



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

GUILHERME BRENDOS MEDEIROS DOS SANTOS

O USO DA PLATAFORMA TINKERCAD E KITS EXPERIMENTAIS PARA
PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO
ENSINO MÉDIO.

TERESINA

2025

GUILHERME BRENDON MEDEIROS DOS SANTOS

**O USO DA PLATAFORMA TINKERCAD E KITS EXPERIMENTAIS PARA
PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS
NO ENSINO MÉDIO.**

Projeto de Pesquisa apresentado 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: Ensino de Física

Orientador(a): Prof(a). Dr (a). Edina Maria de Sousa Luz

TERESINA

2025

Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Comunitária Jornalista Carlos Castello Branco
Divisão de Representação da Informação

S237u Santos, Guilherme Brendo Medeiros dos.
O uso da plataforma Tinkercad e kits experimentais para
promover a aprendizagem significativa em circuitos elétricos no
ensino médio / Guilherme Brendo Medeiros dos Santos. –
Teresina, 2025.
129 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2025.
“Orientador(a): Prof(a). Dr (a). Edina Maria de Sousa Luz”

1. Física - Ensino. 2. Física - Aprendizagem. 3. Circuitos
elétricos. I. Luz, Edina Maria de Sousa. II. Título.

CDD 530.07

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF – Polo 26 UFPI

**ATA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DE GUILHERME BRENDÓ MEDEIROS DOS SANTOS**

Às oito horas e dezessete minutos do dia quatorze de julho de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se no auditório do Departamento de Física da UFPI e na sala virtual da plataforma Google Meet <https://meet.google.com/wnq-xzxf-srn>, a Comissão Julgadora da dissertação intitulada "O USO DA PLATAFORMA THINKERCAD E KITS EXPERIMENTAIS PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO" do discente Guilherme Brendó Medeiros dos Santos, composta pelos professores Edina Maria de Sousa Luz (orientadora, UESPI), Agmael Mendonça Silva (UESPI), Antonio de Macedo Filho (UESPI) e Micaías Andrade Rodrigues (UFPI) para a sessão de defesa pública do citado trabalho, requisito para a obtenção do título Mestre em Ensino de Física. Abrindo a sessão a Orientadora e Presidente da Comissão, Edina Maria de Sousa Luz, 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 ao 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, a 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, 14 de Julho de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **EDINA MARIA DE SOUSA LUZ**
Data: 18/07/2025 09:14:48-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa Edina Maria de Sousa Luz (UESPI)

Documento assinado digitalmente
 **AGMAEL MENDONÇA SILVA**
Data: 18/07/2025 21:47:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profº. Agmael Mendonça Silva (UESPI)

Documento assinado digitalmente
 **ANTONIO DE MACEDO FILHO**
Data: 22/07/2025 16:49:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Antonio de Macedo Filho (UESPI)

Documento assinado digitalmente
 **MICAÍAS ANDRADE RODRIGUES**
Data: 22/07/2025 09:05:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Micaías Andrade Rodrigues (UFPI)

Dedico esta dissertação à minha esposa Renata, pelo amor, apoio e paciência em cada etapa desta jornada.

À minha família e aos amigos, pelo incentivo constante e palavras de encorajamento.

E a Deus, por me sustentar com fé, força e sabedoria.

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão por ter me concedido forças, sabedoria e perseverança para superar cada desafio ao longo desta jornada do Mestrado Profissional em Ensino de Física.

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de integrar um programa de pós-graduação tão relevante para a formação continuada de professores da área.

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. À minha mãe, por ser meu alicerce, exemplo de coragem e dedicação. À minha esposa Renata, por seu amor, paciência, companheirismo e por estar ao meu lado mesmo nos dias mais desafiadores deste percurso.

Aos colegas de turma Emmanuel, Fernando, Tayla, Amaranes, Felipe, Huanderson, Edivaldo, Eduardo, Ayrton, Jorge, Flavio, Paulo e Rebeca, minha profunda gratidão, pelo incentivo mútuo e pelos momentos de convivência que tornaram essa jornada mais leve e enriquecedora.

Aos coordenadores e docentes do MNPEF – Polo 26, agradeço pelas valiosas contribuições, orientações e pelo compromisso com uma formação de qualidade. Cada etapa desse processo foi marcada por aprendizados que levarei para toda a vida. Agradeço também à minha orientadora, Prof^a Dr^a Edina Maria, pela orientação segura, incentivo constante e dedicação ao longo deste trabalho.

Este estudo contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio do Código de Financiamento 001.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Corrente elétrica no condutor sem e com a presença do campo elétrico.....	31
Figura 2: Sentido real e convencional da corrente elétrica	32
Figura 3: Aumento da resistividade com o aumento da temperatura	35
Figura 4: Condutor com seção reta uniforme.....	36
Figura 5: Circuito em série com três resistores R_1 , R_2 e R_3	40
Figura 6: Resistores em paralelo	42
Figura 7: Deslocamento de uma carga elétrica sob a influência do campo elétrico:	44
Figura 8: Representação do amperímetro em um circuito.....	46
Figura 9: Representação do amperímetro liga em série em um circuito simples	46
Figura 10: Representação do voltímetro em um circuito	47
Figura 11: Voltímetro ligado em paralelo no circuito simples com um resistor R	47
Figura 12: Multímetro e suas funções	48
Figura 13: Placa de protoboard do tamanho média.....	51
Figura 14: Estrutura externa da protoboard.....	52
Figura 15: Estrutura e interna da protoboard.	53
Figura 16: Apresentação da plataforma Tinkercad e os componentes eletrônicos.	55
Figura 17: Alunos interagindo com a plataforma.	55
Figura 18: Circuito simples com led, bateria e voltímetro e amperímetro.....	56
Figura 19: Circuito simples com led, potenciômetro e bateria.	56
Figura 20: Cedindo voltagem em um circuito com resistores em paralelo.....	57
Figura 21: Medindo voltagem em um circuito em série	58
Figura 22: Gráfico do número de resposta conceitualmente adequadas por aluno atividade I.	74
Figura 23: Gráfico do números de alunos com respostas conceitualmente adequadas por questão.	75
Figura 24: Gráfico do número de respostas conceitualmente adequadas por aluno.....	85
Figura 25: Gráfico do número de alunos com respostas conceitualmente adequadas por questão	86

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estrutura das etapas da sequência didática.	59
Quadro 2: Categorias de análise e suas descrições (adaptado de Bardin, 2016)	61
Quadro 3: Conceitos e seus objetivos.	65
Quadro 4: Conhecimentos prévios dos alunos questão 1 atividade I.....	67
Quadro 5: Conhecimentos prévios dos alunos questão 2 atividade I.....	68
Quadro 6: Conhecimentos prévios dos alunos questão 3 atividade I.....	69
Quadro 7: Conhecimentos prévios dos alunos questão 4 atividade I.....	70
Quadro 8: Conhecimentos prévios dos alunos questão 5 atividade I.....	71
Quadro 9: Conhecimentos prévios dos alunos questão 6 atividade I.....	71
Quadro 10: Conhecimentos prévios dos alunos questão 7 atividade I.....	72
Quadro 11: Conhecimentos prévios dos alunos questão 8 atividade I.....	73
Quadro 12: Conhecimentos prévios dos alunos questão 9 atividade I.....	74
Quadro 13: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 1 atividade II.	77
Quadro 14: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 2 atividade II.	78
Quadro 15: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 3 atividade II.	79
Quadro 16: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 4 atividade II.	80
Quadro 17: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 5 atividade II.	81
Quadro 18: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 6 atividade II.	81
Quadro 19: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 7 atividade II.	82
Quadro 20: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 8 atividade II.	83
Quadro 21: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 9 atividade II.....	84
Quadro 22: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 1 atividade III	87
Quadro 23: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 2 atividade III	88
Quadro 24: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 3 atividade III	89

Quadro 25: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 4 atividade III	89
Quadro 26: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 5 atividade III	90
Quadro 27: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 6 atividade III	91

LISTA DE SIGLAS

SI: Sistema Internacional de Unidades

AC: Corrente alternada

DC: Corrente contínua

PCI: Placa de circuito impresso

SD: Sequência didática

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo investigar o ensino de circuitos elétricos por meio de práticas experimentais, utilizando duas abordagens complementares: a simulação virtual com o uso da plataforma *online* Tinkercad e a experimentação real com o uso de uma protoboard física. A pesquisa foi fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, que valoriza os conhecimentos prévios dos alunos como ponto de partida para novas aprendizagens, e utilizou a análise de conteúdo com base na técnica de análise temática de Laurence Bardin. A sequência didática foi estruturada em três atividades principais. A primeira teve como foco a identificação dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre circuitos elétricos, permitindo ao pesquisador compreender os conceitos já assimilados pelos alunos. A segunda atividade buscou avaliar a evolução conceitual dos alunos após a aplicação das aulas experimentais, tanto no ambiente virtual quanto no físico, favorecendo a comparação entre as duas formas de experimentação. Por fim, a terceira atividade foi voltada à identificação das percepções dos alunos sobre as diferenças e semelhanças entre a simulação no Tinkercad e a prática com a protoboard real. A análise das respostas dos estudantes foi realizada com base em unidades de registro organizadas em torno de núcleos de sentido, permitindo a identificação de tendências, compreensões comuns e lacunas conceituais no discurso dos participantes. Os resultados apontaram que a associação entre simulação virtual e experimentação prática favoreceu o desenvolvimento de uma compreensão mais sólida dos conceitos físicos envolvidos, além de aumentar o engajamento dos alunos com a disciplina. Constatou-se também que os estudantes conseguiram estabelecer relações significativas entre teoria e prática, apresentando avanços na compreensão das grandezas elétricas e no funcionamento dos circuitos. A dissertação conclui que a combinação entre diferentes formas de experimentação, aliada a uma abordagem pedagógica centrada na aprendizagem significativa, contribui para a melhoria do ensino de física e para a superação de dificuldades conceituais frequentemente encontradas nesse conteúdo.

Palavras-chave: ensino de física; circuitos elétricos; aprendizagem significativa; Tinkercad; protoboard.

ABSTRACT

This dissertation aims to investigate the teaching of electric circuits through experimental practices, using two complementary approaches: virtual simulation via the online platform Tinkercad and real experimentation using a physical protoboard. The research was based on David Ausubel's theory of meaningful learning, which emphasizes students' prior knowledge as a starting point for new learning, and employed content analysis using Laurence Bardin's thematic analysis technique. The didactic sequence was structured into three main activities. The first focused on identifying students' prior knowledge about electric circuits, allowing the researcher to understand the concepts already assimilated. The second activity aimed to evaluate the students' conceptual development after the experimental lessons, both in the virtual and physical environments, enabling a comparison between the two forms of experimentation. Finally, the third activity sought to identify students' perceptions of the differences and similarities between the Tinkercad simulation and real protoboard practice. The analysis of student responses was carried out based on recording units organized around core meanings, allowing the identification of trends, common understandings, and conceptual gaps in the participants' discourse. The results indicated that the combination of virtual simulation and practical experimentation contributed to the development of a more robust understanding of the physical concepts involved, as well as increased student engagement with the subject. It was also found that students were able to establish meaningful connections between theory and practice, showing progress in their understanding of electrical quantities and circuit functioning. The dissertation concludes that combining different forms of experimentation, along with a pedagogical approach centered on meaningful learning, contributes to improving physics education and overcoming common conceptual difficulties in this subject.

Keywords: physics education; electric circuits; meaningful learning; Tinkercad; protoboard.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA.....	21
2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	23
2.3 O USO DE SIMULADORES VIRTUAIS DE EXPERIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA	25
2.4 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA	27
3 ELETRICIDADE	30
3.1 CORRENTE ELÉTRICA	30
3.2 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA	32
3.3 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA.....	34
3.4 AS LEIS DE OHM.....	38
3.5 CIRCUITOS ELÉTRICOS	39
3.5.1 RESISTORES EM SÉRIE E EM PARALELO	40
3.7 DIFERENÇA DE POTENCIAL	43
3.8 AMPERÍMETRO E VOLTÍMETRO	45
4 SIMULADOR VIRTUAL TINKERCAD E PLACA PROTOBOARD COMO SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICO	49
4.1 O QUE É SIMULADOR TINKERCAD?.....	49
4.2 O QUE É PLACA PROTOBOARD?	51
4.3 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	53
4.4 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	54
5 METODOLOGIA.....	60
5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS.....	60
5.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA	62
5.3 ORGANIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES	62
5.4 DIVISÃO DA METODOLOGIA	63

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	65
5.1 ANÁLISE DAS DA ATIVIDADE I, II e III.	65
5.1.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE I	66
5.1.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE II.....	76
5.1.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE III.....	87
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
REFERENCIAL	95
PRODUTO EDUCACIONAL.....	98

1 INTRODUÇÃO

A educação é um processo evolutivo e dinâmico, e o ensino de Ciências exige abordagens inovadoras para engajar e estimular os alunos. No campo da Física, especificamente no estudo de circuitos elétricos, de acordo com Moreira (2011), o aprendizado teórico muitas vezes pode parecer abstrato e distante da realidade dos estudantes. Por essa razão, torna-se essencial buscar novas estratégias pedagógicas que integrem tecnologia e experimentações práticas, propiciando uma compreensão mais aprofundada e significativa dos conceitos científicos.

Nesse contexto, a utilização da plataforma *online* Tinkercad em conjunto com kits experimentais de prototipagem, como a placa *protoboard*, destaca-se como uma ferramenta valiosa para apoiar o professor na elaboração de atividades interativas e aplicadas no ensino de Física. O Tinkercad é uma plataforma de simulação que permite projetar e testar circuitos elétricos de maneira virtual, enquanto a *protoboard* possibilita a montagem e a validação dos mesmos circuitos no mundo real, utilizando componentes básicos como resistores, geradores, *LEDs*, potenciômetros, amperímetros e voltímetros.

