainda não tinham visto o conteúdo, observamos uma distribuição de respostas que indica confusão e falta de compreensão sobre o tema como foi mostrado na figura 7.4.

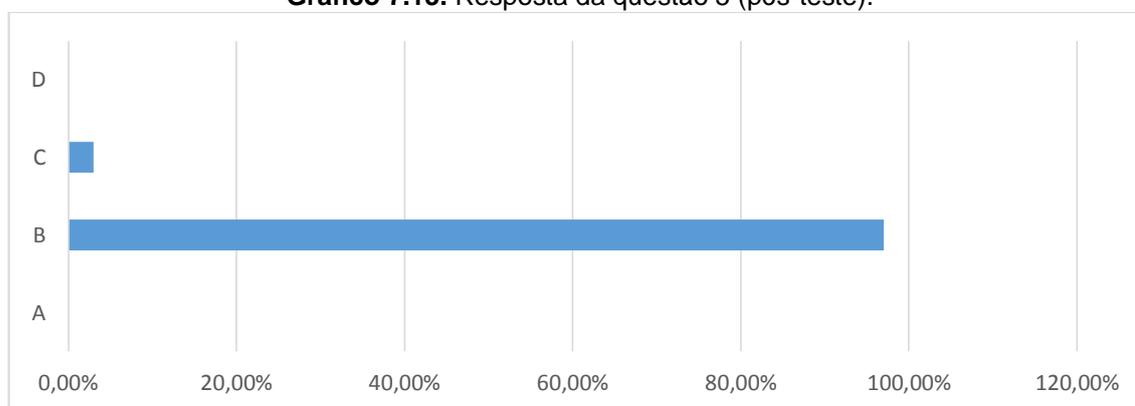
Já aqui no pós-teste, onde os alunos já tinham tido contato com o conteúdo teórico, a melhoria é notável. A resposta correta, que afirma que a corrente "permanece constante em todos os elementos", recebeu 100% de respostas. Isso demonstra que, após a instrução, todos os alunos conseguiram compreender este princípio fundamental dos circuitos em série. As outras opções não receberam

respostas, o que indica que os alunos não apenas aprenderam o conteúdo, mas também internalizaram corretamente a informação, evitando respostas errôneas.

Comparando os percentuais, vemos uma clara evolução no entendimento dos alunos: enquanto na primeira vez (pré-teste) as respostas corretas e incorretas estavam bastante distribuídas, na segunda (pós-teste) houve uma consolidação do conhecimento, refletindo a eficácia do ensino. Isso mostra a importância de uma base teórica sólida para a compreensão de conceitos em física, como o comportamento da corrente elétrica em circuitos.

Na quinta questão se questionava “O que é resistência elétrica?” e tinha como opções: a) A energia por unidade de carga; b) A oposição ao fluxo de corrente elétrica; c) A quantidade total de carga em um circuito; e d) A força que empurra os elétrons. No gráfico 7.13 estão compiladas as respostas dos alunos.

Gráfico 7.13. Resposta da questão 5 (pós-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As duas questões sobre resistência elétrica revelam uma clara evolução no entendimento dos alunos após o estudo teórico e a realização de experimentos práticos. A opção que melhor define resistência elétrica é a letra b.

No pré-teste onde os alunos ainda não tinham tido contato com o conteúdo, a opção "A força que empurra os elétrons" foi a mais escolhida, com 44% das respostas. Isso indica que, sem o conhecimento prévio, muitos alunos tendem a associar resistência elétrica a conceitos mais intuitivos, mas não necessariamente corretos. As outras opções também receberam porcentagens significativas, mostrando uma dispersão nas respostas e uma falta de clareza sobre o que realmente significa resistência elétrica.

Após o aprendizado e a prática, no pós-teste mostrou uma mudança drástica no entendimento. A opção correta, "A oposição ao fluxo de corrente elétrica", foi

escolhida por 97% dos alunos. Isso demonstra que o conteúdo teórico, juntamente com a experiência prática em grupo, teve um impacto positivo significativo na compreensão do conceito de resistência elétrica. As demais opções praticamente não foram selecionadas, apenas um aluno indicando a alternativa c, o que sugere que os alunos conseguiram consolidar o conhecimento e distinguir entre as diferentes definições.

Em resumo, a comparação entre os percentuais das respostas das duas perguntas indica uma melhora substancial no entendimento dos alunos sobre resistência elétrica após a instrução e a prática. A mudança de 12% para 97% na opção correta é um reflexo claro da eficácia do método de ensino utilizado.

Na sexta questão foi perguntado “Qual é a lei que relaciona a tensão, a corrente e a resistência em um circuito?” e teve com opções: a) Lei de Faraday; b) Lei de Ohm; c) Lei de Kirchhoff; d) Lei de Lenz. Podemos analisar que no pré-teste, antes de terem tido contato com o conteúdo teórico, apenas 14,5% dos alunos identificaram corretamente a Lei de Ohm como a que relaciona tensão, corrente e resistência. A maioria, 53%, respondeu incorretamente pela Lei de Faraday, evidenciando uma confusão comum entre leis fundamentais da eletricidade, o que pode ser esperado em situações de falta de conhecimento prévio.

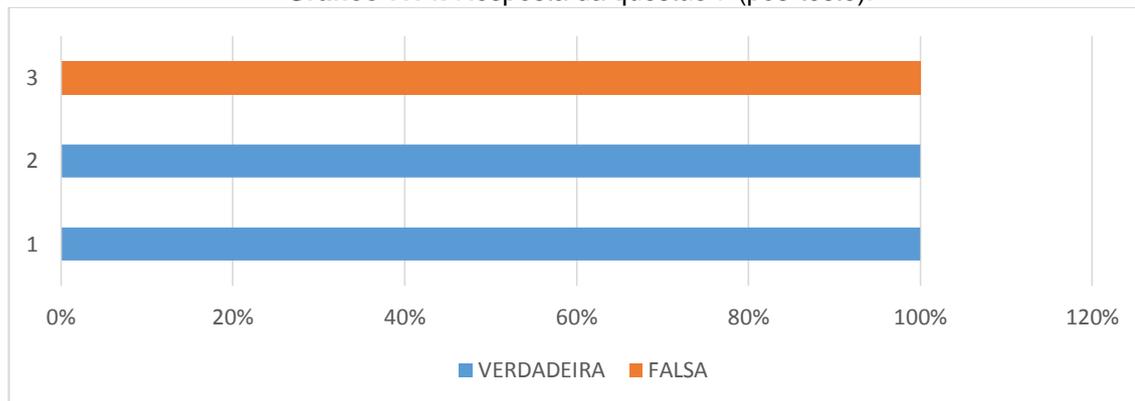
Após a instrução teórica e a realização de experimentos em grupo, o pós-teste mostrou um resultado bem representativo: 100% dos alunos conseguiram identificar corretamente a Lei de Ohm. Essa mudança substancial no percentual de acertos demonstra a eficácia do método de ensino utilizado, onde a combinação de teoria e prática ajudou os alunos a fixar o conhecimento de maneira significativa.

A comparação entre as duas respostas ilustra não apenas o aprendizado adquirido, mas também a importância de uma abordagem pedagógica que inclua a experimentação como forma de reforçar os conceitos teóricos. A diferença de 85,5% no percentual de acertos entre as duas situações destaca a relevância de se proporcionar aos alunos experiências práticas que complementem o conteúdo abordado em sala de aula.

Na sétima questão pedia pra “Escreva “V” para Verdadeiro ou “F” para Falso” nas seguintes afirmações: A tensão elétrica é medida em volts e representa a força que impulsiona os elétrons através de um circuito; Em um circuito elétrico em paralelo,

a corrente total é igual à soma das correntes em cada ramo; Uma bateria fornece corrente alternada para o circuito. O gráfico 7.14 sintetiza os resultados obtidos:

Gráfico 7.14. Resposta da questão 7 (pós-teste).

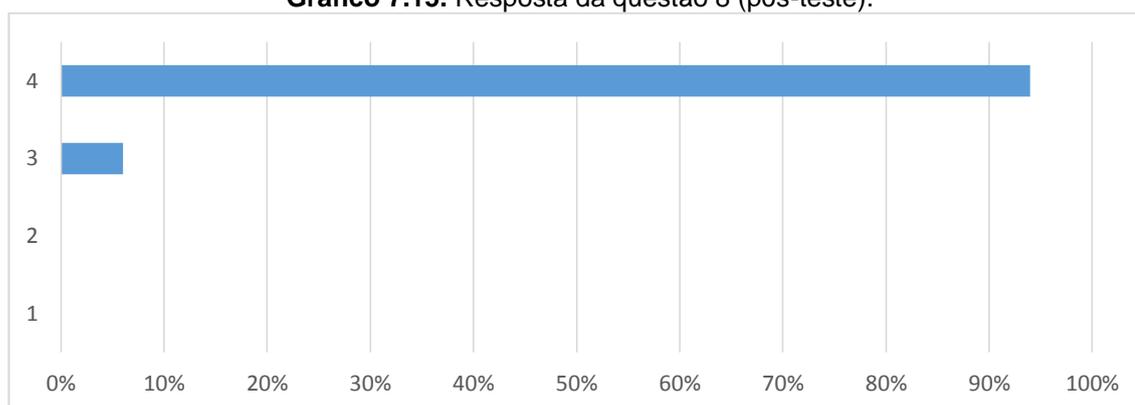


Fonte: Elaborado pelo autor.

Aqui é possível analisarmos que com a realização dos experimentos juntamente com as aulas teóricas sobre o conteúdo fez com que os alunos observassem as possíveis diferenças entre tensão, corrente e resistência, assim tendo um entendimento mais amplo do funcionamento dos circuitos elétricos. É notório que a experiências práticas reforça a compreensão teórica do assunto, permitindo que os alunos valorizem como a corrente se comporta em diferentes configurações. Pois como mostra o gráfico a unanimidade nas assertivas corretamente, sendo que primeira e segunda afirmativa é verdadeira e a terceira afirmativa é falsa pois uma bateria fornece corrente contínua a um circuito e não corrente alternada.

Na oitava questão se questionava “O que são resistores e como eles afetam a corrente em um circuito? (Explique como a resistência de um resistor é medida e a importância dos resistores em diferentes configurações de circuito)”. Esta era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. O Gráfico 7.15 sintetiza os resultados obtidos.