Diante dos desafios de tornar o ensino de circuito elétrico mais acessível e compreensível, a presente pesquisa parte do seguinte problema: como a combinação de simulações virtuais e práticas experimentais pode favorecer uma aprendizagem significativa no estudo de circuitos elétricos no ensino médio? A busca por essa resposta se fundamenta na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1968), segundo a qual “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já conhece. Determine isso e ensine-o de acordo”. Essa perspectiva reforça a importância de alinhar o conhecimento prévio dos alunos a atividades que favoreçam a relação entre teoria e prática.

A sequência didática desenvolvida tem como objetivo principal explorar o funcionamento de circuitos elétricos em várias configurações como circuitos simples com apenas um *LED* ou circuitos em série e em paralelo com resistores, isso permite que os alunos compreendam como diferentes estruturas influenciam grandezas como corrente, tensão e resistência. A proposta é iniciar com simulações virtuais no Tinkercad, onde os estudantes poderão projetar e testar circuitos em um ambiente seguro e controlado. Em seguida, passarão para a montagem prática dos circuitos na *protoboard*, proporcionando uma experiência tátil e concreta. Essa combinação é fundamental para promover uma aprendizagem significativa, pois permite que os alunos conectem os conceitos teóricos às aplicações reais.

Ademais, a sequência didática incluirá momentos de discussão teórica do assunto e debates em grupo, nos quais os alunos poderão compartilhar observações, comparar resultados obtidos nas simulações e nos experimentos reais, e formular explicações científicas para os fenômenos observados.

Dessa forma, a presente dissertação adota uma abordagem qualitativa, com base na análise de três atividades aplicadas durante a sequência didática, envolvendo simulações virtuais, montagem prática dos circuitos e produção de respostas escritas pelos alunos. A análise será orientada pela técnica de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin (Bardin, 2016), buscando identificar indícios de aprendizagem significativa e de compreensão dos conceitos físicos relacionados aos circuitos elétricos. O trabalho está estruturado em 6 capítulos: o primeiro trata da introdução; segundo do referencial teórico e das bases pedagógicas que sustentam a proposta; o terceiro descreve a parte da Física que dá embasamento ao circuito elétrico; o quarto apresenta o simulador Tinkecard e da protoboard; o quinto capítulo vai descrever a análise dos resultados obtidos com a aplicação da sequência didática; e o sexto capítulo traz as considerações finais, destacando os principais achados e possíveis desdobramentos para futuras pesquisas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

Quando os conceitos de Física são ensinados de forma isolada, sem serem relacionados ao conhecimento prévio dos alunos ou à sua realidade cotidiana, a aprendizagem tende a ser mecânica, superficial e pouco duradoura, conforme propõe Ausubel (2003) em sua teoria da aprendizagem significativa.

Diante dessa afirmação, faz-se necessário o uso de uma abordagem com o intuito de tornar o aprendizado mais relevante, como a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS). A TAS no ensino de Física visa tornar os conceitos mais acessíveis e compreensíveis, ajudando os alunos a construir uma estrutura mental sólida e bem organizada para a compreensão dos princípios físicos.

David Paul Ausubel nasceu no dia 25 de outubro de 1918, na cidade de Nova Iorque, nos Estados Unidos. Doutor em Psicologia do Desenvolvimento pela Universidade de Columbia teve notório destaque nas áreas de psicologia do desenvolvimento, psicologia educacional e desenvolvimento do ego. O conceito principal da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa.

De acordo com (Moreira, 1999), na teoria de Ausubel, uma aprendizagem significativa:

É um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, existente na estrutura cognitiva do aluno [...] Ausubel vê o armazenamento de informações no cérebro humano como sendo organizado, formando uma hierarquia conceitual [...] este processo de “ancoragem” da nova informação resulta em crescimento e modificação do conceito subsunçor. (Moreira, 1999, p. 153).

Para (Moreira, 1999), exemplifica na Física como conhecimentos prévios servirão de subsunçores.

Em Física, por exemplo, se os conceitos de força e campo já estiverem na estrutura cognitiva do aluno, eles servirão de subsunçores para novas informações referentes a certos tipos de força e campo como, por exemplo, a força e o campo magnético. (Moreira, 1999, p. 153).

Ausubel enfatiza a importância dos "organizadores prévios", que são conceitos ou ideias introdutórias apresentadas antes do conteúdo principal, servindo como uma ponte entre o que o aluno já sabe e o que precisa aprender. Esses organizadores podem ser comparativos, quando buscam integrar novas informações a conceitos familiares, ou expositivos, quando

introduzem um novo tópico de forma mais ampla e geral. "Os organizadores prévios facilitam a assimilação de novos conhecimentos ao fornecerem pontos de ancoragem na estrutura cognitiva" (Ausubel, 1968, p. 45). Essa estratégia é fundamental para garantir que o aprendiz consiga estabelecer conexões claras e consistentes entre o novo conteúdo e seu conhecimento prévio.

A teoria de Ausubel também destaca a importância da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa. A diferenciação progressiva refere-se ao processo pelo qual os conceitos gerais são gradualmente detalhados e especificados, enquanto a reconciliação integrativa busca resolver contradições ou inconsistências entre ideias já existentes e novas informações. Esses processos garantem que a estrutura cognitiva do indivíduo se torne cada vez mais organizada e hierarquizada, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura. "A diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa são mecanismos essenciais para a construção de uma estrutura cognitiva sólida e coesa" (Ausubel, 1968, p. 67).

Além disso, Ausubel propõe o uso de mapas conceituais como ferramentas para representar visualmente as relações entre conceitos, facilitando a organização e a assimilação do conhecimento. Esses mapas ajudam os aprendizes a visualizar como os novos conceitos se conectam aos já existentes, promovendo uma aprendizagem mais significativa. "Os mapas conceituais são instrumentos poderosos para promover a aprendizagem significativa, pois permitem que os alunos visualizem e organizem suas ideias de forma clara e estruturada" (Novak, 2010, p. 32).

Em resumo, a aprendizagem significativa de Ausubel enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos a conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, utilizando estratégias como organizadores prévios, diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e mapas conceituais. Essa abordagem não apenas facilita a compreensão, mas também promove a retenção e a aplicação do conhecimento em contextos diversos, tornando-se uma base fundamental para práticas educacionais eficazes.

Como afirma Ausubel, "o fator mais importante que influencia a aprendizagem é o que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo" (Ausubel, 1968, p. 89). Essa ideia é especialmente relevante ao ensinar ciências, como a Física, onde é essencial tornar o aluno um sujeito ativo, afastando-se do ensino baseado na decoração e na aplicação mecânica de fórmulas. Para isso, a diferenciação progressiva, proposta por Ausubel, pode ser uma ferramenta valiosa, pois permite que conceitos amplos, como os princípios físicos, sejam gradualmente detalhados e conectados a experiências cotidianas, facilitando a compreensão e

a aplicação prática. A mudança no ambiente de aprendizagem torna-se necessária, buscando novas formas de abordar conceitos já consolidados, mas sob uma perspectiva mais significativa.

Como destaca (Santos, 2013), a aprendizagem profunda ocorre quando os alunos buscam compreender o significado do que estudam, relacionando o conteúdo com aprendizagens anteriores e suas experiências pessoais, o que os leva a avaliar e perseverar até alcançar um grau satisfatório de compreensão. Dessa forma, a teoria de Ausubel, aliada a práticas que valorizam a conexão entre teoria e vivência, oferece um caminho para transformar o ensino de ciências em um processo verdadeiramente significativo e engajador.

2.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A Sequência Didática (SD) é uma abordagem pedagógica que tem como objetivo promover uma aprendizagem mais profunda e significativa. A SD utiliza atividades bem planejadas e organizadas segundo uma estrutura metodológica que visa atingir objetivos educacionais específicos. Segundo Zabala (1998), é fundamental que as atividades estejam encadeadas de maneira coerente e progressiva, permitindo que o aluno construa conhecimentos de forma articulada e contextualizada. Ela geralmente é usada por professores para orientar o processo de ensino em sala de aula.

Para construir um processo de ensino eficaz primeiramente o professor precisa estar atento ao planejamento das atividades. O professor enquanto mediador do conhecimento deverá elaborar suas atividades, buscando matérias para facilitar a aprendizagem dos estudantes, associando aos fenômenos físicos e relacionando com as experiências vividas pelos estudantes no seu dia a dia. Portanto, planejar as atividades associadas a uma sequência didática.

As sequências didáticas, quando utilizadas como estratégias metodológicas diferenciadas, contribuem significativamente para o desenvolvimento das atividades propostas em sala de aula (Pereira et al., 2018; Silva, 2018; Evangelista et al., 2019; Massoline, 2019). No ensino de Física, abordagens pedagógicas inovadoras se tornam ferramentas que beneficiam tanto o processo de ensino-aprendizagem quanto à prática docente, auxiliando na elaboração de planos de ensino mais reflexivos e eficazes (Evangelista et al., 2019).

Para garantir a efetividade dessas estratégias, é fundamental que o professor selecione cuidadosamente as atividades que compõem a sequência didática. Identificar os conhecimentos prévios dos alunos e sua relação com os conteúdos a serem ensinados é essencial para definir a organização das atividades, o tempo de execução de cada etapa e a

relevância do tema para os estudantes (Zabala, 1998). O planejamento estruturado e a progressão lógica das etapas pedagógicas permitem que tanto professores quanto alunos percebam a continuidade dos conteúdos, tornando o aprendizado mais significativo. Conforme (Moreira, 2018), iniciar um conteúdo de Física sem compreender o que os alunos já sabem não é adequado. Dessa forma, atividades diagnósticas exploratórias devem ser aplicadas para que o docente possa desenvolver estratégias educacionais embasadas no conhecimento prévio dos alunos, favorecendo a aprendizagem significativa.

Nesse contexto investigativo, no qual as experiências dos estudantes são a base para o aprendizado, às sequências didáticas desempenham um papel fundamental na potencialização do ensino de Física. Elas atuam como um elemento motivador, permitindo que o aluno assuma um papel ativo na construção do próprio conhecimento (Silva et al., 2018; Massoline, 2019; Batista et al., 2021). Durante as discussões e interações em sala de aula, o professor pode adotar metodologias que incentivem o engajamento dos estudantes, estimulando sua autoconfiança e autonomia no processo de aprendizagem (Uta, 2011). O diálogo constante entre professor e aluno facilita a exposição das concepções prévias dos estudantes e sua reelaboração à luz dos novos conhecimentos (Silva et al., 2014). Nesse sentido, as experiências pessoais, acadêmicas e profissionais dos discentes servem como base para a assimilação de novas informações. Para acessar esses conhecimentos, o professor pode recorrer a entrevistas, questionários, tarefas ou problemas desafiadores, ajustando a sequência didática conforme necessário para melhor atender às demandas dos alunos (Miras, 1999).

De modo geral, o professor deve considerar qual abordagem é mais adequada para alcançar determinados objetivos pedagógicos. Diferentes propostas didáticas proporcionam variadas oportunidades de aprendizado para os estudantes, ao mesmo tempo em que permitem ao docente analisar e avaliar os processos de ensino-aprendizagem. É essencial compreender as potencialidades e limitações de cada proposta e selecionar, a cada momento, as sequências didáticas que melhor atendam às necessidades educacionais dos alunos (Zabala, 1998). Além de explorar os conhecimentos prévios dos estudantes, o professor deve utilizar materiais didáticos coerentes, tanto do ponto de vista lógico quanto conceitual, garantindo que sejam estruturalmente organizados e apresentem um nível crescente de complexidade (Moreira, 2011).

A escolha dos materiais didáticos pode variar de acordo com a natureza dos conteúdos, os diferentes suportes disponíveis e suas vantagens e limitações. Embora existam materiais curriculares com guias pedagógicos, eles não substituem a atuação ativa do professor e dos alunos na construção do conhecimento. Quando bem utilizados, os recursos

didáticos enriquecem a prática docente e potencializam o processo de ensino-aprendizagem (Zabala, 1998). Entre os materiais potencialmente significativos, destacam-se slides, vídeos, demonstrações experimentais, problemas contextualizados e simulações computacionais (Silva et al., 2014). No que se refere às tecnologias educacionais, sua aplicação de maneira crítica e planejada pode tornar as aulas mais dinâmicas e interessantes. Ainda que não solucionem todos os desafios da educação, as tecnologias possibilitam um ambiente mais interativo, favorecendo a relação entre professor, aluno e conhecimento (Nascimento, 2017).

A incorporação das novas tecnologias no ensino tem desempenhado um papel crucial na conservação e disseminação da informação, tornando o processo de ensino-aprendizagem mais acessível e dinâmico. As plataformas de experimentação virtual, aliadas aos experimentos físicos reais, oferecem aos alunos uma abordagem integrada, permitindo a visualização e manipulação de conceitos abstratos de forma interativa.

Esse modelo híbrido de ensino favorece a compreensão dos fenômenos físicos ao possibilitar a correlação entre teoria e prática, ampliando as oportunidades de aprendizagem. Além disso, a utilização de ambientes virtuais contribui para a experimentação sem as limitações impostas por restrições de espaço, tempo ou recursos materiais. Dessa forma, ao integrar ferramentas digitais ao ensino de Física, os educadores potencializam a construção do conhecimento dos estudantes, promovendo um aprendizado mais significativo e alinhado às exigências contemporâneas (Silva et al., 2018; Nascimento, 2017; Batista et al., 2021).