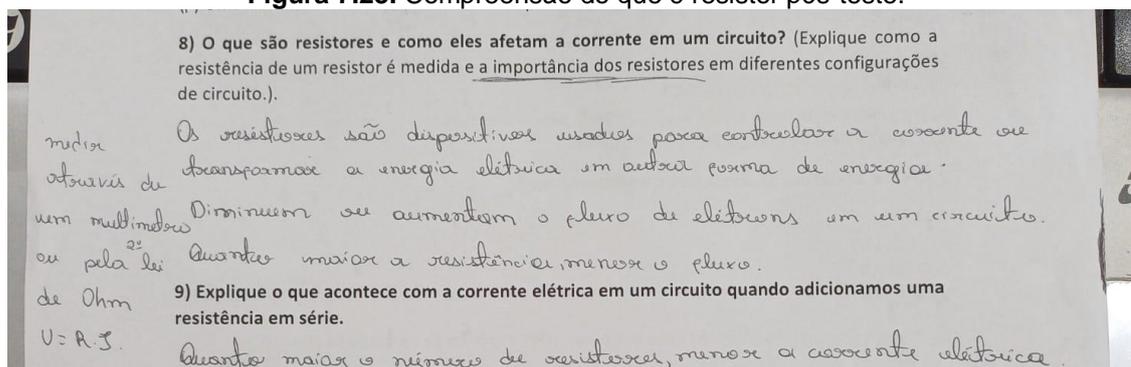
Gráfico 7.15. Resposta da questão 8 (pós-teste).



Fonte: Elaborado pelo autor.

As respostas às duas questões demonstram uma evolução expressiva no entendimento dos alunos sobre resistores e seu funcionamento em circuitos elétricos. No pré-teste, antes de terem acesso ao conteúdo teórico e de realizarem experimentos em grupo, observamos uma alta taxa de incerteza: 50% dos alunos afirmaram que não sabiam a resposta, e apenas 6% conseguiram fornecer uma resposta correta. Isso indica que, sem a fundamentação teórica e a prática, a maioria dos alunos não tinha clareza sobre o assunto como é visível na figura 7.23 onde mostra a resposta de um dos alunos.

Figura 7.23. Compreensão do que é resistor pós-teste.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Por outro lado, no pós-teste, após a introdução do conteúdo e a realização de atividades práticas, os resultados mudaram drasticamente. O percentual de respostas em branco caiu para 0%, e a totalidade de alunos que declarou não saber a resposta também foi reduzida a 0%. Além disso, o número de respostas corretas saltou para 94%. Essa mudança revela não apenas a eficácia do ensino teórico combinado com a prática, mas também mostra como a experiência prática pode consolidar o aprendizado, levando os alunos a uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos.

Em comparação, podemos destacar que a primeira questão teve apenas 6% de respostas corretas, enquanto na segunda, esse número subiu para impressionantes 94%. Essa diferença de 88% ilustra claramente o impacto positivo que a educação prática e a discussão teórica podem ter na aprendizagem dos alunos, evidenciando a importância de métodos de ensino que incentivem a participação ativa e a experimentação.

Na questão nove foi pedido ao aluno que “Explique o que acontece com a corrente elétrica em um circuito quando adicionamos uma resistência em série”. Esta era uma outra questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa.

Ao analisar o pré-teste e no pós-teste sobre o que acontece com a corrente elétrica em um circuito ao adicionar uma resistência em série, é evidente uma evolução significativa no entendimento dos alunos entre primeiro e a segundo momento. No pré-teste observamos que, 50% dos alunos não sabiam a resposta e outros 47% forneceram respostas que não abordavam corretamente o conceito, resultando em apenas 3% de acertos. Isso indica que, antes de estudarem o conteúdo teórico e realizarem experimentos práticos, os alunos tinham uma compreensão limitada ou incerta sobre o funcionamento de circuitos elétricos.

Por outro lado, após a aprendizagem teórica e as atividades práticas em grupo, o pós-teste mostrou uma mudança drástica: 100% dos alunos responderam corretamente. Isso demonstra não apenas a eficácia do ensino, mas também a importância da prática e da aplicação do conhecimento em um contexto real.

Essa comparação clara entre o percentual de respostas nos dois testes reflete o impacto positivo que a educação ativa e a experimentação têm na retenção e compreensão dos conceitos científicos. A transformação de uma situação de incerteza para uma resposta unânime correta evidencia que o aprendizado se concretizou e que os alunos conseguiram assimilar o conteúdo de forma eficaz, como podemos observar na figura 7.24.

Figura 7.24. Resposta relação resistência versus corrente.

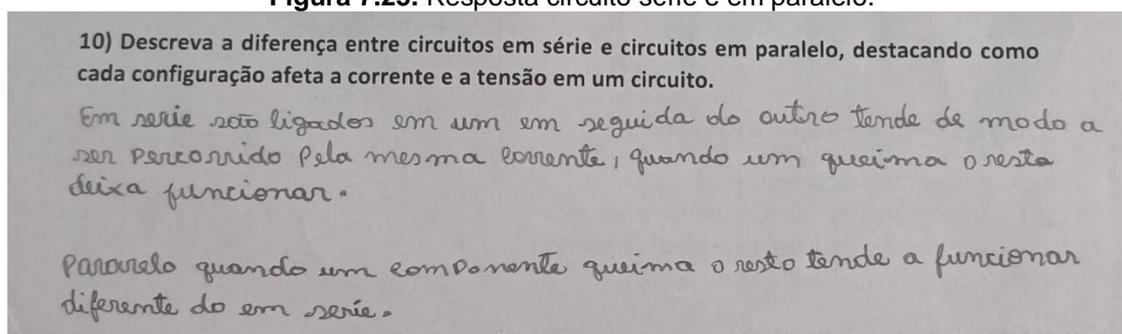
9) Explique o que acontece com a corrente elétrica em um circuito quando adicionamos uma resistência em série.
Quanto maior o número de resistores, menor a corrente, pois são inversamente proporcionais

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na décima questão foi solicitado para que o aluno “Descreva a diferença entre circuitos em série e circuitos em paralelo, destacando como cada configuração afeta a corrente e a tensão em um circuito.” Esta também era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias citadas no início da seção 7.6, a saber: 1 - Em branco/ sem respostas, 2 - Não sei, 3 - Outras respostas e 4 - Resposta certa. As respostas apresentadas nos dois momentos refletem uma evolução expressiva no entendimento dos alunos sobre circuitos elétricos após a exposição ao conteúdo teórico e a realização de experimentos práticos.

Em comparação, a diferença nos percentuais é dramática: enquanto na primeira pergunta 64,5% dos alunos se sentiram inseguros ao ponto de declarar que não sabiam nada sobre o assunto, na segunda pergunta, essa incerteza foi eliminada, resultando em uma compreensão total do conteúdo, com 100% de acerto. Essa mudança não só evidencia a importância da metodologia de ensino utilizada, mas também destaca a eficácia do aprendizado prático em comparação com o aprendizado puramente teórico. A figura 7.25 mostra um relato das respostas dos alunos.

Figura 7.25. Resposta circuito série e em paralelo.

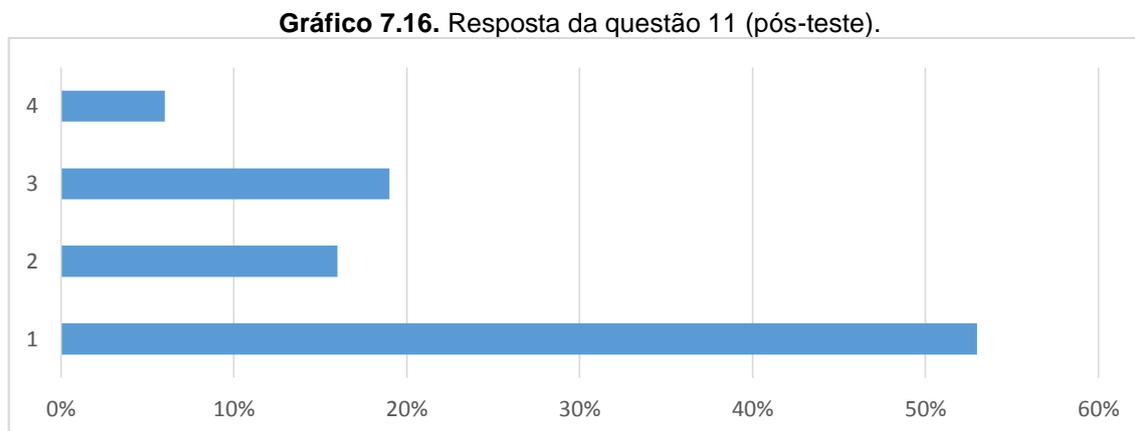


fonte: Elaborado pelo autor.

Esta resposta, da figura 7.24 é o que se espera dos alunos, pois indica que eles compreenderam as diferenças fundamentais entre as configurações de circuitos, bem como suas implicações na corrente e na tensão. A questão permitiu avaliar a compreensão dos alunos sobre um conceito básico de eletricidade e a capacidade de aplicar esse conhecimento em contextos práticos assim como foi realizado nos experimentos aqui trabalhados neste PE.

E na décima primeira pergunta, pergunta de cunho pessoal, foi solicitado aos alunos: “Qual a sua concepção (opinião) sobre as aulas referentes ao conteúdo circuito elétrico com o uso de experimentos construídos em sala de aula”. Esta também era uma questão aberta e foram utilizadas as categorias: 1 - Facilita a

aprendizagem; 2 - Chama mais atenção; 3 - Aprende mais e 4 - Relação com o dia-a-dia, que emergiram após a análise das mesmas, segundo proposição de Bardin (2016). O Gráfico 7.16 sintetiza os resultados obtidos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Analisando as alternativas é notório observar que a maioria dos alunos acredita que essa abordagem facilita a aprendizagem. Isso sugere que a prática experimental pode ser uma ferramenta poderosa para ajudar os alunos a entender conceitos teóricos, tornando a aprendizagem mais acessível e menos abstrato. A interação prática com os circuitos elétricos provavelmente ajudará a concretizar as ideias e teorias que de uma certa forma, poderiam parecer distante ou difíceis de compreender.

A utilização de experimentos em aulas sobre circuitos elétrico parece ser uma estratégica eficaz, favorecendo assim a aprendizagem e o engajamento dos alunos, reforçando assim a ideia de Wenger (1998) de que a aprendizagem é um processo colaborativo e contextualizado, no entanto, é sempre interessante aprofundar aplicações dos conteúdos abordados e suas práticas no dia a dia dos alunos, enriquecendo mais a aprendizagem educativa. Assim como podemos observar nos relatos de alguns alunos:

Aluno - 1: Sem os experimentos as aulas ficam chatas e talvez a gente nunca coloque em prática o que aprendemos. Com os experimentos as aulas ficam dinâmicas e quando colocamos em prática o que aprendemos nos ajuda a fixar melhor o conteúdo e desperta interesse.

Auno - 2: Os sistemas de ensino utilizados nas aulas foram eficazes para o desenvolvimento dos alunos nas atividades, conversações e realizações de atividades quando realizamos práticas relacionadas ao assunto decorrido nas aulas. É

importante as práticas dessas atividades pelos benefícios trazidos por elas, desenvolvimento de ideias e habilidades que são fundamentais para criação de ideias que mudam o seu campo de visão.

Aqui podemos fazer também uma comparação com outras duas salas de aula da mesma série trabalhada, visto que nas duas salas não foi trabalhado o PE. Nestas os alunos participaram apenas de aulas teóricas sobre circuitos elétricos e o aprendizado se limitou à transmissão de conhecimento de forma tradicional. Os estudantes absorveram conceitos fundamentais, como a Lei de Ohm e o funcionamento de componentes elétricos, porém a falta de interação prática impediu uma compreensão mais profunda dos conteúdos. As avaliações externas refletiram essa limitação, mostrando que os alunos apresentaram uma certa dificuldade em aplicar a teoria em situações concretas, o que resultou em um desempenho abaixo do esperado.

Em contraste, a segunda sala de aula, que complementou as aulas teóricas com atividades experimentais em grupos, demonstrou um aproveitamento significativamente superior. Através da prática, os alunos puderam visualizar e experimentar os princípios aprendidos, o que facilitou a fixação do conhecimento e o desenvolvimento do pensamento crítico.

Esse ambiente colaborativo e prático não só estimulou a curiosidade dos estudantes, mas também promoveu uma aprendizagem mais significativa, resultando em um desempenho cerca de 30% melhor nas provas externas em comparação com a primeira sala. O envolvimento ativo nas atividades experimentais permitiu que os alunos conectassem teoria e prática de forma eficaz, solidificando seu entendimento sobre circuitos elétricos.

Ao examinarmos os resultados da pesquisa sobre o equipamento experimental de maneira geral, observamos que cerca de 92% dos alunos conseguiram assimilar com perfeição o conteúdo com a prática e aproximadamente 8% alunos continuaram com uma certa dificuldade de assimilação do conteúdo. Isso indica que o resultado foi altamente positivo.

Considerando as informações coletadas, fica evidenciado que o objetivo foi atingido. Abordamos os conceitos relacionados aos circuitos simples (série, paralelo, misto e curto-circuito), utilizando os experimentos anteriormente citados para esse

propósito. Ademais, diferenciamos cada tipo de circuito, destacando suas principais características.

Destacamos os gráficos 7.12 e 7.15, que são os únicos a apresentar dois alunos com uma certa confusão em assimilar o conteúdo e a prática. Nesse aspecto, nosso objetivo era entender a opinião dos alunos sobre o uso da tábua de circuito. Ao conversarmos com os demais colegas, conseguimos descobrir a falta de interesse e a baixa frequência destes dois alunos nas aulas. O terceiro aluno(a) que apresentou um pequeno desinteresse era uma aluna com condições especiais de aprendizagem.

Considerando os resultados desta pesquisa e o elevado nível de satisfação demonstrado pelos alunos em relação às atividades realizadas, notamos que, mesmo na ausência de um laboratório adequado para a execução de aulas práticas experimentais, é fundamental que o professor, sempre que possível, introduza atividades experimentais na sala de aula. Essas atividades têm o potencial de aumentar o interesse dos alunos pelo tema abordado e, por extensão, pela disciplina. Isso permite que os alunos relacionem as teorias científicas com suas experiências do dia a dia.

Uma outra constatação durante as aulas foi a respeito da interação dos alunos com as atividades sugeridas. O engajamento dos estudantes com as tarefas apresentadas no material educacional era notável. Dessa forma, acreditamos que a compreensão dos conceitos e das características dos circuitos propostos foi efetivamente atingida.

O desenvolvimento das propostas em grupo foi bastante participativo, onde foram reconhecidas as CPs. Os líderes envolvidos mostraram-se bastante próximos de assumir a função de "coordenador" dentro da comunidade, enquanto os demais participantes desempenharam o papel de participantes ativos, no decorrer das atividades muita movimentação de alunos observadores para participantes periféricos e de participantes periféricos para participantes ativos. Apenas o grupo G2 e o grupo G4 apresentaram um participante cada na função de observadores e que não saíram de suas posições iniciais em relação a CP.

Além disso, é fundamental destacar a relevância dos experimentos em grupo no processo de aprendizagem. Segundo Wenger (1998, p. 73), a aprendizagem ocorre de forma mais significativa quando os indivíduos se envolvem em práticas colaborativas e participativas. A interação entre os alunos durante os experimentos

não só enriqueceu a experiência de aprendizagem, mas também promoveu um senso de pertencimento e responsabilidade compartilhada, fundamentais para a construção do conhecimento. As atividades em grupo possibilitaram a troca de ideias e a resolução conjunta de problemas, o que pode levar a uma compreensão mais profunda dos conteúdos abordados como foi visível nos gráficos acima citados.

Nesse sentido, os dados apresentados nos gráficos anteriores evidenciam de maneira clara que os objetivos estabelecidos para este projeto foram atingidos. Podemos observar, também que a Teoria Social da Aprendizagem e a Comunidade de Prática de Wenger sempre caminhavam juntos com a aplicação do produto educacional e graças a isso este resultado comemorado. Ademais, as observações feitas durante e após a implementação do produto nas turmas indicaram que os alunos assimilaram o conteúdo científico apresentado. Notamos que o rendimento qualitativo do aprendizado nessa turma foi superior as demais turmas não trabalhadas como a mesma metodologia nas quais o produto foi trabalhado.

8. Considerações finais

São muitas as limitações do estudo referente à implementação de experimento em escola pública de ensino médio regular, principalmente no âmbito de circuito elétrico. Em primeiro lugar, constatou-se que os recursos limitados impedem a aquisição de equipamentos adequados e materiais didáticos. Em segundo lugar, muitas vezes a escola não tem espaço adequado para estas atividades, como laboratório. Porém se tratando de experimentos físicos, em especial circuitos elétricos, como neste PE, foi possível sanar estes e outras limitações, pois com o uso de materiais reciclados e de fácil acesso foi possível desenvolver todos estes experimentos de uma forma bem mais interativa e prazerosa pelos alunos sem a necessidade de uma sala em específico, ocorrendo a atividade na própria sala de aula.

Outra limitação inicial foi o engajamento dos alunos a contribuir com o material. Só quando viram que realmente era interessante e prazeroso construir conhecimento na teoria, prática e em grupo foi que resolveram, efetivamente, contribuir com os materiais aqui utilizados.

Entretanto, o tempo reduzido disponível para a realização das atividades práticas e o fato do currículo escolar já estar abarrotado de provas, simulados e revisões para o ENEM, tornou a inclusão de aulas experimentais distante uma das outras. Isso resultou em um número limitado de horas dedicadas ao estudo dos circuitos elétricos. Essa restrição de tempo pode não ter permitido que os alunos se engajassem totalmente nas atividades e realizassem análises mais detalhadas dos resultados obtidos.

Além disso, a diversidade de habilidades e interesses entre os alunos pode ter levado a uma participação desigual, onde alguns estudantes puderam se aprofundar nos conceitos, enquanto outros lutaram para acompanhá-los. Essa heterogeneidade pode ter impactado a efetividade geral do aprendizado e a consolidação do conhecimento adquirido. Mesmo trabalhando em grupos ainda tem casos em que os participantes periféricos não saem de zona de conforto, permanecendo quase que alheios às atividades. Na aplicação deste PE teve três alunos assim na sala.

Como o intuito deste PE é a construção do manual de experimente sobre circuito elétrico construído por alunos, ficaram diversos componentes elétricos ociosos no laboratório, e estes componentes poderão servir como material de uso

experimental não somente para os alunos do terceiro anos ou conteúdo de circuito elétrico, dependendo da série aplicada, como também para turmas de 9º ano do ensino fundamental ou como também para 1º ano do ensino médio nos conteúdos de fontes e formas de energia mecânica, por exemplo.

Segundo Wenger (1998, p.8), o aprendizado é um processo que se desenvolve ao longo do tempo, e a continuidade na prática é essencial para a construção de uma compreensão profunda e integrada dos conceitos. Sendo assim, ao incorporar materiais reciclados na aprendizagem sobre circuitos elétricos, é possível verificar não apenas a assimilação inicial do conteúdo, mas também como esses conhecimentos se mantêm e se transformam com o tempo.

Sugere-se aos professores que fizerem uso deste PE considerem a inclusão de uma amostra maior e mais diversificada de alunos e experimentos, podendo englobar diferentes faixas etárias, origens socioeconômicas e níveis de escolaridade. Essa diversidade permitirá uma melhor compreensão das percepções e práticas em relação à reciclagem, possibilitando identificar padrões e tendências que podem ser generalizados para uma população maior, além de enriquecer a análise qualitativa dos dados coletados.

De antemão, ficam como sugestões para práticas futuras com os materiais retirados dos equipamentos elétricos em outros experimentos o conteúdo de associação de geradores, magnetismo, transformação de energia mecânica, circuitos elétricos com capacitores, além de outros conteúdos e experimentos que envolvem eletricidade e eletromagnetismo. Um bom exemplo desta possibilidade de novos experimentos e/ou montagens está na Figura 7.25, com um experimento já feito por um aluno da turma trabalhada.

Figura 7.26. Bobina de *led*.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O experimento bobina de led é feito com fio de energia, um pedaço de cano, um *led*, e imas. Quando a corrente elétrica flui pela bobina, ela gera um campo magnético. Ao desligar o circuito, a mudança na corrente elétrica pode induzir uma tensão na bobina, gerando uma corrente que pode acender o LED.

Além disso, ao engajar um grupo mais amplo de alunos, a pesquisa pode revelar informações valiosas sobre as barreiras e motivações que esses estudantes enfrentam em relação ao uso de materiais reciclados. A diversidade na amostra ajuda a capturar diferentes experiências e atitudes, promovendo um diálogo mais inclusivo sobre a sustentabilidade e o conteúdo abordado. Com dados mais robustos, será possível propor intervenções e práticas pedagógicas mais eficazes, que considerem as necessidades e perspectivas de todos os envolvidos, contribuindo assim para um futuro mais sustentável e consciente.