2.3 O USO DE SIMULADORES VIRTUAIS DE EXPERIMENTO NO ENSINO DE FÍSICA

O ensino de Física enfrenta desafios relacionados à abstração e à dificuldade dos alunos em conectar conceitos teóricos com aplicações práticas. Nesse contexto, os simuladores virtuais de experimentos têm emergido como ferramentas pedagógicas valiosas. Eles oferecem um ambiente interativo no qual os estudantes podem explorar conceitos e realizar experimentos de forma segura e econômica. Conforme salientado por (Teodoro, 2017):

Os simuladores virtuais permitem que os alunos desenvolvam habilidades práticas e investigativas, ao mesmo tempo em que possibilitam uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos. Esses recursos são especialmente úteis em ambientes onde os equipamentos laboratoriais tradicionais são escassos ou inexistentes (Teodoro 2017, p. 34).

Essa perspectiva reforça a ideia de que os simuladores podem preencher lacunas existentes no ensino de Física. De acordo com (Coelho, 2002), a interatividade proporcionada por esses simuladores estimula o aprendizado ativo, promovendo uma aprendizagem

significativa ao relacionar os conceitos estudados com aplicações práticas. Essa abordagem é compatível com a teoria de Ausubel, que destaca a importância de ancorar novos conhecimentos em estruturas cognitivas prévia.

O uso de plataformas como o Tinkercad, PhET e Algodoo permite a simulação de experimentos com alta fidelidade, possibilitando aos alunos manipular variáveis e observar os efeitos em tempo real. Para (Silva ; Santos, 2020):

A utilização de simuladores no ensino de Física não apenas desperta o interesse dos alunos, mas também amplia a compreensão dos conceitos abordados. Os alunos têm a oportunidade de experimentar e aprender com erros em um ambiente seguro, o que promove uma aprendizagem mais dinâmica e colaborativa (Silva ; Santos 2020, p. 92).

Além disso, os simuladores podem ser utilizados como ferramentas complementares em aulas presenciais, permitindo que os professores demonstrem experimentos complexos ou inviáveis no contexto escolar tradicional. Segundo (Souza, 2019), os simuladores ajudam a superar barreiras de custo e espaço, democratizando o acesso a experimentos de alta qualidade e alinhados com o currículo escolar. Essa acessibilidade se traduz em um ensino mais inclusivo, pois possibilita que alunos de diferentes realidades socioeconômicas tenham contato com experimentos que, de outra forma, seriam inviáveis.

A implementação dessas ferramentas também promove o desenvolvimento de habilidades analíticas e críticas nos alunos. Quando os estudantes interagem com os simuladores, eles são incentivados a formular hipóteses, testar variáveis e analisar resultados, aproximando-se do método científico. Segundo (Lima, 2021), essa abordagem fortalece a autonomia dos alunos e estimula o raciocínio lógico, tornando o aprendizado mais significativo. A possibilidade de repetição dos experimentos sem restrições de tempo ou materiais físicos permite que os estudantes revisitem conceitos sempre que necessário, consolidando o conhecimento adquirido.

Além do impacto no aprendizado, o uso dos simuladores contribui para a formação de professores, pois oferece uma ferramenta didática versátil e acessível. Conforme apontam (Almeida; Costa, 2022), os docentes podem utilizar essas plataformas para preparar aulas mais dinâmicas, adaptar conteúdos às necessidades específicas das turmas e explorar novas metodologias de ensino. O uso combinado de experimentação virtual e física proporciona uma experiência mais rica, pois permite a comparação entre os resultados obtidos digitalmente e aqueles observados em laboratório.

Outro aspecto relevante é a gamificação presente em muitos simuladores, que aumenta o engajamento dos alunos. De acordo com (Ferreira, 2020), elementos como desafios, recompensas e *feedbacks* imediatos estimulam a motivação dos estudantes, tornando o aprendizado mais envolvente. Essa característica é especialmente importante para captar o interesse dos alunos que têm dificuldades com abordagens tradicionais do ensino de Física.

Além disso, os simuladores virtuais no ensino de Física podem melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos complexos. Por exemplo, a pesquisa de (Hamza-Lup; Kocadag, 2019) demonstrou que a incorporação de simulações interativas em cursos de Física aumentou o interesse e a imersão dos estudantes, especialmente daqueles que enfrentam dificuldades com métodos tradicionais de ensino (Hamza-lup; Kocadag, 2019). Além disso, (Yechkalo, 2018) destaca que as ferramentas de simulação computacional não apenas facilitam a compreensão de fenômenos físicos, mas também contribuem para o desenvolvimento intelectual dos alunos, promovendo habilidades de modelagem e pensamento crítico. Portanto, a integração de simuladores virtuais no ensino de Física não só torna o aprendizado mais acessível e envolvente, mas também prepara os estudantes para enfrentar desafios científicos e tecnológicos em suas futuras carreiras.

Diante disso, ficam evidentes que os simuladores virtuais são recursos fundamentais para o ensino de Física no século XXI. Eles não apenas enriquecem a experiência de aprendizado, mas também promovem a inclusão, a autonomia e o desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas. O avanço das tecnologias educacionais aponta para um futuro em que essas ferramentas serão cada vez mais integradas ao ensino, proporcionando um aprendizado mais eficiente e acessível para todos os estudantes.

2.4 A IMPORTÂNCIA DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

A experimentação desempenha um papel central no ensino de Física, pois conecta teoria e prática, proporcionando aos estudantes uma compreensão mais profunda dos conceitos abordados. Segundo (Hodson, 1994), a prática experimental não apenas auxilia na validação das teorias científicas, mas também incentiva o desenvolvimento de habilidades como observação, análise crítica e resolução de problemas. Esse aspecto é essencial para tornar o aprendizado mais significativo e aplicável ao cotidiano dos alunos.

Para (Carvalho; Gil-Pérez, 2006):

A experimentação é um elemento fundamental no ensino de ciências, pois promove a formação de uma atitude investigativa nos estudantes. Além disso, contribui para o desenvolvimento de competências cognitivas superiores, como a capacidade de formular hipóteses, testar ideias e interpretar resultados de forma crítica (Gil-pérez, 2006, P. 53).

Essa perspectiva destaca como a realização de atividades experimentais favorece a construção do conhecimento por meio da interação direta com os fenômenos naturais, permitindo que os alunos compreendam as leis físicas de maneira prática e contextualizada. Além disso, a experimentação também tem um papel motivacional importante. Segundo (Santos; Mortimer, 2002), os experimentos despertam o interesse dos alunos ao apresentar situações reais que ilustram os princípios teóricos discutidos em sala de aula. Essa abordagem torna o ensino mais dinâmico e engajador, especialmente em temas considerados abstratos.

Segundo (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), o ensino de ciências por investigação, no qual a experimentação tem papel central, proporciona aos alunos o contato direto com a construção do conhecimento científico, estimulando a curiosidade e a autonomia intelectual. Para os autores, “é necessário que o professor crie condições para que o aluno participe ativamente da elaboração de explicações para os fenômenos observados (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002, p. 97)”.

Para trabalhar isso de forma concreta em sala de aula pode-se fazer o uso de kits experimentais para o ensino de ciências, em especial o de Física. Para Lima e Silva (2018):

A utilização de kits experimentais em sala de aula permite aos alunos explorar conceitos de forma prática, ao mesmo tempo em que reforça o aprendizado teórico. Essa integração entre o concreto e o abstrato é essencial para o desenvolvimento de uma compreensão científica sólida (LIMA; SILVA, 2018, P. 22).

Afonso (2013) reforça que a experimentação em Física deve ser utilizada como ferramenta reflexiva, capaz de promover discussões, hipóteses e novas investigações, e não apenas como demonstração de leis já conhecidas. Para ele, “tratar o experimento como processo investigativo amplia seu potencial educativo, estimulando o pensamento crítico e criativo (Afonso, 2013, p. 41)”.

A Base Nacional comum curricular BNCC (Brasil, 2018) também valoriza a aprendizagem baseada em problemas e a investigação científica no ensino de Ciências da Natureza. Ela propõe que os estudantes desenvolvam competências como a argumentação científica, o raciocínio lógico e a capacidade de resolver situações problema, todas elas promovidas pela prática experimental.

Por fim, a experimentação no ensino de Física promove uma aprendizagem ativa e contextualizada, alinhando-se às demandas contemporâneas da educação. Ela não apenas prepara os estudantes para os desafios acadêmicos e profissionais, mas também contribui para a formação de cidadãos críticos e participativos, capazes de aplicar os conhecimentos científicos em diferentes situações do cotidiano.

3 ELETRICIDADE

3.1 CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica é um dos conceitos fundamentais no estudo da eletricidade e desempenha um papel central na compreensão de fenômenos naturais e na aplicação tecnológica de circuitos elétricos. Ela é definida como o movimento ordenado de partículas carregadas do tipo elétrons, através de um material condutor, impulsionado por uma diferença de potencial elétrica aplicada. Segundo (Nussenzveig, 2012), a corrente elétrica pode ser expressa matematicamente como:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad \text{Equação (3.1)}$$

Onde dq representa a quantidade de carga que atravessa uma seção transversal de um condutor durante o intervalo de tempo dt . Essa definição enfatiza a relação entre o fluxo de carga e o tempo, estabelecendo uma base quantitativa para sua análise. A unidade de corrente elétrica no Sistema Internacional de Unidades SI é o ampère. Um ampère é definido como um Coulomb por segundos ($1A = 1C/s$).

Para os autores (Halliday; Resnick, 2018) destacam que o fluxo de cargas em um condutor metálico ocorre devido à presença de um campo elétrico $\vec{E}$ gerado pela diferença de potencial, que fornece a energia necessária para que os elétrons livres no material se movimentem de forma ordenada. O movimento ocorre de forma ordenada na presença do campo elétrico. De acordo com (Sears; Zemansky, 2020), uma partícula carregada (como um elétron livre) no interior do material condutor é submetida a uma força estacionária $\vec{F}$ que definimos como:

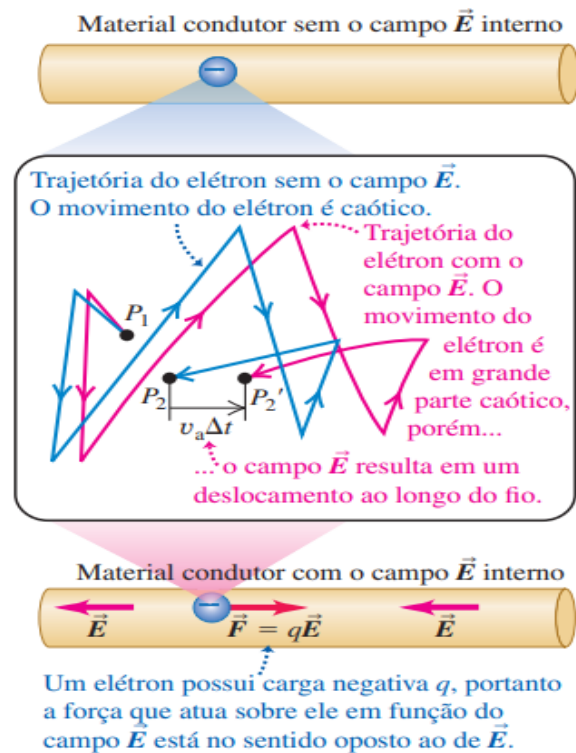
$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad \text{Equação (3.2)}$$

Onde $\vec{F}$ é a força, q é a carga elétrica e $\vec{E}$ é o campo elétrico.

Caso a referida carga estivesse no vácuo, a força estacionária agiria para produzir uma aceleração constante na mesma direção da força. Após certo intervalo de tempo, essa carga se deslocaria nessa mesma direção com uma velocidade maior. Entretanto, quando partículas carregadas se movem dentro de um condutor, elas frequentemente sofrem colisões com os íons grandes do material, que permanecem praticamente imóveis. O efeito do campo elétrico faz com que, além do movimento aleatório das partículas carregadas, ocorra também um

deslocamento muito lento, conhecido como movimento de arraste, de um grupo dessas partículas na direção da força elétrica. Esse movimento é caracterizado pela chamada velocidade de arraste das partículas $\vec{v}_a$. Como consequência, surge uma corrente elétrica no condutor. A figura 1 mostra o que acontece no interior do condutor quando não há campo elétrico e quando o campo elétrico ligado.

Figura 1: Corrente elétrica no condutor com a presença do campo elétrico e sem a presença do campo elétrico



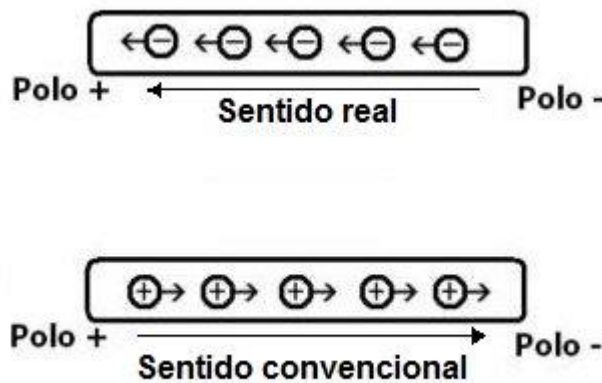
Fonte: Adaptado de YOUNG; FREEDMAN, 2015.

O movimento desses elétrons é contrariado pelas colisões com os átomos do material, que dissipam parte da energia como calor. Esse fenômeno está diretamente relacionado à resistência do material, um parâmetro que será explorado em outros contextos.

Já o fluxo de corrente elétrica é um conceito fundamental na Física, podendo ser analisado sob duas perspectivas: o sentido convencional e o sentido real. O sentido convencional da corrente elétrica foi estabelecido historicamente antes da descoberta do elétron e define que a corrente flui do polo positivo para o polo negativo de uma fonte de tensão. Esse conceito foi adotado por conveniência e é amplamente utilizado em circuitos elétricos, como descrito por (Halliday; Resnick; Walker, 2012, p. 755): "O sentido convencional da corrente é aquele em que cargas positivas se moveriam, mesmo que, na realidade, sejam os elétrons que se deslocam". Por outro lado, o sentido real da corrente

elétrica refere-se ao movimento dos portadores de carga, que, em condutores metálicos, são os elétrons, que se movem do polo negativo para o polo positivo. Esse comportamento é explicado por (Tipler; Mosca, 2009, p. 802): "Em condutores metálicos, a corrente elétrica é devida ao movimento dos elétrons, que têm carga negativa e, portanto, se movem no sentido oposto ao da corrente convencional". A figura 2 demonstra esse comportamento.

Figura 2: Sentido real e convencional da corrente elétrica



Fonte: Disponível em: <https://hangarmma.com.br/blog/sentido-convencional-e-sentido-real-da-corrente-eletrica/>. Acesso em: 05 novembro 2024.

A distinção entre esses dois sentidos é crucial para a compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos e dos fenômenos eletromagnéticos, embora, na prática, a adoção do sentido convencional não afete os cálculos e análises de circuitos. A escolha do sentido convencional simplifica a modelagem matemática, enquanto o sentido real reflete a natureza física do movimento das cargas. Ambos os conceitos são complementares e essenciais para o estudo da eletricidade e do magnetismo.

3.2 DENSIDADE DE CORRENTE ELÉTRICA

Para (Halliday; Resnick, 2008) define que a densidade de corrente $\vec{j}$ fornece uma descrição detalhada do comportamento da corrente em diferentes partes de um circuito.

Definimos a densidade de corrente como:

$$i = \int \vec{j} \cdot d\vec{A} \quad \text{Equação (3.3)}$$

Se a corrente é uniforme em toda a superfície e paralela a $d\vec{A}$, $\vec{J}$ também é uniforme e paralelo a $d\vec{A}$. Então, a equação 3.3 se torna:

$$i = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} = J \int dA = JA \quad \text{Equação (3.4)}$$

E, portanto:

$$J = \frac{i}{A} \quad \text{Equação (3.5)}$$

Onde A é a área total da superfície. A unidade de densidade de corrente no SI é o ampère por metro quadrado (A/m^2)

Outro aspecto importante discutido por (Sears; Zemansky, 2020) é a relação entre corrente elétrica e os tipos de materiais condutores. Os metais, por exemplo, possuem uma grande quantidade de elétrons livres que contribuem para uma condutividade elevada, enquanto materiais como semicondutores apresentam características dependentes de fatores externos, como temperatura e dopagem. Esse comportamento é essencial para o desenvolvimento de dispositivos eletrônicos modernos, incluindo transistores e diodos. A compreensão das propriedades dos materiais é fundamental para aplicações tecnológicas e industriais que envolvem o controle e a manipulação da corrente elétrica.

Adicionalmente, (Halliday; Resnick, 2018) afirmam que, em circuitos elétricos práticos, a corrente elétrica é mantida por uma fonte de força eletromotriz, como uma bateria, que converte energia química em energia elétrica. A corrente contínua (DC) e a corrente alternada (AC) representam os dois principais tipos de corrente elétrica, sendo amplamente utilizadas em diferentes contextos. Enquanto a corrente contínua flui em uma única direção, a corrente alternada muda periodicamente de direção, possibilitando, aplicações como a transmissão de energia em longas distâncias.

Em síntese, a corrente elétrica é um fenômeno que conecta aspectos microscópicos, como o movimento de elétrons, às aplicações macroscópicas, como o funcionamento de dispositivos elétricos. A sua análise detalhada, fundamentada em princípios teóricos e experimentais, é essencial para o avanço da ciência e da tecnologia. Como destacam (Halliday; Resnick, 2018), e (Sears; Zemansky, 2020), o estudo da corrente elétrica é uma base sólida para a compreensão de fenômenos mais complexos em eletricidade e magnetismo.

3.3 RESISTÊNCIA E RESISTIVIDADE ELÉTRICA.

A densidade de corrente em um condutor é influenciada pelo campo elétrico aplicado e pelas características específicas do material. Em muitos casos, essa relação é bastante complexa. No entanto, para alguns materiais, especialmente os metálicos, e em uma temperatura fixa, a densidade de corrente é praticamente proporcional ao campo elétrico. Nesse caso, a razão entre os módulos do campo elétrico $\vec{E}$ e da densidade de corrente $\vec{J}$ permanece constante. Essa proporcionalidade é conhecida como lei de Ohm, cuja descrição será apresentada posteriormente.

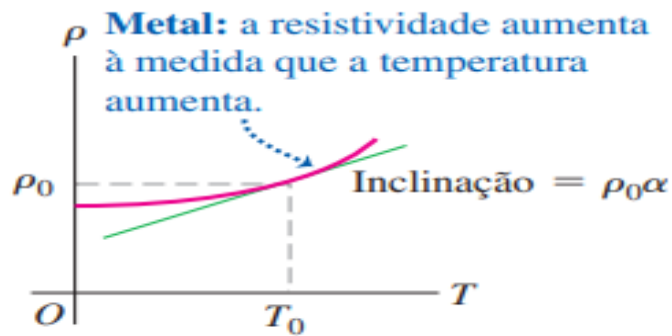
Definimos a resistividade ρ de um material como a razão entre o módulo do campo elétrico e o módulo da densidade de corrente.

$$\rho = \frac{E}{J} \quad \text{Equação (3.6)}$$

Um aumento na resistividade implica que será necessário um campo elétrico mais intenso para gerar uma densidade de corrente específica ou, alternativamente, que uma densidade de corrente menor será produzida para um campo elétrico de mesma intensidade. A unidade da resistividade no SI é o $(V/m) / (A/m^2) = \frac{V \cdot A}{m}$. Como será visto posteriormente, 1 V/A denomina-se ohm que unidade de resistência elétrica que carrega a letra grega Ω .

A temperatura também influencia significativamente a resistividade. De acordo com (Tipler; Mosca, 2015, p. 752), “em metais, a resistividade aumenta aproximadamente de forma linear com a temperatura, devido ao aumento das colisões entre os elétrons de condução e os átomos do material, o que dificulta o fluxo ordenado de cargas”. A figura 3 mostra esse comportamento da resistividade versus a temperatura. Esse fenômeno dificulta o movimento dos elétrons pelo condutor, reduzindo assim a corrente elétrica. Para variações de temperatura menores (em torno de até 100 °C), a resistividade de um metal pode ser expressa de forma aproximada pela equação.

Figura 3: Aumento da resistividade com o aumento da temperatura



Fonte: Adaptado de YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Essa variação pode ser descrita pela equação abaixo:

$$\rho(T) = \rho_0[1 + \alpha(T - T_0)] \quad \text{Equação (3.7)}$$

Em que ρ_0 é a resistividade em uma temperatura de referência T_0 , T é a temperatura em questão, e α é o coeficiente de temperatura do material.

Segundo (Sears; Zemansky; Young, 2015), a resistividade é útil para comparar diferentes materiais de forma independente de suas dimensões físicas, o que permite classificar condutores, isolantes e semicondutores. Condutores, como cobre e prata, possuem resistividade muito baixa, enquanto isolantes, como borracha, apresentam valores extremamente elevados.

Para (Halliday; Resnick, 2008) destacam que a resistência de um material é influenciada não apenas pela resistividade intrínseca, mas também pelas condições de operação, como temperatura e intensidade de corrente aplicada, especialmente em dispositivos como resistores e fios condutores. Segundo (Halliday; Resnick, 2008, p. 315), “em aplicações práticas, é fundamental considerar o efeito do aquecimento na resistência, principalmente em correntes elevadas”.

Além disso, para (Sears; Zemansky e Young, 2015) a resistividade é um parâmetro essencial para o desenvolvimento de tecnologias em semicondutores, nos quais pequenas variações na resistividade podem alterar significativamente o comportamento elétrico de dispositivos, como diodos e transistores. A compreensão detalhada desses conceitos é fundamental para o projeto de circuitos elétricos eficientes e seguros, sendo amplamente aplicada na engenharia e na física.

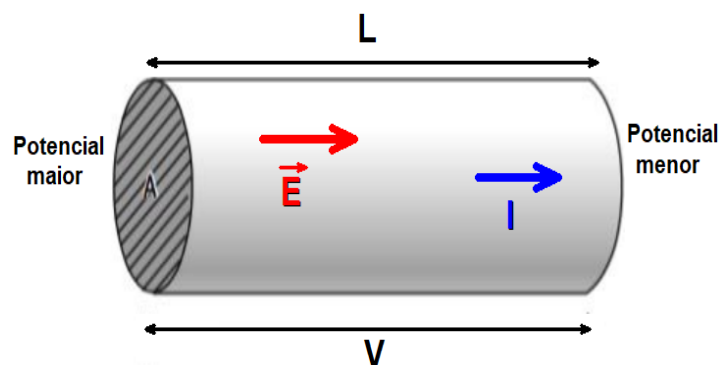
Para um condutor com resistividade ρ , a densidade de corrente em um ponto $\vec{J}$, associada a um campo elétrico $\vec{E}$, é descrita pela Equação 3.8, que pode ser expressa como.

$$\vec{E} = \rho \cdot \vec{J} \quad \text{Equação (3.8)}$$

Quando a lei de Ohm é aplicável, a resistividade ρ se mantém constante e não depende da intensidade do campo elétrico, sendo, portanto, diretamente proporcional a $\vec{J}$. Entretanto, o foco usual está em determinar a corrente total I que percorre o condutor, em vez do valor específico de $\vec{J}$, assim como em conhecer a diferença de potencial V entre as extremidades do condutor, ao invés do campo elétrico $\vec{E}$. Isso ocorre porque medir a corrente e a diferença de potencial é mais simples e prático do que medir $\vec{J}$ e $\vec{E}$.

Considere um condutor em forma de fio com comprimento L e área de seção reta uniforme A , conforme ilustrado na Figura 4. Seja V a diferença de potencial entre a extremidade de maior potencial e a de menor potencial, de modo que V seja um valor positivo. A corrente elétrica sempre se desloca da extremidade de maior potencial para a de menor potencial. Isso acontece porque a corrente em um condutor segue a direção do vetor campo elétrico $\vec{E}$, independentemente do sinal das cargas em movimento, e porque o vetor $\vec{E}$ aponta no sentido da redução do potencial elétrico. À medida que a corrente atravessa a diferença de potencial, há uma perda de energia potencial elétrica, que é transferida para os íons do material condutor durante as colisões.

Figura 4: Condutor com seção reta uniforme.



Fonte adaptada de <https://www.coladaweb.com/wp-content/uploads/2019/01/20190115-ohm6.jpg>.

Acesso em: 12 dezembro 2024.

Além disso, é possível relacionar a intensidade da corrente I com a diferença de potencial V nas extremidades do condutor. Assumindo que a densidade de corrente $\vec{J}$ e o campo elétrico $\vec{E}$ seja uniforme ao longo do condutor, a corrente total I pode ser expressa como:

$$I = J \cdot A \quad \text{Equação (3.9)}$$

E a diferença de potencial V entre as extremidades é dada por:

$$V = E \cdot L \quad \text{Equação (3.10)}$$

Resolvendo essas equações para o módulo de E e o módulo de J e substituindo esses valores na Equação 3.8, obtemos uma relação que conecta essas grandezas, demonstrando a dependência entre a corrente, o campo elétrico e a diferença de potencial no condutor, obtemos:

$$V = \frac{\rho \cdot L}{A} \cdot I \quad \text{Equação (3.11)}$$

O resultado obtido anteriormente indica que, mantendo a resistência ρ constante, a corrente elétrica total I varia de forma diretamente proporcional à diferença de potencial V . A relação entre V e I em um determinado condutor é chamada de resistência elétrica R .

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Equação (3.12)}$$

Substituindo $V=R \cdot I$ da equação 3.12 na equação 3.11 obtemos:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A} \quad \text{Equação (3.13)}$$

A equação 3.11 e a equação 3.12 são chamadas de 1º e 2º lei de Ohm, respectivamente. No entanto, é fundamental compreender que o verdadeiro sentido da Lei de Ohm está na indicação de uma relação diretamente proporcional (em certos materiais) entre V e I , ou entre J e E . As Equações 3.12 ou 3.13 servem para definir a resistência R de qualquer

condutor, independentemente de ele seguir ou não a Lei de Ohm. Contudo, essa relação só pode ser corretamente chamada de Lei de Ohm quando R permanece constante.

3.4 AS LEIS DE OHM

As Leis de Ohm são fundamentais para o estudo de circuitos elétricos e ocupam um papel central na eletricidade e no eletromagnetismo. Essas leis, formuladas pelo físico alemão Georg Simon Ohm em 1827, descrevem as relações entre tensão, corrente e resistência elétrica em materiais condutores, sendo aplicadas amplamente tanto na teoria quanto em práticas experimentais e tecnológicas. A primeira Lei de Ohm afirma que a corrente elétrica que atravessa um condutor é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada em suas extremidades, desde que a temperatura do material permaneça constante. A relação matemática que expressa essa lei é:

$$V = R.I \quad \text{Equação (3.14)}$$

Onde V é a tensão elétrica, R é a resistência elétrica do condutor e i é a corrente elétrica. (Halliday; Resnick e Walker, 2014, p. 710) destacam que "essa relação define a resistência de um componente como o quociente entre a diferença de potencial aplicada e a corrente resultante".

A segunda Lei de Ohm complementa a primeira ao relacionar a resistência de um material às suas propriedades físicas e geométricas. Essa resistência depende da resistividade do material (ρ), do comprimento do condutor (L) e da área de sua seção transversal (A), sendo calculada pela equação:

$$R = \frac{\rho.L}{A} \quad \text{Equação (3.15)}$$

Para (Young; Freedman, 2017, p. 759) explicam que "a resistividade é uma propriedade intrínseca do material, variando com fatores como temperatura e composição atômica". A segunda lei mostra, por exemplo, que condutores mais longos ou mais finos apresentam maior resistência, enquanto materiais com baixa resistividade, como os metais, facilitam o fluxo de corrente elétrica.