Ao concluir esta dissertação, é fundamental destacar a relevância do processo construtivo do manual de experimentos desenvolvido pelos alunos, que, em sua essência, representa uma experiência transformadora de aprendizado. Através de aulas teóricas e práticas, e utilizando materiais de baixo custo, foi possível não apenas democratizar o acesso ao conhecimento científico, mas também estimular a

criatividade e o trabalho em equipe entre os estudantes, que antes não possuíam familiaridade com o tema abordado.

Os resultados obtidos evidenciam que a metodologia adotada favoreceu um ambiente de aprendizagem ativo, onde os alunos puderam vivenciar o processo de construção do conhecimento de forma significativa. O engajamento coletivo na elaboração do manual não só potencializou o entendimento dos conceitos científicos, mas também desenvolveu habilidades essenciais, como pensamento crítico e resolução de problemas.

De acordo com as respostas fornecidas na 11^a questão do pós-teste, observamos que quase todos os estudantes expressaram estar motivados ao participar das aulas sobre circuitos elétricos. Além disso, relataram que, devido aos experimentos realizados, estão interessados em aprender outros tópicos de Física. Esse resultado é bastante positivo, pois o objetivo é que o manual de experimento não apenas os auxilie com os conteúdos de eletrodinâmica, mas também desperte neles um maior interesse pela Física, de forma geral.

Dessa maneira, elaboramos um manual de experimento em eletrodinâmica que se baseia na exposição do conteúdo por meio da utilização de uma plataforma para a montagem de circuitos elétricos. Essa sequência é composta por diversas atividades, algumas mais estruturadas e outras mais flexíveis, que foram produzidas com base na Teoria Social da Aprendizagem, de Wenger.

Assim, acreditamos que conseguimos desenvolver uma sequência didática que pode ser aplicada em aulas sobre os conceitos de eletrodinâmica no ensino médio, em qualquer escola, mesmo naquelas que não possuem laboratório de física ou informática. A montagem dos experimentos para circuitos elétricos é de baixo custo, assim como a aquisição dos componentes necessários para as montagens. Mesmo que o professor que utilize essa sequência não consiga implementá-la da mesma forma que nós, onde vários grupos puderam manusear seus próprios kits, ele ainda pode criar um kit e realizar demonstrações para toda a turma, permitindo que os alunos possam manipular esse conjunto sempre que possível.

Além disso, a utilização de materiais acessíveis reforça a importância da inclusão e da sustentabilidade no ensino, permitindo que futuras gerações de alunos tenham a oportunidade de realizar experimentos sem a necessidade de investimentos

elevados. Essa abordagem contribui para a formação de cidadãos mais conscientes e capacitados para atuar em diversas áreas do conhecimento.

Em resumo, este trabalho demonstrou que a educação, quando aliada à prática e à colaboração, pode ser um poderoso agente de transformação. Com isso, os alunos não apenas aprenderam sobre os conteúdos, mas também descobriram o valor do trabalho em grupo e da pesquisa científica, preparando-se para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo. Esperamos que este manual sirva de referência e inspiração para futuras experiências pedagógicas, promovendo um ensino mais acessível, prático e envolvente.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. A. (2018). **Metodologia da pesquisa: teórica e prática**. 2. ed. São Paulo: Atlas.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. 4. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BORGES, Carlos. **Ciência e experimentação: aprendendo a natureza fazendo**. São Paulo: Editora Unesp, 2017.

BRASIL. (2021). **Programa Computadores para Inclusão**. Disponível em: <https://www.gov.br/impresanacional/pt-br/assuntos:imprensa/noticias/noticias-novas/programa-computadores-para-inclusao-atravesou-a-banda-larga>. Acesso em: 15 JANEIRO. 2024.

Brasil. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Programa Internacional de Avaliação de Estudantes - PISA 2022: RESULTADOS**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/apresentacao_pisa_2022_brazil.pdf. Acesso em: 13 Nov. 2024.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no Pisa 2022**. Brasília, DF: Inep, 2015. Disponível em: https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/marcos_referenciais/2015/matriz_de_ciencias_PISA_2015.pdf . Acesso em: 20 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/downloadadda-bncc/>. Acesso em: 12 Novembro 2024.

CAMPOS, B. S. *et al.* Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de ensino de Física**, v. 34, p. 1402-1, 2012. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/341402.pdf> . Acesso em: 6 Dez. 2024.

CASTRO, Armando de. **Educação: o que é?** 2. ed. São Paulo: Editora Brasiliense, 2015

GONÇALVES, André Chaul. **Sequência didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos**. 2018.

DE BORTOLI, Lis Ângela; CASTAMAN, Ana Sara. Oficina de arte com sucata eletrônica: uma alternativa para a Educação Ambiental baseada na reutilização e aprendizagem criativa. **REMEA - Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, [S. l.], v. 37, n. 4, p. 61–80, 2020. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/11668> . Acesso em: 21 nov. 2024.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 42. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GLORIOSO, Carmen S. **Educação e Inclusão: Desafios e Possibilidades**. Editora Educação em Foco, 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física – vol. 4**. 8 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

LIMA, Andréa Raquel da Silva; PEREIRA, Kellen Félix; NASCIMENTO, Luciano Feitosa. O uso de atividades experimentais com materiais de baixo custo no ensino de física. **Revista Práxis: saberes da extensão**, João Pessoa, v.5, n. 8, p. 122-135. jan./abr., 2017.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. **O desafio do conhecimento: pesquisa Qualitativa em saúde**. São Paulo: Hucitec-Abrasco, 2014.

MORAIS, A.; GOLIAS, B. **Metodologia de Pesquisa: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Editora XYZ, 2020.

MOREIRA, M. A. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, n. 94, p. 73-80, set./dez. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/152679/149153>. Acesso em: 18 outubro 2024.

NASCIMENTO, Maria A. *et al.* **Reaproveitamento do lixo eletrônico: análise dos benefícios ambientais**. Editora Igreja Presbiteriana do Brasil, 2022.

PEREIRA, Ana Flávia C. Materiais reciclados em circuitos elétricos. **Revista Brasileira de Engenharia Elétrica**, v. 12, n. 2, p. 45-51, 2017.

PEREIRA, José Carlos de Oliveira. **Educação ambiental e sustentabilidade**. Editora CRV (Campinas, SP), 2020.

PEREIRA, Maria Eugênia. **Educação Ambiental: o papel da escola e a formação de cidadãos sustentáveis**. São Paulo: Editora Contexto, 2020.

PEREIRA, José Augusto Neto. **Uma proposta experimental e lúdica para o ensino de conceitos de eletrodinâmica em circuitos elétricos**. 2018, 111F. Dissertação (Mestrado-Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) Instituto Federal do Rio Grande do Norte, Campus Natal – Central. Natal, RN 2018.

PIOVESAN, Armando; TEMPORINI, Edméa Rita. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de saúde pública**, v. 29, p. 318-325, 1995.

RODRIGUES, Micaías A. **Estudo de aula em comunidades de prática para o ensino de física: um estudo de caso em Teresina – PI**. 2019, 390f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SILVA, Denise. **Educando com experimentação**. 5.ed. Campinas - SP: Editora Papirus, 2019.

DA SILVA, Edna Lucia; MENEZES, Estera Muszkat. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. **UFSC, Florianópolis, 4a. edição**, v. 123, n. 4, p. 138, 2005.

UNEP (2020). Global E-waste Monitor 2020.

WENGER, E.; MCDERMOTT, R.; SNYDER, W. M. **Cultivating communities of practice**. Cambridge, MA: HBS Press, 2002.

WENGER, Etienne. **Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity**. New York: Cambridge University Press, 1998.

WENGER-TRAYNER, Etienne; FENTON-O'CREEVY, Mark; HUTCHINSON, Steven; KUBIAK, Chris; WENGER-TRAYNER, Beverly. **Learning in landscapes of practice: boundaries, identity, and knowledgeability in practice based learning**. Abingdon - UK: Routledge, 2015.

GRAMACHO, Wladimir G. **Introdução à metodologia experimental**. São Paulo – Editora Edgard Blücher Ltda. 2023.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL

MNPEF

Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO PIAUÍ



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO

COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF

**EDIVALDO RIBEIRO ABREU
MICAÍAS ANDRADE RODRIGUES**

**ELABORAÇÃO DE MANUAL DE EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE
CIRCUITO ELÉTRICO COM O USO DE MATERIAL RECICLADOS PARA
UTILIZAÇÃO EM SALA DE AULA**

**TERESINA
2025**

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 APRESENTAÇÃO | 01 |
| 2 OBJETIVOS E PROPOSTA DO PRODUTO EDUCACIONAL | 03 |
| 2.1 Proposta do P.E..... | 03 |
| 2.2 Objetivo Geral..... | 03 |
| 2.3 <i>Objetivos Específicos</i> | 03 |
| 3 METODOLOGIA E PRODUTO | 05 |
| 3.1 Produto educacional..... | 05 |
| 3.2 Aplicação do pré-teste | 09 |
| 1ª ATIVIDADE: Desmonte dos brinquedos elétricos..... | 10 |
| 2ª ATIVIDADE: circuito elétrico em série | 12 |
| 3ª ATIVIDADE: circuito elétrico em paralelo..... | 15 |
| 4ª ATIVIDADE: circuito elétrico misto e curto-circuito | 19 |
| 5ª ATIVIDADE: Curto-Circuito..... | 21 |
| 4 DESCARTE..... | 23 |
| 5 CONSIDERAÇÃO FINAIS..... | 24 |
| REFERÊNCIAS..... | 25 |
| Apêndice A: Orientações para os Alunos ao realizarem os Experimentos..... | 26 |

1 APRESENTAÇÃO

Esse manual de experimentos foi desenvolvido com o intuito de proporcionar uma abordagem prática e colaborativa ao ensino de circuitos elétricos. As atividades foram pensadas para serem realizadas em grupo, promovendo a interação entre os alunos. Segundo Wenger (1998), o aprendizado se potencializa em Comunidades de Prática, onde a colaboração e a troca de experiências enriquecem a formação dos indivíduos. Neste contexto, os alunos não apenas constroem conhecimento sobre circuitos elétricos, mas também desenvolvem habilidades sociais e de trabalho em equipe.