Embora amplamente aplicáveis, as Leis de Ohm possuem limitações. Nem todos os materiais seguem um comportamento ôhmico, ou seja, a proporcionalidade direta entre tensão

e corrente. Exemplos incluem semicondutores e dispositivos como diodos, que apresentam relações não lineares. Para (Tipler; Mosca, 2020, p. 874) afirmam que "materiais não ôhmicos exibem características elétricas dependentes de outros fatores, como intensidade de campo elétrico e polaridade". Além disso, mesmo em materiais ôhmicos, a temperatura pode alterar a resistividade e, conseqüentemente, a resistência elétrica.

As aplicações das Leis de Ohm são diversas, sendo essenciais no dimensionamento e análise de circuitos elétricos, cálculo de potência dissipada e diagnóstico de problemas em sistemas eletrônicos. Em experimentos laboratoriais, elas servem como ponto de partida para estudar fenômenos elétricos e verificar a linearidade dos condutores. Para (Halliday; Resnick e Walker, 2014) enfatizam que essas leis "são pilares do estudo da física elétrica, fornecendo as bases para entender circuitos simples e complexos". Dessa forma, o domínio das Leis de Ohm é imprescindível para o avanço em disciplinas de engenharia elétrica, eletrônica e física aplicada.

3.5 CIRCUITOS ELÉTRICOS

Os circuitos elétricos são a base para o funcionamento de uma ampla gama de dispositivos e sistemas tecnológicos, sendo encontrados em praticamente todos os aspectos do cotidiano. Desde os aparelhos domésticos até os sistemas de transmissão de energia elétrica, os circuitos desempenham um papel essencial na conversão, transmissão e utilização da energia elétrica. Segundo (Sears; Zemansky e Young, 2015), tanto os circuitos conectados por fios como os impressos integrados em um chip semicondutor, todos geralmente incluem diversas fontes, resistores e outros elementos interconectados em uma rede.

Os circuitos elétricos podem ser encontrados em diversos contextos práticos. Na esfera doméstica, eles são responsáveis pela alimentação de aparelhos como lâmpadas, televisores e computadores, enquanto na indústria, permitem o funcionamento de motores, robôs e outros equipamentos complexos. Conforme (Halliday ; Resnick, 2014), a construção de circuitos envolve a combinação de elementos como resistores, capacitores, indutores, fontes de energia e dispositivos de controle, como chaves e relés. Esses componentes são conectados por meio de condutores, geralmente fios de cobre ou outros materiais de alta condutividade elétrica, que garantem o transporte eficiente da corrente.

O planejamento e a construção de circuitos obedecem a princípios básicos da eletricidade e da eletrônica. (Tipler ; Mosca, 2015) destacam que a organização dos componentes em série ou paralelo influencia diretamente o comportamento do circuito, como

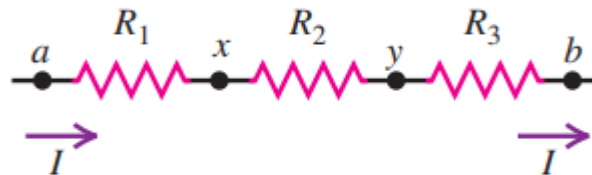
a distribuição da corrente e da tensão. Vamos analisar a seguir circuitos em série e em paralelo com resistores para entender essa distribuição da corrente e da voltagem.

3.5.1 RESISTORES EM SÉRIE E EM PARALELO

Os resistores são componentes essenciais em circuitos elétricos, desempenhando a função de limitar a corrente elétrica e controlar a tensão em diferentes partes de um sistema. Sua associação em série ou em paralelo é amplamente utilizada em aplicações tecnológicas, sendo fundamental para o funcionamento de dispositivos eletrônicos e sistemas elétricos mais complexos. Segundo (Nussenzveig, 2015), os resistores, elementos que oferecem resistência ao fluxo de corrente, são encontrados em uma variedade de contextos, desde aparelhos domésticos até equipamentos industriais.

Para entender como se configura um circuito em série com resistores considere três resistores R_1 , R_2 e R_3 como mostrado na figura 5. Eles estão conectados no mesmo fio entre a extremidade a e b.

Figura 5: Circuito em série com três resistores R_1 , R_2 e R_3 .



Fonte: Adaptado de YOUNG; FREEDMAN, 2015.

Podemos determinar relações gerais para calcular a resistência equivalente em combinações de resistores conectados em série ou em paralelo. No caso de resistores dispostos em série, como ilustrado na Figura 5, a corrente I deve ser idêntica em todos os resistores. Aplicando a equação 3.14 para cada resistor, obtemos:

$$V_{ax} = I \cdot R_1, \quad V_{xy} = I \cdot R_2, \quad e \quad V_{yb} = I \cdot R_3 \quad \text{Equação (3.16)}$$

A tensão nos terminais dos resistores não precisa ser igual (a menos que, em uma situação específica, todas as três resistências sejam idênticas). A tensão total V_{ab} aplicada à combinação completa é obtida somando as tensões individuais em cada resistor. Dessa forma, obtemos:

$$V_{ab} = V_a + V_{xy} + V_{yb} = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3) \quad \text{Equação (3.17)}$$

Logo,

$$\frac{V_{ab}}{I} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{Equação (3.18)}$$

A resistência equivalente R_{eq} é definida como a razão entre V_{ab} e I . Assim,

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad \text{Equação (3.19)}$$

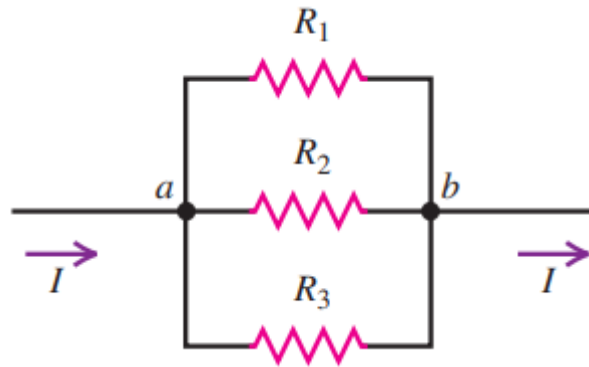
É simples estender o resultado anterior para qualquer quantidade de resistores:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \dots, \quad \text{Equação (3.20)}$$

A resistência equivalente de resistores conectados em série corresponde à soma de todas as resistências individuais. Essa resistência equivalente sempre será maior do que qualquer uma das resistências consideradas isoladamente.

Agora quando resistores são conectados em paralelo, como ilustrado na Figura 6, as correntes que percorrem cada resistor podem ser diferentes entre si. No entanto, a tensão aplicada nos terminais de cada resistor deve ser a mesma e igual a V_{ab} . Denotando as correntes que atravessam os resistores como I_1 , I_2 e I_3 , aplicando a relação $I = \frac{V}{R}$ para determinar os valores de cada uma.

Figura 6: Resistores em paralelo



Fonte: Adaptado de YOUNG; FREEDMAN, 2015.

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1}, \quad I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} \quad \text{e} \quad I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3} \quad \text{Equação (3.21)}$$

De modo geral, a corrente que atravessa cada resistor pode variar. No entanto, como não é possível que haja acúmulo ou remoção de carga no ponto a a corrente total I deve corresponder à soma das três correntes que fluem através dos resistores.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{Equação (3.22)}$$

Usando as equações 3.21 e 3.22;

$$I = V_{ab} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \rightarrow \frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \text{Equação (3.23)}$$

Onde definimos a R_{eq} como:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots, \quad \text{Equação (3.24)}$$

A resistência equivalente em uma conexão em paralelo é determinada pelo inverso de sua soma, sendo igual à soma dos inversos das resistências individuais. Além disso, o valor da resistência equivalente será sempre inferior ao menor valor entre as resistências individuais. Para um caso especial de dois resistores apenas a equação 3.24 se reduz na forma:

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

Então,

$$R_{eq} = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2} \quad \text{Equação (3.25)}$$

Dessa forma, os resistores, tanto em série quanto em paralelo, são amplamente utilizados em aplicações tecnológicas. Em circuitos eletrônicos, como os encontrados em placas de computadores e dispositivos móveis, eles controlam o fluxo de corrente para evitar danos aos componentes sensíveis. Além disso, em sistemas de áudio, os resistores em série são usados para ajustar os níveis de som em diferentes partes do circuito, enquanto resistores em paralelo ajudam a estabilizar a corrente em amplificadores.

No campo industrial, essas associações são encontradas em sistemas de controle de motores, onde resistores ajudam a regular a tensão e a corrente para ajustar a velocidade e o torque. Segundo (Sears et al. 2019), outra aplicação importante ocorre em redes de distribuição elétrica, onde os resistores auxiliam no balanceamento de cargas, melhorando a eficiência e a estabilidade do sistema.

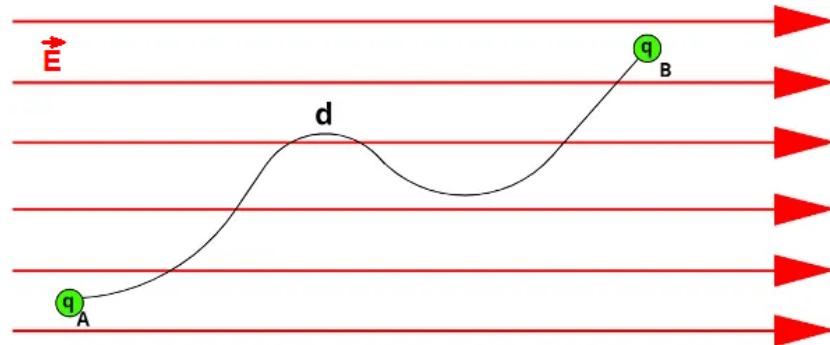
Além das aplicações práticas, o estudo das associações de resistores é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias inovadoras. Como destacado por (Halliday ; Resnick, 2008), a análise dessas configurações permite aperfeiçoar o desempenho de sistemas elétricos e eletrônicos, contribuindo para avanços em áreas como telecomunicações, automação e energia renovável.

Portanto, os resistores em série e em paralelo são elementos indispensáveis para a construção de circuitos elétricos funcionais e eficientes. Suas aplicações abrangem desde dispositivos eletrônicos de uso cotidiano até sistemas industriais de grande escala. O estudo detalhado dessas configurações, baseado nas contribuições de autores renomados, é essencial para o entendimento das tecnologias modernas e para o desenvolvimento de soluções energéticas mais sustentáveis e eficazes.

3.7 DIFERENÇA DE POTENCIAL

A diferença de potencial elétrico, também conhecida como tensão elétrica, é um conceito fundamental no estudo da eletricidade e está diretamente relacionada ao trabalho realizado para mover uma carga elétrica entre dois pontos em um campo elétrico. A figura 7 detalha esse deslocamento.

Figura 7: Deslocamento de uma carga elétrica sob a influência do campo elétrico:



Fonte: Disponível em: <https://s2.static.brasescola.uol.com.br/be/2020/03/carga-eletrica-campo-eletrico.jpg>. Acesso em: 20 dezembro 2024.

Esse conceito está intrinsecamente ligado à força eletromotriz (fem), que é a capacidade de um dispositivo, como uma bateria ou um gerador, de fornecer energia elétrica para manter uma corrente contínua em um circuito. De acordo com (Young ; Freedman, 2016), a diferença de potencial entre dois pontos é definida como o trabalho realizado por unidade de carga para transportar uma carga de um ponto a outro. Essa energia elétrica armazenada no sistema pode ser convertida em outras formas, como energia térmica ou luminosa, dependendo do circuito em questão.

Para (Halliday; Resnick e Walker, 2008) enfatizam que a força eletromotriz é um termo utilizado para descrever a capacidade de uma fonte de energia elétrica de impulsionar cargas em um circuito fechado, superando as resistências internas e externas. Essa força não é propriamente uma força no sentido clássico da mecânica, mas sim uma medida da energia fornecida por unidade de carga. A unidade de medida da diferença de potencial no Sistema Internacional (SI) é o volt (V), que equivale a um joule por coulomb. Em um circuito elétrico, a corrente flui devido à existência dessa diferença de potencial, sendo direcionada do ponto de maior potencial para o de menor potencial em um condutor metálico.

Para (Sears ; Zemansky, 2016) destacam que a origem da força eletromotriz em dispositivos como baterias está associada a processos químicos internos que separam cargas elétricas e mantêm uma diferença de potencial entre seus terminais. Em geradores elétricos, a força eletromotriz é gerada a partir da indução eletromagnética, conforme descrito pela lei de Faraday. Assim, independentemente da fonte, a força eletromotriz é essencial para manter a circulação da corrente elétrica, garantindo o funcionamento dos dispositivos elétricos.

Para (Tipler ; Mosca, 2015) reforçam que, ao atravessar um resistor em um circuito, a diferença de potencial entre seus terminais diminui devido à conversão da energia elétrica em

calor, um fenômeno descrito pela lei de Ohm. Essa dissipação de energia é uma característica intrínseca dos circuitos resistivos e influencia o desempenho de dispositivos elétricos. Além disso, eles destacam que a análise da diferença de potencial nos circuitos pode ser feita utilizando as leis de Kirchhoff, que permitem a determinação dos valores das tensões e correntes em diferentes pontos do circuito.

Dessa forma, a diferença de potencial e a força eletromotriz desempenham papéis fundamentais na eletricidade, permitindo a conversão e o transporte de energia elétrica para diversas aplicações. A compreensão desses conceitos é essencial para a análise e o projeto de circuitos elétricos, bem como para o entendimento do funcionamento de dispositivos eletrônicos e sistemas de potência.

3.8 AMPERÍMETRO E VOLTÍMETRO

O amperímetro e o voltímetro são instrumentos fundamentais para a medição de grandezas elétricas, desempenhando papéis essenciais em experimentos e aplicações práticas na área de eletricidade e eletrônica. O amperímetro é utilizado para medir a intensidade da corrente elétrica em um circuito, enquanto o voltímetro mede a diferença de potencial entre dois pontos do circuito. Ambos os dispositivos são projetados para operar sem interferir significativamente no comportamento do circuito onde estão conectados, embora sua construção e uso dependam de princípios distintos.

O amperímetro é conectado em série no circuito para medir a corrente que passa por ele. Para minimizar a influência sobre o circuito, um bom amperímetro deve apresentar uma resistência interna muito baixa. (Tipler ; Mosca, 2020, p. 884) afirmam que "a resistência interna de um amperímetro ideal é nula, de forma que ele não altera a corrente original do circuito". Na prática, contudo, a resistência interna não pode ser completamente desprezada, especialmente em medições sensíveis, o que requer calibração e ajustes apropriados.

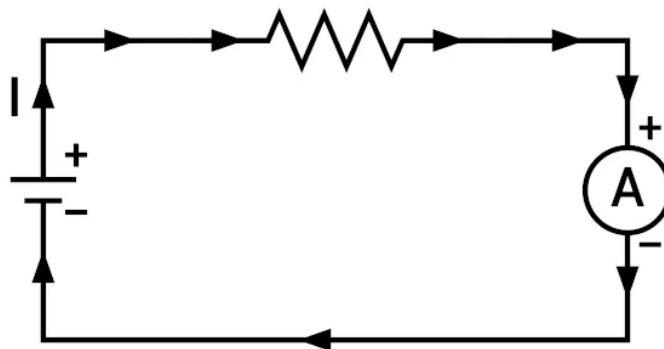
A figura 8 abaixo demonstra o símbolo que representa um amperímetro e a figura 9 expressa a ligação em série do amperímetro no circuito.

Figura 8: Representação do amperímetro em um circuito



Fonte: Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/amperimetro.htm>. Acesso em 06 janeiro 2025.

Figura 9: Representação do amperímetro liga em série em um circuito simples



Fonte: Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/amperimetro.htm>. Acesso em 06 janeiro 2025.

Por outro lado, o voltímetro é ligado em paralelo com o elemento ou trecho do circuito onde se deseja medir a diferença de potencial. Para que a corrente desviada pelo voltímetro seja mínima, ele deve apresentar uma resistência interna muito alta. (Young ; Freedman, 2017, p. 768) destacam que "um voltímetro ideal possui resistência infinita, evitando qualquer impacto na corrente do circuito". No entanto, resistências finitas em voltímetros reais podem causar pequenos desvios de corrente, exigindo a consideração desse efeito em medições de alta precisão.

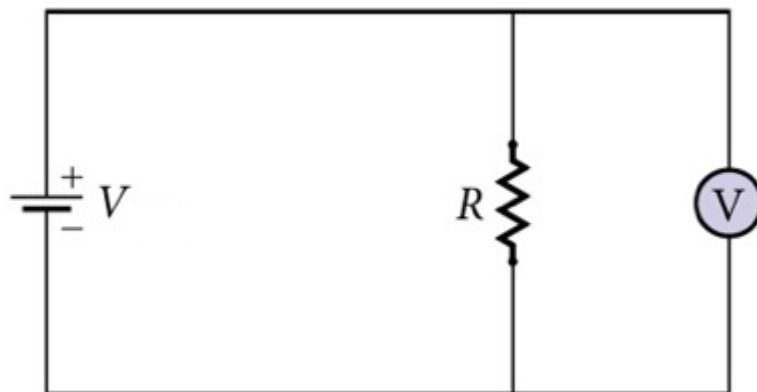
A figura 10 é a representação do voltímetro em um circuito, já a figura 11 mostra como ele é ligado em paralelo no circuito simples.

Figura 10: Representação do voltímetro em um circuito



Fonte: Disponível em: <https://centroderecursos.educarchile.cl/items/116ed0f6-be86-4aec-89a1-6e6469eeffc2>. Acesso em 08 janeiro 2025.

Figura 11: Voltímetro ligado em paralelo no circuito simples com um resistor R



Fonte: Disponível em: <https://pessoal.ect.ufrn.br/~ronai/Principal/PFE2014-1/Aulas/A15E/E1.html>. Acesso em 08 janeiro 2025

A construção básica desses dispositivos geralmente envolve galvanômetros, instrumentos que medem correntes muito pequenas e que podem ser adaptados tanto para funcionar como amperímetros quanto como voltímetros. No caso do amperímetro, adiciona-se um resistor *shunt* de baixa resistência em paralelo ao galvanômetro, desviando a maior parte da corrente para que o dispositivo suporte correntes maiores. Já para o voltímetro, é adicionado um resistor em série com o galvanômetro, aumentando a resistência total e permitindo medições de tensões maiores. (Halliday; Resnick e Walker, 2014, p. 744) explicam que "os resistores adicionais ajustam a faixa operacional do galvanômetro, transformando-o em instrumentos versátil para diferentes aplicações".

Embora a operação ideal desses dispositivos dependa da aproximação de resistências perfeitas (baixa para amperímetros e alta para voltímetros), as limitações práticas devem ser consideradas em medições reais. Essas limitações podem ser minimizadas com o uso de instrumentos digitais modernos, que utilizam circuitos eletrônicos para alcançar maior

precisão e confiabilidade. Além disso, o desenvolvimento de sensores avançados amplia as possibilidades de medição de corrente e tensão, permitindo análises mais detalhadas e em maior escala. A figura 12 mostra um multímetro digital e suas funções. Esse dispositivo é capaz de medir várias grandezas elétricas, além da corrente e da voltagem.

Figura 12: Multímetro e suas funções



Fonte: disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/electronica/ferramentas-de-medicao-multimetro>. Acesso em 10 janeiro 2025

Amperímetros e voltímetros são amplamente utilizados em experimentos acadêmicos e em diversas indústrias, sendo indispensáveis para o estudo de circuitos elétricos e para a manutenção de sistemas eletrônicos. A compreensão de seu funcionamento e das condições ideais de uso é essencial para garantir medições precisas e para interpretar corretamente os resultados obtidos, como enfatizam (Halliday; Resnick e Walker, 2014), ao destacar que "a confiabilidade dos dados depende diretamente da calibração e do uso apropriado desses instrumentos".

4 SIMULADOR VIRTUAL TINKERCAD E PLACA PROTOBOARD COMO SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE CIRCUITOS ELÉTRICO

A experimentação desempenha um papel fundamental no ensino de Física, pois permite que os alunos desenvolvam habilidades práticas e compreendam conceitos teóricos de maneira mais concreta. No ensino de circuitos elétricos, a associação entre a simulação virtual no Tinkercad e a experimentação real com a protoboard se destaca como uma sequência didática eficaz, pois proporciona uma abordagem complementar e progressiva da aprendizagem. De acordo com (Moreira, 2011), esse tipo de abordagem favorece a aprendizagem significativa ao permitir que os alunos relacionem novos conhecimentos a conceitos já existentes, especialmente quando há uma integração clara entre a teoria e a prática.

O Tinkercad é uma plataforma de simulação que possibilita a construção e análise de circuitos elétricos sem a necessidade de materiais físicos. Isso permite que os alunos experimentem diferentes configurações e testem hipóteses sem o risco de danificar componentes ou comprometer a segurança. Já com a placa protoboard possibilita que os alunos tenham contato direto com os componentes elétricos, compreendendo a montagem prática e desenvolvendo habilidades manuais.

A sequência didática que associa ambas as abordagens contribui para uma aprendizagem significativa, pois permite a comparação entre os resultados obtidos no ambiente virtual e nas aulas práticas com recursos físicos concretos. Dessa forma, os alunos podem fazer uma análise crítica das diferenças entre a experimentação virtual e real.

Portanto, o uso combinado do Tinkercad e da placa protoboard enriquece o ensino de circuitos elétricos, tornando a aprendizagem mais dinâmica, atraente e eficiente. Por tanto, essa abordagem pode ser eficiente e prepara melhor os alunos para desafios do cotidiano.

4.1 O QUE É SIMULADOR TINKERCAD?

O Tinkercad é uma plataforma de simulação de circuitos elétricos em geral e foi desenvolvida pela Autodesk como uma ferramenta de modelagem 3D e simulação de circuitos elétricos. Lançada com o propósito de tornar o ensino e a aprendizagem mais acessíveis, a plataforma rapidamente se tornou popular entre educadores e estudantes de diversas áreas. Inicialmente voltada para a modelagem 3D, sua expansão para simulação de circuitos permitiu que conceitos eletrônicos fossem aplicados de forma prática sem a necessidade de componentes físicos, o que facilitou o aprendizado em ambientes acadêmicos e autodidatas.

No ensino de circuitos elétricos, o Tinkercad desempenha um papel fundamental ao proporcionar um ambiente seguro e interativo para experimentação. A plataforma permite que estudantes simulem circuitos antes de montá-los fisicamente, reduzindo erros e otimizando o tempo de aprendizado. Além disso, contribui para o desenvolvimento da aprendizagem significativa ao relacionar teoria e prática, ajudando os alunos a visualizar fenômenos elétricos em tempo real. De acordo com pesquisas recentes, o uso de ferramentas digitais como o Tinkercad melhora a compreensão dos conceitos e estimula o interesse dos estudantes na eletrônica, como demonstram os estudos de (Silva e Ferreira, 2022) e de (Santos et al, 2021), que evidenciam ganhos no desempenho e na motivação dos alunos quando a simulação é integrada a estratégias práticas de ensino.

A simulação dentro do Tinkercad ocorre de forma virtual, onde o usuário pode conectar os componentes e testar circuitos sem risco de danos. A plataforma permite duas formas principais de simulação: a convencional, que exibe o comportamento elétrico dos circuitos em tempo real, e a simulação com código, que possibilita a programação de microcontroladores, como o Arduino. Dessa maneira, além de facilitar o ensino de circuitos básicos, o Tinkercad também é útil para introduzir conceitos de automação e Internet das Coisas.

Os principais componentes disponíveis na plataforma incluem resistores, LEDs, capacitores, fontes de alimentação, motores e sensores, além de instrumentos de medição, como amperímetros e voltímetros. Esses elementos permitem que os usuários montem desde circuitos simples até sistemas mais complexos, proporcionando um ambiente de aprendizado completo. O Tinkercad também oferece componentes programáveis, como o Arduino, permitindo que os alunos explorem a integração entre eletrônica e programação.

O acesso ao Tinkercad é simples e pode ser feito gratuitamente. Para acessar a plataforma, basta seguir os seguintes passos:

1. Entrar no site oficial do Tinkercad (<https://www.tinkercad.com>).
2. Clicar na opção "Fazer login" no canto superior direito da tela.
3. Depois escolha o tipo de acesso como educador ou estudante.
4. Selecionar o método de login, que pode ser feito por conta da Autodesk, Google ou Apple.
5. Caso seja o primeiro acesso, criar uma conta preenchendo as informações solicitadas.
6. Após o login, escolher a opção "Circuitos" para iniciar a simulação.

Com um ambiente intuitivo e acessível, o Tinkercad tem revolucionado o ensino de circuitos elétricos, tornando o aprendizado mais dinâmico e interativo. Ao possibilitar a

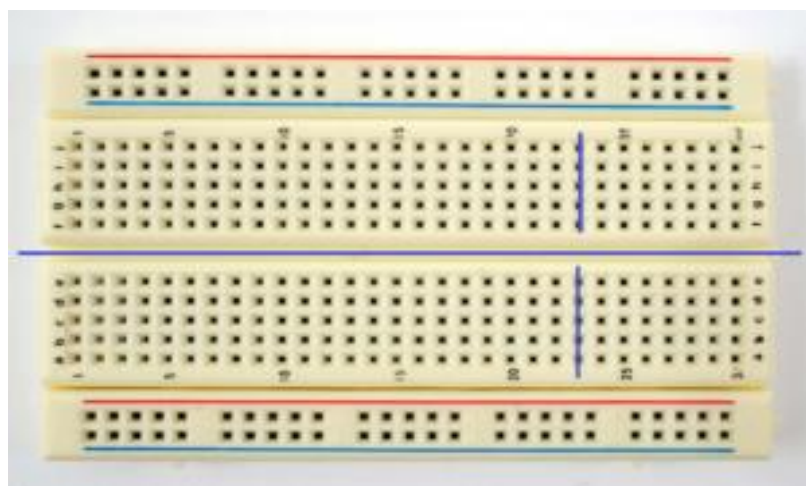
experimentação sem restrições físicas e ao integrar conceitos de eletrônica e programação, a plataforma se estabelece como uma ferramenta essencial no ensino da tecnologia e da engenharia.

4.2 O QUE É PLACA PROTOBOARD?

A protoboard é uma placa de prototipagem, também conhecida como matriz de contatos, foi criada na década de 1970 como uma alternativa prática para montagens de circuitos eletrônicos. Antes de seu surgimento, os engenheiros e estudantes precisavam soldar componentes em placas perfuradas, o que tornava o processo trabalhoso e dificultava a reutilização dos materiais. Com a introdução da protoboard, tornou-se possível montar e modificar circuitos de forma rápida e sem a necessidade de soldagem, revolucionando o desenvolvimento e o ensino da eletrônica.

Existem diferentes tipos de protoboard, variando em tamanho e disposição dos terminais. As mais comuns são as pequenas, médias e grandes, diferenciadas pela quantidade de furos disponíveis para conexão de componente. A figura 13 mostra uma placa de protoboard do tipo média. Algumas protoboards possuem trilhas de alimentação laterais, facilitando a distribuição de energia no circuito. Além disso, existem modelos específicos para integração com micro controladores, como o Arduino, que incluem conexões otimizadas para esse tipo de aplicação.