Essa abordagem está alinhada com os princípios de Comunidades de Prática e Teoria Social da Aprendizagem defendidos por Wenger (1998), que enfatizam a importância da aprendizagem por meio das interações sociais. Ao trabalhar em grupo, os alunos podem discutir conceitos, compartilhar suas próprias ideias e experiências, promovendo uma compreensão mais profunda e significativa do conteúdo da Física, especialmente no que tange à eletricidade e circuitos elétricos, foco deste material.

Comunidade de Prática é um conceito desenvolvido por Etienne Wenger (1998) que se refere a um grupo de pessoas que compartilham um interesse comum e aprendem umas com as outras por meio da interação contínua. Essas comunidades são fundamentais para a aprendizagem social, pois proporcionam um espaço onde os participantes trocam experiências, conhecimentos e habilidades, contribuindo para o desenvolvimento coletivo

A Teoria Social da Aprendizagem, por sua vez, enfatiza a importância das interações sociais na construção do conhecimento. A aprendizagem é vista como um processo dinâmico que ocorre em contextos sociais, onde os indivíduos fazem sentido de suas experiências por meio da colaboração e do diálogo. Wenger (1998, p. 131) argumenta que as Comunidades de Prática são um exemplo claro de como a aprendizagem está enraizada nas práticas sociais e na cultura compartilhada, mostrando que o aprendizado não é apenas um esforço individual, mas um fenômeno social que depende das relações e das práticas dentro de um grupo.

Ao interligar as Comunidades de Prática com a Teoria Social da Aprendizagem, fica evidente que a aprendizagem acontece de forma mais efetiva em ambientes colaborativos. Essa interação não apenas fortalece o conhecimento técnico, mas também enriquece a cultura organizacional e a identidade profissional, destacando a importância das relações sociais na formação do conhecimento. Assim, Wenger (1998, p. 89) sustenta que as Comunidades de Prática são essenciais para uma compreensão mais profunda da teoria da aprendizagem social, pois elas exemplificam como o aprendizado ocorre de forma integrada ao contexto e à participação social.

Esse Produto Educacional (P.E.) e a proposta de sequência didática apresentada funcionam como um guia para os professores que desejam utilizá-lo em suas aulas. As aulas propostas devem ser adaptadas conforme a realidade de cada instituição de ensino e o planejamento do professor, servindo como uma sugestão de aplicação que deve levar em consideração a autonomia de cada educador.

2 OBJETIVO E PROPOSTA DO PRODUTO EDUCACIONAL

2.1 Proposta do P.E.

Segundo a pesquisa conduzida pelo Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) em 2022, o Brasil ficou em 62º lugar entre 81 países no ranking de ciências, alcançando 403 pontos, o que o coloca atrás de outras nações latino-americanas, como Chile (444), Uruguai (435) e Colômbia (411). O Brasil empatou na última posição com Argentina e Peru (Brasil, 2023). Isso evidencia a urgente necessidade de encontrar soluções inovadoras e acessíveis para aprimorar o ensino dessas áreas.

Dessa forma, a análise do problema relacionado à criação de um manual de experimentos para o ensino de circuitos elétricos utilizando materiais reciclados para estudantes do ensino médio em escolas públicas do Brasil evidencia a relevância de encontrar soluções acessíveis, econômicas e eficazes para aprimorar a qualidade do ensino de ciências nas instituições de ensino do país. Essa estratégia pode incentivar o interesse dos alunos, facilitar o entendimento de conceitos científicos e aumentar a conscientização ambiental entre eles, ajudando a formar cidadãos mais informados e capacitados para enfrentar os desafios do século XXI.

2.2 Objetivo Geral

O objetivo geral deste Manual de Experimentos para o Ensino de Circuito Elétrico com o Uso de Materiais Reciclados é oferecer aos professores e alunos de escolas do ensino básico uma ferramenta prática, acessível e abundante para o aprendizado de circuitos elétricos. Busca-se proporcionar uma abordagem, lúdica e criativa, que estimule o interesse e a participação dos alunos, além de promover a conscientização ambiental e a utilização responsável dos recursos disponíveis em seu cotidiano.

2.3 Objetivos Específicos

- Apresentar os conceitos básicos de circuito elétrico, como corrente elétrica, resistência, tensão e potência;

- Elaborar experimentos simples que possam ser realizados pelos alunos, utilizando materiais reciclados, disponíveis e abundantes em seu cotidiano;
- Estimular a criatividade e o pensamento crítico dos alunos, incentivando-os a buscar soluções sustentáveis e alternativas para a montagem dos circuitos elétricos, demonstrando, por meio dos experimentos, a importância da coleta seletiva e do reaproveitamento de materiais recicláveis;
- Contribuir para o desenvolvimento de habilidades sócio emocionais, como trabalho em equipe, habilidades de relacionamentos e habilidade de fazer escolhas éticas e respeitando as consequências para se mesmo e para os outros, necessárias na realização dos experimentos.
- Montar e organizar com o material e experimentos produzidos e adquiridos por alunos o laboratório de física de escola

3 METODOLOGIA E PRODUTO

O objetivo do produto apresentado é desenvolver um conjunto de teórico e prático para os professores, utilizando experimentos didáticos para o ensino de circuitos elétricos. Os experimentos sugeridos são elaborados com materiais de baixo custo, visando reduzir despesas. Ao incentivar o uso de materiais acessíveis, amplia-se a possibilidade de os alunos replicarem as experiências em suas próprias casas, servindo como estímulo para a educação de toda a família, em um processo de expansão do conhecimento adquirido. A prática experimental também busca conectar a simbologia dos circuitos elétricos com a realidade dos estudantes, demonstrando que os circuitos abordados na eletrodinâmica estão presentes nas instalações elétricas residenciais.

Para avaliar o conhecimento prévio, foi realizado um teste inicial sobre eletricidade e seus efeitos (Apêndice A), que teve como objetivo identificar o entendimento inicial dos alunos sobre o tema. Após a aplicação desse pré-teste, foram conduzidas aulas introdutórias sobre circuito elétrico, utilizando os equipamentos experimentais sugeridos na dissertação, de maneira interativa. Nessa abordagem, os alunos, sob a supervisão do professor, puderam experimentar e construir circuitos elétricos de diferentes formas.

Ao final deste conjunto de aulas uma outra avaliação é feita (Apêndice B), de modo a verificar o conhecimento adquirido pelos alunos e também poderá ser usado como comparação qualitativa entre outras possíveis salas de aula da terceira série do ensino médios caso tenha.

3.1 PRODUTO EDUCACIONAL

O PE consiste em uma sequência didática de 11 aulas de 60 minutos, cada, sendo 5 aulas teóricas expositivas e dialogadas e 4 aulas com construção de experimentos relacionados a cada conteúdo, além de 1 aula para o pré-teste e 1 para o pós-teste, como mostra o quadro abaixo.

Quadro 01 - Sumário da sequência didática do presente trabalho.

| Atividade /Aula | Tema da atividade/ aula | Objetivos da atividade/aula | Recurso utilizado |
|------------------------|---|---|--|
| Pré-teste 1 | Pré-teste sobre os conceitos de circuito elétrico e seus componentes. | - Aplicar um pré-teste para avaliar os conhecimentos prévios dos alunos sobre os conceitos de circuito elétrico | Pré-teste 1 (Anexo I) |
| 1ª aula | Circuito elétrico. | - Introduzir o conceito de circuito elétrico, abordando, do ponto de vista qualitativo/quantitativo, definição e reconhecimento dos componentes que compõem o um circuito elétrico. - Definir a importância de cada componente do circuito elétrico e o sentido da corrente elétrica no circuito elétrico. | Aula expositiva (60 minutos): Atividade extraclasse: questões do livro didático. |
| 2ª aula | Desmonte dos brinquedos. | - Identificar e quantificar dos componentes elétricos existentes nos materiais. - Retirar os componentes que fazem parte do circuito elétrico desejado. | - Aula experimental com o uso dos brinquedos, ferramentas como chaves, alicates e ferro de solda (60 minutos). |
| 3ª aula | Associação de resistores em série. | - Demonstrar a importância de cada componente dentro do circuito elétrico. - Calcular as relações entre diferença de potencial, potência, resistência equivalente e corrente elétrica com um, dois ou mais resistores. | -Aula expositiva (60 minutos). -Atividade extraclasse. |

| | | | |
|---------|--|---|--|
| 4ª aula | Instrumento de medidas elétricas. Experimento circuito elétrico simples em série | <ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar e utilizar um multímetro em sala de aula para determinação experimental de valores de tensão (voltímetro), corrente elétrica (amperímetro) e resistência elétrica (ohmímetro). - Montar um circuito elétrico em série com dois resistores utilizando lâmpadas de leds e uma bateria ou um motor gerador - Determinar experimentalmente, utilizando multímetro, os valores de diferença de potencial, potência, corrente elétrica, resistência equivalente para o circuito em questão. - Comparar os resultados experimentais com os valores obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos. | <p>-Aula experimental com o uso de multímetro e estudo de circuito simples composto por duas lâmpadas, bateria ou motor gerador.</p> |
| 5ª aula | Associação de resistores em paralelo, | <ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar a importância de cada componente dentro do circuito elétrico. - Calcular as relações entre diferença de potencial, corrente elétrica, potência em cada resistor e resistência equivalente da associação com dois, três ou mais resistores iguais ou diferentes, a partir da Lei de Malhas e Lei dos Nós de Kirchhoff. | <p>-Aula expositiva (60 minutos).</p> <p>- Atividade extraclasse.</p> |

| | | | |
|---------|--|--|---|
| 6ª aula | Montagem de circuito elétrico em paralelo. | <ul style="list-style-type: none"> - Montar um circuito elétrico que simule uma instalação elétrica residencial utilizando <i>leds</i>, baterias ou motores geradores e resistores. O circuito elétrico em questão apresenta diversas malhas: simples (um único resistor) ou com dois resistores. - Determinar experimentalmente, utilizando multímetro, os valores de diferença de potencial, potência, corrente elétrica, resistência equivalente para o circuito em questão. - Comparar os resultados experimentais com os valores obtidos a partir da teoria e discutir as possíveis discrepâncias com os alunos. | <ul style="list-style-type: none"> - Aula experimental com o uso de <i>leds</i>, resistores, baterias ou motores geradores. (60 minutos) |
| 7ª aula | Associação mista de resistores e curto-circuito. | <ul style="list-style-type: none"> - Demonstrar a associação mista de resistores e o curto-circuito em um circuito elétrico. - Calcular as relações entre diferença de potencial, corrente elétrica em diversos tipos de circuitos elétricos a partir das Lei de Malhas e Lei dos Nós de Kirchhoff. | <ul style="list-style-type: none"> - Aula expositiva (60 minutos). - Atividade extraclasse. |
| 8ª aula | Montagem de circuito elétrico misto. | <ul style="list-style-type: none"> - Montar um circuito misto que simule uma instalação residencial, utilizando <i>leds</i>, baterias ou motores geradores e resistores. O circuito deverá ter | <ul style="list-style-type: none"> - Aula experimental com a montagem de circuito misto de resistores com- |

| | | | | |
|-------------|--|----|--|---|
| | | | diversas malhas com um ou mais <i>leds</i> , <i>leds</i> associados em série e em paralelo. -A partir do circuito mostrar como se aplica a lei das malhas e dos nós, e comparar os valores calculados de diferença de potencial, corrente elétrica, potência e resistência equivalente com os obtidos com o uso do multímetro. | posto por <i>leds</i> , baterias ou motores geradores e resistores (60 minutos) |
| 9ª aula | Atividade e desafio. | | - Criar e montar um circuito elétrico qualquer utilizando os tópicos e conceitos explorados nesta sequência didática. | -Aula experimental (60 minutos) |
| Pós-teste 1 | Aplicação do pós-teste às demais turmas. | do | - Aplicar um pós-teste com questões referentes aos tópicos e conceitos explorados nesta sequência didática - comparar os resultados obtidos junto as demais turmas com os obtidos com a turma que sofreu a intervenção do produto educacional. | Pós-teste (Anexo) (60 minutos) |

Fonte: Elaborado pelo autor.