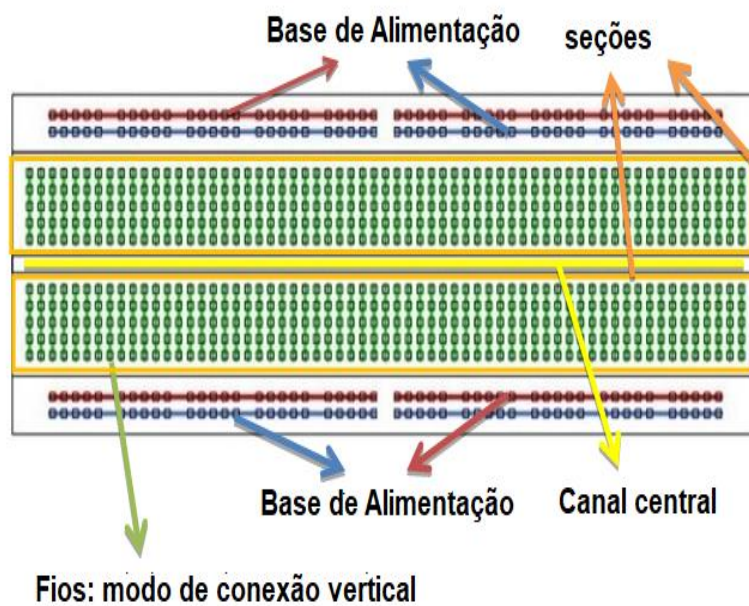
Figura 13: Placa de protoboard do tamanho média



Fonte : Disponível em: <https://mundoprojetado.com.br/como-usar-protoboard/>. Acesso em 13 janeiro

Na construção de circuitos elétricos, a protoboard permite a conexão de resistores, capacitores, LEDs, transistores e diversos outros componentes sem a necessidade de soldagem. Os terminais metálicos internos conectam os pinos de cada componente, permitindo que a corrente elétrica flua corretamente. As figuras 14 e 15 apresentam as conexões externas e a estrutura interna de uma protoboard. Dessa forma, é possível testar circuitos, identificar falhas e fazer ajustes antes da montagem definitiva em uma placa de circuito impresso (PCI).

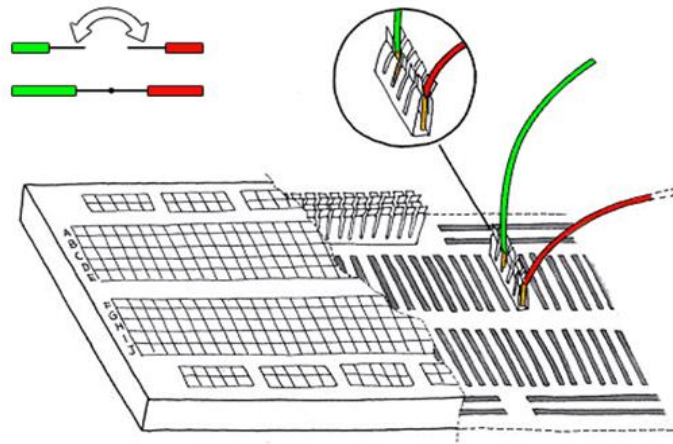
Figura 14: Estrutura externa da protoboard



Fonte: Disponível em: <https://robinsonrodrigueztoro.com/aula/images/electronica/protoboard.png>.

Acesso em 13 janeiro 2025

Figura 15: Estrutura e interna da protoboard.



Fonte: Disponível em: <https://robinsonrodrigueztoro.com/aula/images/electronica/protoboard.png>.

Acesso em 13 janeiro 2025

A importância da protoboard para o ensino de circuitos elétricos é enorme, pois proporciona aos estudantes uma maneira segura e acessível de explorar os conceitos da eletrônica. Seu uso permite a visualização prática do funcionamento dos componentes e das leis físicas por trás de cada experimento, facilitando a compreensão da teoria. Além disso, seu caráter reutilizável possibilita que os alunos experimentem diferentes configurações e solucionem problemas de forma mais dinâmica, incentivando o aprendizado ativo.

As protoboards podem ser encontradas facilmente em lojas especializadas em eletrônica, tanto físicas quanto online. Elas também são frequentemente incluídas em kits educacionais voltados para iniciantes na eletrônica e na robótica. Plataformas de ensino, como o Tinkercad, simulam virtualmente a protoboard, permitindo que os usuários testem circuitos antes mesmo de montar fisicamente, tornando o aprendizado ainda mais acessível e eficiente.

4.3 PLANEJAMENTO E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A seguir, detalha-se o planejamento e a execução da sequência de atividades, que foi elaborada com base em pressupostos teóricos voltados para o ensino por meio da experimentação, utilizando tanto ambientes virtuais quanto materiais concretos. Cada etapa foi pensada com o intuito de promover uma aprendizagem significativa, estimular o raciocínio científico e favorecer a construção de conhecimentos sobre circuitos elétricos.

A exposição das etapas permitirá ao leitor acompanhar de forma sistemática o percurso didático adotado, desde o diagnóstico inicial dos conhecimentos prévios dos alunos até a aplicação das aulas experimentais e das atividades propostas.

4.4 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência de aulas e atividades visa integrar teoria e prática no ensino de circuitos elétricos, utilizando a plataforma virtual Tinkercad associada a kits experimentais com protoboards. Abaixo será demonstrado a sequência de atividades e aulas desenvolvidas.

No primeiro encontro, foi realizado um momento de problematização para identificar o ponto de partida do aprendizado dos alunos. Essa etapa é crucial para compreender os conhecimentos prévios da turma sobre conceitos de circuitos elétricos, componentes básicos e suas funções. Durante a aula, foi aplicado um questionário que aborda questões sobre experiências anteriores com circuitos e percepção sobre sua aplicação no cotidiano. Além disso, uma breve discussão coletiva permitiu que os alunos compartilhassem suas expectativas e experiências, criando um ambiente de troca de ideias e introduzindo o propósito do projeto.

No segundo encontro, a turma foi dividida em grupos de 4 alunos ou 3 alunos, conforme a quantidade de aluno no dia da aula. Cada grupo recebeu um laptop para acessar a plataforma. Em cada grupo foi direcionado dois alunos que ficaram responsáveis em fazer o cadastro do grupo na plataforma. Em seguida, foi explicada detalhadamente a plataforma virtual de experimentação em circuitos elétricos Tinkercad.

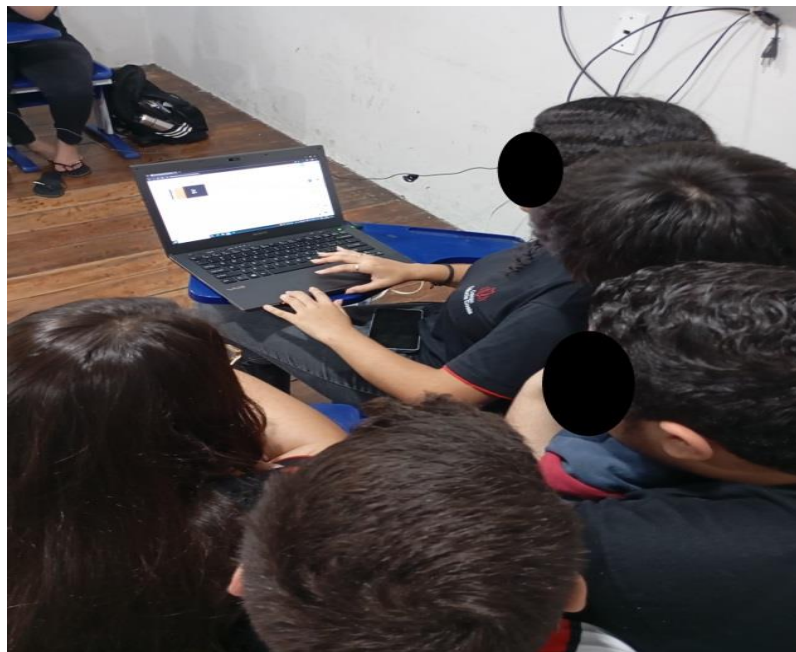
Após uma breve explicação sobre a importância de simulações de experimentação, foi apresentada a interface do Tinkercad e suas funcionalidades principais como observado na figura 16. Os alunos aprenderam a manipular componentes virtuais, como resistores, LEDs, fontes de energia e multímetros e suas conexões na protoboard conforme a figura 17. Durante essa etapa, conceitos básicos de circuitos elétricos, como a diferença de potencial, resistência elétrica e as diferenças entre circuitos em série e paralelo, foram trabalhados de forma contextualizada, sempre relacionada à prática.

Figura 16: Apresentação da plataforma Tinkercad e os componentes eletrônicos.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

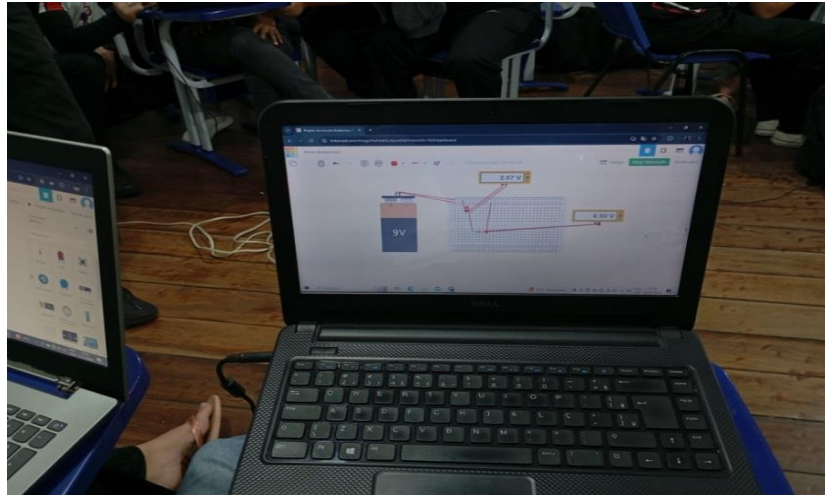
Figura 17: Alunos interagindo com a plataforma.



Fonte: Elaboração própria, 2024.

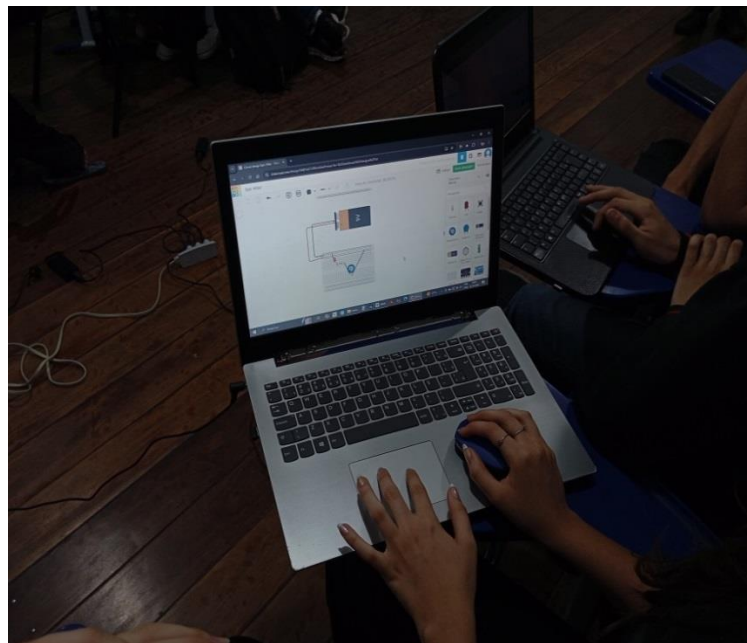
O terceiro encontro foi dedicado à montagem de circuitos no Tinkercad. Os alunos tiveram a oportunidade de aplicar os conceitos aprendidos anteriormente, recriando circuitos elétricos simples ou mesmo com maior complexidade no ambiente virtual. Foram propostos desafios que exigem a criação e simulação de circuitos funcionais em série e em paralelo ou mesmo usando interruptores ou potenciômetros conforme apresentado na figura 18 e 19. Dessa forma, promovendo uma maior liberdade pra manipulação dos componentes e suas funcionalidades dentro um circuito elétrico.

Figura 18: Circuito simples com led, bateria e voltímetro e amperímetro.



Fonte: Elaboração do próprio autor, 2024.

Figura 19: Circuito simples com led, potenciômetro e bateria.



Fonte: elaboração do próprio autor, 2024.

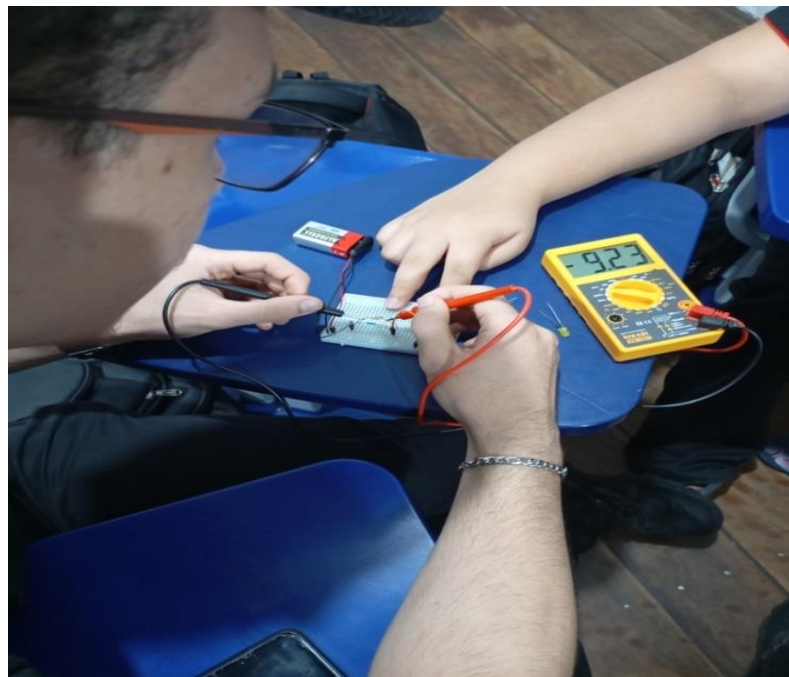
No quarto encontro, após a etapa virtual, alguns circuitos da plataforma virtual foram montados fisicamente utilizando os kits experimentais com protoboards, conforme a figura 20. Essa atividade proporcionou uma comparação direta entre o ambiente virtual e o físico, permitindo aos alunos identificar diferenças, como variações nos valores medidos e os desafios da montagem prática. Durante essa etapa, conforme mostrado na figura 21, os alunos observaram que a resistência dos fios e dos componentes influencia diretamente nos

resultados, algo que não é considerado na simulação virtual. Além disso, pequenos erros de conexão dos componentes podem afetar a precisão das medidas.