À medida que as atividades forem sendo desenvolvidas, as aulas mencionadas poderão ser distribuídas em múltiplos encontros, conforme a necessidade do docente e a assimilação dos conteúdos pelos alunos.

3.2 Aplicação do Pré-teste

Antes de dar início à sequência didática relacionada ao produto educacional apresentado, é realizado um pré-teste (Apêndice A) para avaliar o conhecimento prévio dos alunos. Os resultados desse pré-teste permitirão uma abordagem mais focada em certos tópicos do produto, considerando os aspectos em que os alunos têm

mais dificuldades e acertos. Ao final da implementação do produto, os alunos serão submetidos a um pós-teste para avaliação (Apêndice B).

Antes da montagem de qualquer experimento é recomendado para que o professor oriente aos seus alunos ler que leiam as instruções aqui relatadas no Apêndice C deste produto educacional.

1ª ATIVIDADE: Desmonte dos brinquedos elétricos

Objetivos:

- Permitir que os alunos identifiquem e entendam a função de diferentes componentes eletrônicos, como motores, circuitos impressos, baterias, *leds*, resistores, entre outros.
- Incentivar a criatividade ao permitir que os alunos imaginem novas maneiras de utilizar os componentes retirados, promovendo a ideia de reciclagem e reutilização, *leds*, resistores, entre outros.
- Conectar teoria e prática, permitindo que os alunos vejam como os conceitos aprendidos em sala de aula se aplicam a objetos do cotidiano.

Introdução:

O estudo de circuitos elétricos é fundamental para compreendermos como a eletricidade funciona e como podemos utilizá-la de forma segura e eficiente. Para tornar esse conteúdo mais interessante e prático, será realizada uma atividade de desmonte de brinquedos elétricos, onde os alunos poderão identificar e retirar os componentes eletrônicos presentes, como resistores, capacitores, transistores, entre outros.

Material:

Brinquedos elétricos diversos (raquetes, bonecos, carrinhos, entre outros) (Figura 1);

Chaves de fenda e estrela;

Alicates

de fenda e estrela, os alunos poderão ser orientados a desmontar o brinquedo de forma organizada, identificando e a função de cada componente e os separando.

Após o desmonte, os alunos irão catalogar os componentes necessários para o funcionamento de cada brinquedo. Em seguida, discutirão em grupo sobre o funcionamento do circuito elétrico dos brinquedos, relacionando os componentes encontrados com os conceitos estudados em sala de aula.

2ª ATIVIDADE: Associação de Resistores em Série

Objetivos

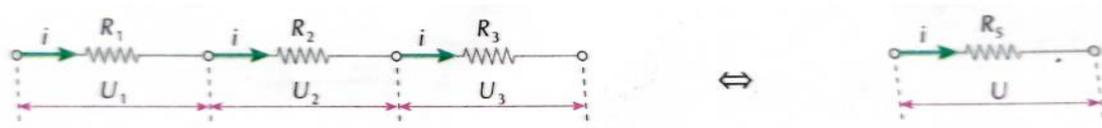
- Exibição prática, analisar e discutir as características do circuito em série;
- Associar resistores em série, medindo a resistência equivalente a associação;
- Verificar como varia a corrente e a tensão na associação;
- Analisar o comportamento do brilho do *led* de acordo com a sua cor.

Introdução

Na prática teremos situações em que há necessidade de ligarmos os resistores em série, como os *leds* de uma árvore de natal, em circuitos de rádio e outros.

Na associação em série figura 2, a corrente que atravessa todos os resistores é a mesma e a tensão pode ter valores diferentes em cada resistor.

Figura 2: representação gráfica do circuito elétrico em série.



Fonte: Ramalho (2007, p:158).

A tensão total U entre os extremos da associação é a soma das tensões em cada resistor (R), aplicando-se a lei de Ohm, teremos:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 = R_1i + R_2i + R_3i = (R_1 + R_2 + R_3)i$$

Substituindo a associação por um único resistor de resistência R de modo que a corrente elétrica permanece a mesma. Temos:

$$U = R \cdot i$$

Onde:

$$U = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot i$$

Portanto podemos calcular a resistência equivalente R_{eq} do circuito elétrico em série:

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

Se tivermos n resistores iguais, de resistência elétrica R cada uma, teremos:

$$R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R$$

Então:

$$R_s = nR$$

Material

- *leds* de duas cores: 3 amarelos e 3 vermelhos
- 1 bateria 3V
- 1 bateria 9V
- rebites
- 50cm de fio de cobre condutor
- 1 tábua 10cm x 30cm
- 1 Furadeira

Procedimentos

- 1 - Faça um desenho do circuito elétrico em série na tábua.
- 2 - Com a ajuda de uma furadeira, faça furos na tábua nos lugares onde foram desenhados os resistores.

3 - No local dos furos fixe os rebites e faça a conexão destes com o fio, lembrando que onde ficará o *led* não deverá ter fio conectando entre os dois rebites, como mostra na figura 3

Figura 3: montagem de circuito elétrico em série.



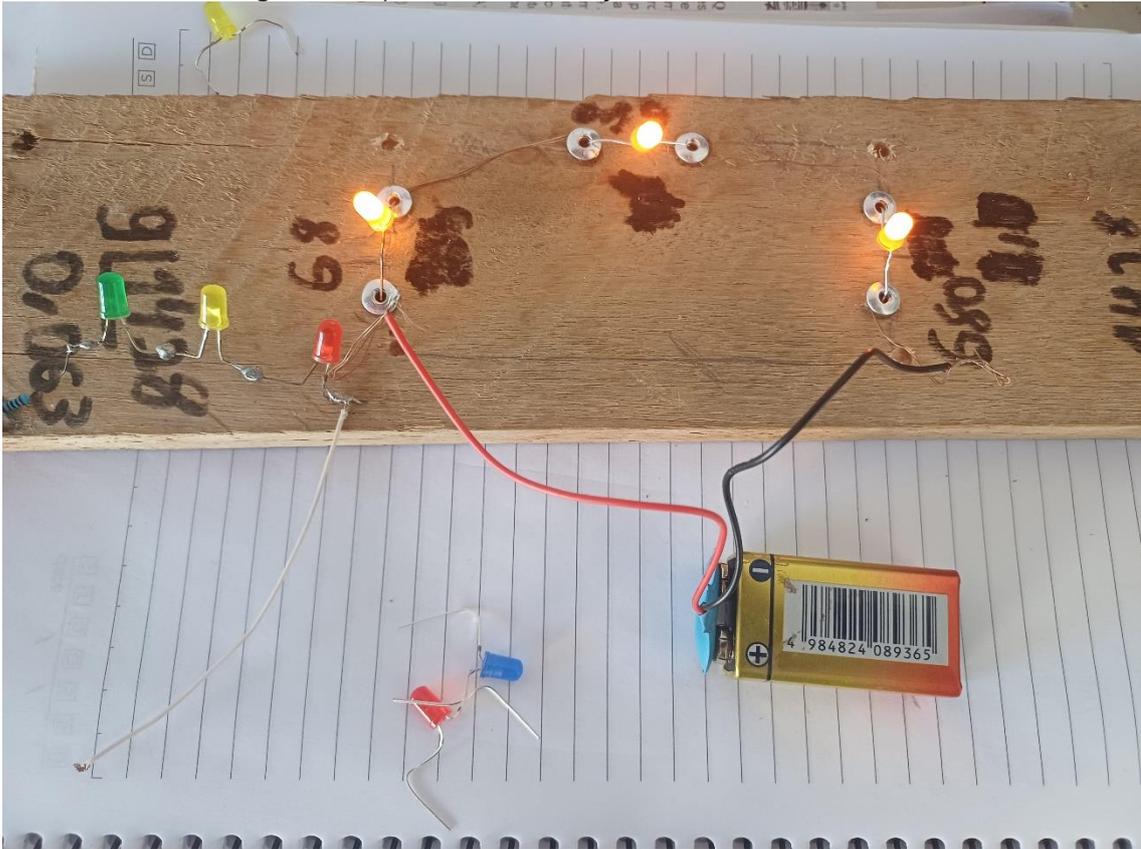
Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o circuito elétrico montado conecte três dos *leds* de mesma cor e tente ligar o circuito elétrico com a bateria de 3V. Observe o que acontecerá identificando o possível problema e a solução para que o circuito funcione perfeitamente.

Com o circuito funcionando com três *leds* vermelhos, troque um dos *leds* por um outro *led* de cor amarelo e, posteriormente, os outros dois *leds* da cor vermelha por outros dois *leds* da cor amarela, em seguida verifique a diferença de potencial nos terminais de cada *led* e a corrente que está percorrendo cada resistor, calculando a resistência elétrica e as potências para cada tipo de ligação. Analise qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas poderá gerar e comparar através de suas potências.

Desconecte um dos *leds* e verifique o que acontece com os demais. Na ausência deste *led*, de forma qualitativa, comente o que pode ser observado na figura 4.

Figura 4: Experimento associação de resistores em série



Fonte: Elaborado pelo autor.

3ª ATIVIDADE: Circuito Elétrico em Paralelo

Objetivos

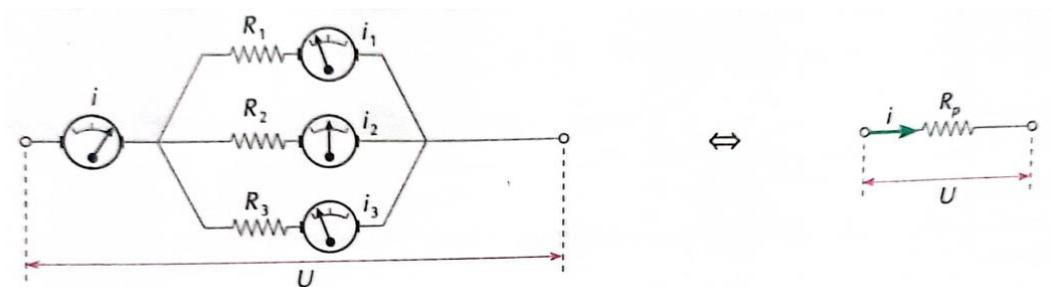
- Demonstração prática da combinação em paralelo de resistores, com a ligação de dois leds em paralelo, ligados a uma bateria de 3V;
- Associar resistores em paralelo, medindo a resistência equivalente da associação;
- Verificar como varia a corrente e a tensão na associação;
- Analisar o comportamento do brilho do led de acordo com a sua cor.

Introdução

A associação em paralelo é utilizada sempre que queremos submeter uma série de equipamentos ou dispositivos a mesma tensão elétrica. Por exemplo, nas instalações domiciliares todas as lâmpadas e tomadas, geralmente, devem apresentar a mesma tensão, independentemente das outras estarem ligadas ou não.

A figura 5 mostra como os resistores são associados em paralelo.

Figura 5: representação gráfica do circuito elétrico em paralelo



Fonte: Ramalho (2007, p:166)

Observe que a tensão é a mesma para todos os resistores e a corrente elétrica i é dividida nos resistores, tal que:

$$I = i_1 + i_2 + i_3$$

Aplicando a lei de Ohm para cada resistor:

$$U = R_1 i \quad ; \quad i = \frac{U}{R_1}$$

$$U = R_2 i \quad ; \quad i = \frac{U}{R_2}$$

Se:

$$U = R_3 i$$

Então:

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

Teremos que:

$$i = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \frac{U}{R_3} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Considere uma resistência equivalente para a associação em paralelo, ou seja, a resistência R que permite a passagem da mesma corrente para a mesma tensão. Aplicando a lei de Ohm para a resistência equivalente:

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

Onde a resistência equivalente depende do valor da resistência ou da quantidade de resistores. Temos, para:

1) Dois resistores diferentes:

$$R_{eq} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

2) Mais de dois resistores diferentes:

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

3) Vários resistores iguais

$$R_{eq} = \frac{R}{n}$$

Onde R é o valor da resistência e n o número de resistores na associação.

Material

- *leds*: 3 amarelos e 3 vermelhos
- 1 bateria 3V
- 1 bateria 9V
- 12 rebites
- 50 cm de fio de cobre condutor
- 1 tábua 10cm x 20cm
- 1 furadeira

Procedimentos

- 1 - Faça um desenho do circuito elétrico na tábua;
- 2 - Com a ajuda de uma furadeira faça furos na tábua nos lugares onde foram desenhados os resistores.
- 3 - Com os furos feitos, fixe os rebites nos furos e faça a conexão dos rebites com o fio. Atente-se que onde ficará o *led* não deverá ter fio conectando os dois rebites, como mostra na figura 6
- 4 – Primeiro tente fazer a ligação com a bateria de 3V e posteriormente tente ligar com a bateria de 9V

Figura 6: montagem do circuito elétrico em paralelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o circuito elétrico montado conecte três dos *leds* de cor amarela e verifique a diferença de potencial em seus terminais e a corrente elétrica passando pelos *leds*. Calcule o valor das suas resistências elétricas e da potência elétrica em seu funcionamento.

Troque um dos *leds* amarelo por um outro de cor vermelha e verifique a intensidade dos *leds*, posteriormente troque os outros dois restantes de cor amarela pelos demais de cor vermelha e verifique a diferença de potencial nos terminais de cada *led* e a corrente que está percorrendo cada resistor. Calcule a resistência elétrica e as potências para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas poderá gerar e comparar através de suas potências.

Desconecte um dos *leds* e verifique o que acontece com os demais. Na ausência deste *led*, de forma qualitativa, comente o que pode ser observado.

Substitua a fonte de 3V por uma fonte de 9V e observe o que pode vir a acontecer com o circuito. Comente as possíveis alterações e de que forma o que foi constatado poderia ter sido evitado. Reconstrua o circuito elétrico se estiver ocorrido algum dano ao mesmo de acordo com a figura 7

Figura 7: circuito elétrico em paralelo



Fonte: Elaborado pelo autor.

4ª ATIVIDADE: Circuito Elétrico Misto

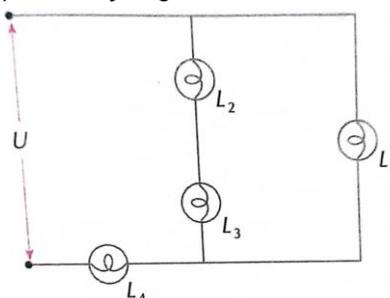
Objetivos

- Exibição prática, analisar e discutir as características do circuito elétrico misto;
- Associar resistores em série e em paralelo em um único circuito, medindo a resistência equivalente da associação;
- Verificar como varia a corrente e a tensão na associação;
- Analisar o comportamento do brilho do *led* de acordo com a sua cor.

Introdução

A associação mista de resistores contém associações em série e associações em paralelo de resistores e um único circuito elétrico. Qualquer associação mista pode ser substituída por um resistor equivalente, que se obtém considerando-se que cada associação parcial (em série ou em paralelo) equivale a apenas um resistor, simplificando aos poucos o desenho da associação como mostra a figura 8.

Figura 8: representação gráfica do circuito elétrico misto



Fonte: Fonte: Ramalho (2007, p:189)

Para ser resolvida a associação mista, coloca-se de início letras em nós e/ou em terminais da associação. Os nós são pontos em que a corrente se divide de acordo com o valor da resistência encontrada pela frente. Os terminais são os pontos entre os quais se quer a resistência equivalente que se resolve de acordo com a sua formação entre os nós, se em série ou em paralelo.

Muda-se o desenho, resolvendo as associações cujos resistores estiverem em série (um depois do outro, sem ramificação) ou em paralelo (ligados aos mesmos pontos).

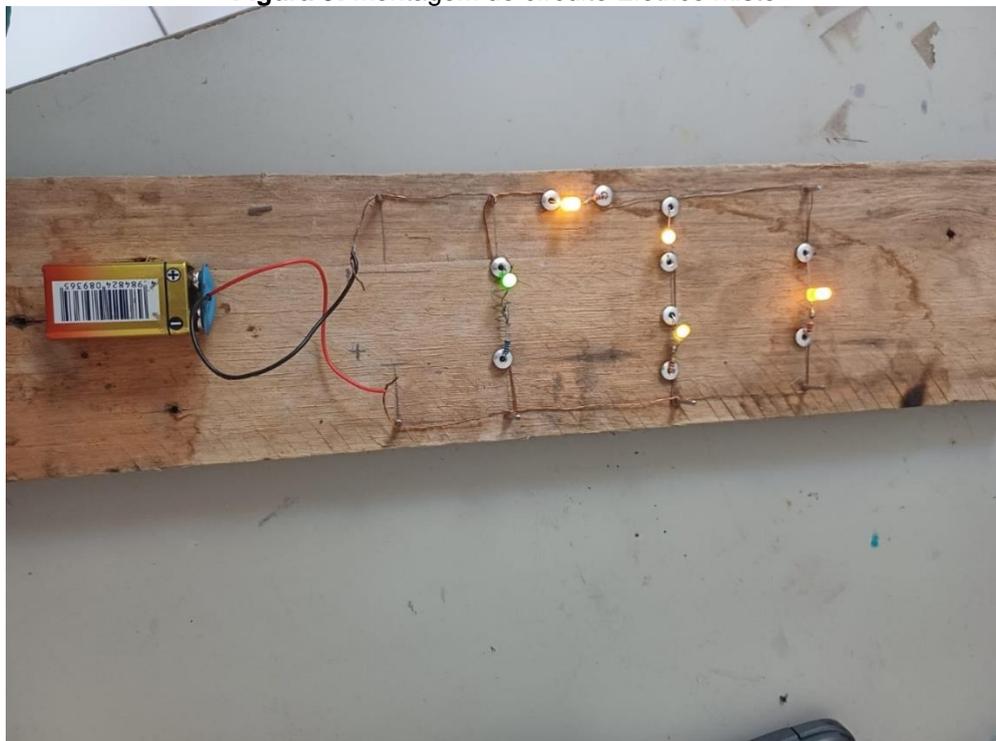
Material

- 10 *leds*: 5 *leds* amarelos e 5 *leds* verdes
- 1 bateria 3V
- 1 bateria 9V
- resistores de $1K\Omega$
- 10 rebites
- 50 cm de fio de cobre condutor
- 1 tábua 10cm x 30cm
- 1 furadeira

Procedimentos

- 1 - Faça um desenho do circuito elétrico na tábua.
- 2 - Com a ajuda de uma furadeira faça furos na tábua nos lugares onde foram desenhados os resistores.
- 3 - Com os furos feitos, fixe os rebites nos furos e faça a conexão dos rebites com o fio. Atente-se que onde ficará o *led* não deverá ter fio conectando os dois rebites, como mostra na figura 9.

Figura 9: montagem do circuito Elétrico misto



Fonte: Elaborado pelo autor.

Com o circuito elétrico montado, conecte cinco *leds* de cor amarela e tente ligar o circuito elétrico com a bateria de 3V. Observe o que acontecerá, identificando o possível problema e a solução para que o circuito funcione perfeitamente.

Com o circuito funcionando, troque um dos *leds* amarelo por um de cor verde e verifique a corrente elétrica em cada *led*. Posteriormente os demais *leds* de cor amarela por *leds* verdes, verifique a diferença de potencial nos terminais de cada *led* e a corrente que está percorrendo cada resistor. Calcule a resistência elétrica equivalente e as potências para cada tipo de ligação, analisando qualitativamente a intensidade de luminosidade que cada uma delas poderá gerar e comparar através de suas potências.

Desconecte um dos *leds* e verifique o que acontece com os demais. Na ausência deste *led*, de forma qualitativa, comente o que pode ser observado.

5ª ATIVIDADE: Curto-Circuito

Objetivo:

- Exibição prática, analisar e discutir as características do curto-circuito;
- Verificar como se comporta a corrente e a tensão no curto-circuito;
- Analisar o funcionamento do led em um circuito com curto-circuito;
- Mostrar os riscos associados aos curto-circuito, incluindo superaquecimento, incêndios e danos a equipamentos elétricos.

Introdução

É uma prática comum em engenharia elétrica e física, utilizada para analisar o comportamento de circuitos elétricos sob condições de falha. Ele envolve a criação intencional de um caminho de baixa resistência, permitindo que a corrente flua de maneira descontrolada, o que pode resultar em sobrecargas, aquecimento e, em casos extremos, danos aos componentes do circuito.

Este tipo de experimento é essencial para entender a segurança e a eficiência dos sistemas elétricos, bem como para testar dispositivos de proteção, como fusíveis e disjuntores. Além disso, os dados obtidos a partir de experimentos de curto-circuito são fundamentais para o dimensionamento e a melhoria de redes elétricas, garantindo que elas possam operar de forma segura e confiável em diversas condições.

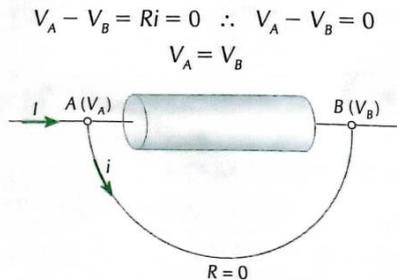
Material:

- 1 *led*
- 1 bateria 3V
- 1 bateria 9V
- 20 cm de fio de cobre condutor
- 1 resistor de $1K\Omega$
- 1 furadeira

Procedimentos

- 1 - Faça um desenho do circuito elétrico na tábua.
- 2 - Com a ajuda de uma furadeira faça furos na tábua nos lugares onde foram desenhados o resistor
- 3 - Com os furos feitos, fixe os rebites nestes e faça a conexão dos rebites com o fio, neste caso passe também um fio ligando os dois rebites como mostra na figura 10

Figura 10: representação gráfica do curto-circuito



Fonte: Ramalho (2007, p:174)

Com o circuito elétrico montado, conecte o *led* e tente ligar o circuito elétrico com a bateria de 3V e posteriormente com uma outra bateria de 9V. Observe o que acontecerá identificando o possível problema e a solução para que o circuito possa funcionar perfeitamente. Analise com seus alunos as vantagens e desvantagens, causas e consequências que poderá ocasionar um curto-circuito.

4 DESCARTE

A constante evolução da tecnologia resulta em um aumento significativo de lixo eletrônico, o que exige atenção especial ao descarte desses itens, pois podem conter substâncias prejudiciais. Portanto, é fundamental realizar um descarte adequado para evitar a degradação ambiental. É importante ressaltar que todos os componentes eletrônicos, cabos e parafusos que sobraram durante a desmontagem dos equipamentos serão preservados para futuros experimentos. Os plásticos e metais foram devidamente separados e encaminhados para pontos de coleta seletiva.

CONSIDERAÇÃO FINAIS

Este manual de experimentos sobre circuitos elétricos, elaborado com o uso de materiais reciclados, foi concebido com o intuito de ser uma ferramenta acessível para escolas que não possuem laboratórios devidamente equipados. Acreditamos que a educação deve ser inclusiva e adaptável, e, portanto, as montagens propostas aqui podem ser facilmente modificadas conforme a disponibilidade de materiais ou os objetivos específicos de cada educador.

As atividades delineadas neste trabalho não se restringem apenas ao estudo de circuitos elétricos; elas podem ser adaptadas e repensadas para serem aplicadas em diferentes áreas da física, bem como em outras disciplinas, como química e biologia. Essa flexibilidade permite que os professores possam integrar conceitos de diversas áreas do conhecimento, promovendo uma abordagem interdisciplinar que enriquece a aprendizagem dos alunos.

Esperamos que este material seja uma fonte de inspiração e um recurso valioso para educadores, estimulando a curiosidade, a criatividade e o aprendizado prático dos estudantes. A educação é um campo em constante evolução, e a utilização de materiais reciclados não apenas contribui para a formação de cidadãos mais conscientes sobre a sustentabilidade, mas também para o desenvolvimento de habilidades essenciais para o século XXI.

Agradecemos a todos que se dedicaram à construção deste manual e desejamos que ele contribua significativamente para o ensino de ciências nas escolas.

REFERÊNCIAS

RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO **Os fundamentos da física III: eletricidade**. Rio de Janeiro: Editora Moderna, 2007.

WENGER, Etienne. **Communities of Practice: Learning, Meaning, and Identity**. Cambridge (Eng): Cambridge University Press, 1998.

Apêndice B: Pré-teste

1) O que é corrente elétrica?

- a) O movimento ordenado de cargas elétricas.
- b) A diferença de potencial elétrico.
- c) A resistência de um material à passagem de cargas elétricas.
- d) A quantidade de energia elétrica consumida.

2) Qual é a unidade de medida da corrente elétrica?

- a) Volt (V)
- b) Watt (W)
- c) Ohm (Ω)
- d) Ampere (A)

3) O que é um circuito elétrico? Faça a representação gráfica de um circuito elétrico.

4) Em um circuito em série, a corrente:

- a) Se divide entre os componentes.
- b) Permanece constante em todos os elementos.
- c) É maior em componentes com maior resistência.
- d) É zero quando um componente falha.

5) O que é resistência elétrica?

- a) A energia por unidade de carga.
- b) A oposição ao fluxo de corrente elétrica.
- c) A quantidade total de carga em um circuito.
- d) A força que empurra os elétrons.

6) Qual é a lei que relaciona a tensão, a corrente e a resistência em um circuito?

- a) Lei de Faraday
- b) Lei de Ohm
- c) Lei de Kirchhoff
- d) Lei de Lenz

7) Escreva “V” para Verdadeiro ou “F” para Falso

() A tensão elétrica é medida em volts e representa a força que impulsiona os elétrons através de um circuito.

() Em um circuito elétrico em paralelo, a corrente total é igual à soma das correntes em cada ramo.

() Uma bateria fornece corrente alternada para o circuito.

8) O que são resistores e como eles afetam a corrente em um circuito? (Explique como a resistência de um resistor é medida e a importância dos resistores em diferentes configurações de circuito.).

9) Explique o que acontece com a corrente elétrica em um circuito quando adicionamos uma resistência em série.

10) Descreva a diferença entre circuitos em série e circuitos em paralelo, destacando como cada configuração afeta a corrente e a tensão em um circuito.

Apêndice C – Pós-teste

1) O que é corrente elétrica?

- a) O movimento ordenado de cargas elétricas.
- b) A diferença de potencial elétrico.
- c) A resistência de um material à passagem de cargas elétricas.
- d) A quantidade de energia elétrica consumida.

2) Qual é a unidade de medida da corrente elétrica?

- a) Volt (V)
- b) Watt (W)
- c) Ohm (Ω)
- d) Ampere (A)

3) O que é um circuito elétrico? Faça a representação gráfica de um circuito elétrico.

4) Em um circuito em série, a corrente:

- a) Se divide entre os componentes.
- b) Permanece constante em todos os elementos.
- c) É maior em componentes com maior resistência.
- d) É zero quando um componente falha.

5) O que é resistência elétrica?

- a) A energia por unidade de carga.
- b) A oposição ao fluxo de corrente elétrica.
- c) A quantidade total de carga em um circuito.
- d) A força que empurra os elétrons.

6) Qual é a lei que relaciona a tensão, a corrente e a resistência em um circuito?

- a) Lei de Faraday
- b) Lei de Ohm

- c) Lei de Kirchhoff
d) Lei de Lenz

7) Escreva “V” para Verdadeiro ou “F” para Falso

- () A tensão elétrica é medida em volts e representa a força que impulsiona os elétrons através de um circuito.
- () Em um circuito elétrico em paralelo, a corrente total é igual à soma das correntes em cada ramo.
- () Uma bateria fornece corrente alternada para o circuito.

8) O que são resistores e como eles afetam a corrente em um circuito? (Explique como a resistência de um resistor é medida e a importância dos resistores em diferentes configurações de circuito.).

9) Explique o que acontece com a corrente elétrica em um circuito quando adicionamos uma resistência em série.

10) Descreva a diferença entre circuitos em série e circuitos em paralelo, destacando como cada configuração afeta a corrente e a tensão em um circuito.

11) Qual a sua concepção (opinião) sobre as aulas referente ao conteúdo circuito elétrico com o uso de experimentos construídos em sala de aula?

Respostas:

Apêndice D: Orientações para os Alunos ao realizarem os Experimentos

- **Seguir as Instruções:** Leia e compreenda todos os passos do experimento antes de começar. Siga as instruções cuidadosamente para evitar erros.
- **Segurança em Primeiro Lugar:** Use equipamentos de proteção, como óculos de segurança, e certifique-se de que você está ciente dos procedimentos seguros ao lidar com eletricidade.
- **Verificar Conexões:** Antes de ligar o circuito, revise todas as conexões para garantir que estão corretas e seguras, evitando curtos-circuitos.
- **Medições Precisas:** Ao usar instrumentos como o multímetro, siga as instruções para medir corretamente tensão, corrente e resistência.
- **Registrar Dados:** Mantenha um registro detalhado de todas as medições e observações. Isso facilitará a análise posterior.
- **Trabalhar em Grupo:** Se estiver trabalhando em grupos, divida as tarefas entre os membros. A colaboração pode levar a uma melhor compreensão do experimento.
- **Resolver Problemas:** Se algo não funcionar como esperado, não desanime. Utilize a análise crítica: identifique o problema, faça perguntas e tente diferentes abordagens.
- **Seja Criativo:** Se o tempo permitir, pense em maneiras de expandir o experimento. Que outras variáveis vocês poderiam testar? Como isso alteraria os resultados?
- **Limpeza e Organização:** Após concluir o experimento, limpe o espaço de trabalho e guarde corretamente todos os materiais utilizados.
- **Refletir e Discutir:** Após o experimento, participe das discussões em sala de aula. Compartilhe suas descobertas e aprenda com as experiências dos outros.

Essas orientações e a estrutura proposta ajudarão na realização de experimentos de circuito elétrico de maneira eficaz e segura, promovendo um ambiente de aprendizado positivo.