Os alunos perceberam que, enquanto no Tinkercad os circuitos apresentavam valores fixos e ideais, no experimento real houve pequenas oscilações que exigiram novas medições e ajustes. Essa diferença evidenciou a importância da compreensão teórica aliada à prática, reforçando conceitos como resistência equivalente e queda de tensão.

A experiência também permitiu que os alunos desenvolvessem habilidades manuais ao manusear os componentes da protoboard, verificando na prática a influência do contato entre os terminais e a necessidade de conexões firmes. Com isso, os estudantes puderam aprimorar sua capacidade de análise crítica e interpretação de resultados experimentais, tornando o aprendizado mais significativo.

Figura 20: Medindo voltagem em um circuito com resistores em paralelo.



Fonte: elaboração do próprio autor, 2024

Figura 21: Medindo voltagem em um circuito em série



Fonte: elaboração do próprio autor, 2024.

No quinto e último encontro da sequência didática, os alunos foram envolvidos em duas atividades. A primeira atividade aplicada nesse encontro teve como foco explorar o entendimento dos conceitos de eletricidade e circuitos elétricos trabalhados na primeira atividade aplicada no primeiro encontro. Já a segunda atividade teve como objetivo entender os desafios encontrados nas montagens, a comparação da simulação com a experimentação real.

Essas atividades permitiram que os alunos consolidassem o aprendizado ao revisar conceitos previamente estudados e aplicá-los de forma prática. A comparação entre a simulação e a montagem real possibilita uma reflexão crítica sobre as dificuldades enfrentadas e a precisão dos modelos teóricos. Esse processo estimula a autonomia dos estudantes e aprimora sua capacidade de solucionar problemas, promovendo uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

O quadro 1 abaixo mostra a estrutura da sequência didática:

Quadro 1: Estrutura das etapas da sequência didática.

Encontros	Duração	Tema	Objetivo
1°	50min	Problematização inicial	Levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos alunos através de uma atividade e socializar com a turma. Amparar-se a uma situação geradora de aprendizagem que envolve o objeto conceitual de estudo e dialogar sobre o contexto em que se insere.
2°	100min	Introdução ao Tinkercad e os conceitos básicos de circuitos.	Apresentar a plataforma online e seus recursos. Descrever os conteúdos básicos de circuitos elétricos como resistência elétrica, diferença de potencial elétrica e associação de resistores em série e em paralelo e os componentes elétricos.
3°	100min	Montagens dos circuitos elétricos no Tinkercad	Montar circuitos simples com resistores, fios condutores, baterias e LEDs seguindo o roteiro da aula. Descrever o funcionamento e discutir possíveis problemas de montagens.
4°	100min	Montagens dos circuitos elétricos na Protobord	Montar circuitos baseado nas montagens simuladas no Tinkercad usando a placa Protobord. Descrever o funcionamento e comparar com as simulações feitas no tinkercad.
5°	100min	Conclusões sobre os Feedbacks dos Alunos	Aplicação das atividades finais. Discutir com os alunos sobre as diferenças entre a simulação virtual e prática.

Fonte: o autor, 2025.

5 METODOLOGIA

5.1 METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS

A presente pesquisa utilizou como instrumentos de coleta de dados observações sistemáticas e atividades escritas aplicadas individualmente aos alunos, mesmo estes estando organizados em grupos para o desenvolvimento das aulas. Essa estratégia permitiu preservar a individualidade das respostas, favorecendo uma análise detalhada do desempenho de cada participante, conforme recomenda Bardin (2016), ao enfatizar que a análise de conteúdo deve respeitar as particularidades de cada unidade de registro.

As informações foram obtidas por meio de um questionário do tipo atividade escrita subjetiva, estruturado em três etapas complementares, cujo enunciado e detalhamento encontram-se disponíveis nos Anexos desta dissertação.

- **Atividade I – Conceitos Básicos de Eletricidade:** teve como finalidade diagnosticar o conhecimento prévio dos alunos sobre fundamentos como corrente elétrica, tensão e resistência. Essa etapa inicial serviu como base diagnóstica para identificar lacunas conceituais e verificar o nível inicial de compreensão, conforme defendem Moreira e Masini (2011), ao ressaltarem a importância do levantamento prévio dos subsunçores para favorecer a aprendizagem significativa.
- **Atividade II – Compreensão Após Aulas Teóricas e Experimentais:** aplicada após a exposição teórica e a execução de experimentos tanto no simulador Tinkercad quanto em kits reais montados em protoboard. Essa fase teve como objetivo verificar se a associação entre teoria e prática promoveu avanços na compreensão conceitual dos participantes, seguindo a perspectiva de Ausubel (2003), que destaca o papel da experiência prática na consolidação de novos conhecimentos.
- **Atividade III – Comparação Entre Simulação e Experimentação Real:** buscou estimular a análise crítica dos alunos sobre possíveis diferenças entre os resultados obtidos nas simulações e nas práticas reais. Os estudantes foram orientados a identificar e justificar as causas dessas divergências, promovendo uma reflexão sobre variáveis experimentais e limitações técnicas, conforme sugerem Gil (2008) e Bardin (2016) quanto à importância de atividades que estimulem a análise interpretativa.

A análise dos dados foi realizada com base na metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), contemplando uma sequência estruturada composta por quatro etapas principais: pré-análise, unitarização, categorização e interpretação.

Na pré-análise, foi realizada uma leitura ampla e flutuante de todas as respostas, buscando a familiarização com o conteúdo, a seleção do material relevante, a definição dos

objetivos e a formulação de hipóteses iniciais. Em seguida, procedeu-se à unitarização, etapa em que o material foi fragmentado em unidades de registro e de contexto, isolando trechos com sentido completo e relevância para a pesquisa.

Posteriormente, passou-se à categorização, que consistiu no agrupamento das unidades de significado em categorias temáticas previamente definidas, garantindo que cada uma fosse exclusiva, pertinente e coerente com os objetivos do estudo. Essa etapa permitiu classificar as respostas conforme os critérios apresentados no Quadro 2, distinguindo aquelas conceitualmente corretas, parcialmente corretas e incorretas.

Quadro 2: Categorias de análise e suas descrições (adaptado de Bardin, 2016)

Categoria	Descrição
Conceitualmente correta	Resposta integralmente adequada ao conceito esperado, com uso correto da terminologia e precisão na explicação.
Boa compreensão dos conceitos	Resposta próxima ao conceito esperado, apresentando pequenas imprecisões que não comprometem o entendimento global.
Adequada	Cumprir parcialmente o objetivo da questão, respondendo de forma correta em alguns pontos, mas deixando lacunas importantes.
Fragilidade conceitual	Demonstra conhecimento incompleto, com erros relevantes que comprometem a compreensão do fenômeno.
Troca de conceitos	Evidencia confusão entre conceitos distintos, aplicando termos ou ideias de forma incorreta.
Interpretação incompleta	Resposta superficial ou limitada, sem aprofundamento ou conexão clara com o conteúdo abordado.

Fonte, autor 2025.

Por fim, na interpretação, os resultados categorizados foram tratados e analisados de forma a identificar padrões, relações e implicações, permitindo inferências fundamentadas sobre a compreensão conceitual dos participantes e a evolução de seu pensamento científico ao longo das atividades.

Essa aplicação sequencial e integrada das etapas propostas por Bardin assegurou rigor metodológico, coerência na análise e validade nos resultados obtidos.

Para fins de exemplificação, considerou-se como correta a resposta que apresentou compreensão integral e precisa; como parcialmente correta, aquela que se aproximou do conceito esperado com pequenas falhas; e como erro total, as que evidenciaram ausência de compreensão ou incorreções graves. Essa sistematização possibilitou, além da análise qualitativa, a observação de padrões de dificuldades e avanços na compreensão ao longo do processo, reforçando o caráter diagnóstico e formativo da avaliação.

O uso articulado de atividades escritas e observações no contexto experimental revelou-se fundamental para compreender não apenas o nível de domínio conceitual dos alunos, mas também a forma como eles integram teoria, simulação e prática. Essa abordagem permitiu identificar lacunas persistentes, reconhecer progressos e compreender como a experiência prática potencializou a aprendizagem, em consonância com Bardin (2016) e Moreira (2011), que defendem a importância de múltiplos instrumentos para capturar a complexidade do processo educativo. Assim, a análise não se restringiu a medir acertos e erros, mas possibilitou compreender a evolução do pensamento científico dos participantes ao longo das etapas propostas.

5.2 PARTICIPANTES DA PESQUISA

A presente pesquisa foi desenvolvida em uma escola privada situada na cidade de Timon, Maranhão, envolvendo especificamente uma turma do 2º ano do Ensino Médio. A turma era composta por 14 estudantes, número que se revelou estratégico para o andamento do trabalho, pois possibilitou maior proximidade no acompanhamento das atividades e um ambiente favorável à interação entre professor e alunos. Essa quantidade reduzida de participantes favoreceu a coleta de dados detalhada e o monitoramento contínuo do processo de ensino-aprendizagem.

Os estudantes, com idades variando entre 16 e 17 anos, apresentavam diferentes níveis de familiaridade com os conteúdos abordados. Tal diversidade permitiu a análise de como a metodologia se adequou a diferentes ritmos de aprendizagem. A participação ativa foi um fator determinante para o êxito da pesquisa, especialmente porque grande parte dos conteúdos havia sido previamente discutida ao longo do ano letivo. Isso potencializou a aprendizagem e transformou as atividades propostas em oportunidades concretas de reforço e consolidação dos conceitos.

5.3 ORGANIZAÇÃO DOS PARTICIPANTES

Para garantir um controle sistemático e eficiente do desenvolvimento da pesquisa, os alunos foram enumerados de 1º a 14º. Essa numeração foi mantida em todas as etapas, possibilitando a correlação direta entre as observações registradas e as respostas individuais, preservando, ao mesmo tempo, a identidade dos participantes. Essa estratégia foi fundamental para assegurar a rastreabilidade dos dados coletados sem expor informações pessoais.

Durante as aulas, a organização dos estudantes em grupos foi adaptada de acordo com a realidade de cada encontro. Os grupos, compostos por 3 ou 4 integrantes, eram formados

levando em consideração a presença dos alunos no dia, a fim de garantir que todos pudessem participar ativamente. Essa flexibilidade também permitiu lidar com imprevistos, como faltas, sem comprometer a dinâmica planejada. Além disso, buscou-se equilibrar, dentro de cada grupo, diferentes níveis de conhecimento, criando um ambiente favorável à troca de ideias, ao desenvolvimento do pensamento crítico e à aprendizagem colaborativa.

5.4 DIVISÃO DA METODOLOGIA

Para facilitar a compreensão e a sistematização, a metodologia foi organizada em quatro grandes eixos:

1.Instrumentos de Coleta de Dados

- Observações sistemáticas realizadas durante o desenvolvimento das aulas, registrando comportamentos, interações e desempenho.
- Atividades escritas aplicadas individualmente, garantindo a avaliação personalizada do conhecimento adquirido.
- Registro padronizado da numeração dos alunos (1° a 14°), possibilitando a vinculação de dados individuais com registros observacionais.

2.Etapas das Atividades

- Atividade I – Diagnóstico dos conhecimentos prévios sobre conceitos básicos de eletricidade, identificando lacunas e subsunçores.
- Atividade II – Avaliação após aulas teóricas e experimentais, utilizando tanto a plataforma Tinkercad quanto kits físicos montados em protoboard.
- Atividade III – Comparação e análise crítica entre simulação e prática real, estimulando a reflexão sobre variáveis experimentais e limitações técnicas.

3.Organização em Grupos

- Formação de grupos de 3 ou 4 integrantes, adaptada à realidade de cada encontro.
- Composição equilibrada, mesclando diferentes níveis de conhecimento para promover interação e aprendizagem mútua.
- Estímulo à cooperação, com divisão de tarefas que favorecesse a participação de todos.

4.Procedimentos de Análise dos Dados

- Utilização da metodologia de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016), contemplando as etapas de pré-análise, unitarização e categorização e interpretação dos resultados.
- Classificação das respostas segundo os critérios estabelecidos no Quadro 1, permitindo a distinção entre respostas conceitualmente corretas, parcialmente corretas e incorretas.
- Integração entre os registros das observações práticas e as respostas escritas, possibilitando uma visão abrangente do desempenho e da evolução dos alunos.

Essa estrutura metodológica foi desenhada para assegurar a precisão no acompanhamento, contemplando simultaneamente os aspectos individuais e coletivos do processo de aprendizagem. A adoção da numeração dos participantes e a flexibilidade na organização dos grupos foram elementos-chave para aperfeiçoar a coleta e análise dos dados, garantindo que cada etapa da pesquisa fosse conduzida de forma estruturada e consistente.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seção de análise e interpretação dos dados tem como principal objetivo extrair conclusões a partir das informações coletadas por meio dos instrumentos de observação e das atividades escritas aplicadas aos alunos. Esse processo é conduzido de forma criteriosa, alinhando-se aos objetivos previamente definidos na pesquisa e à fundamentação teórica que sustenta sua estrutura. Essa abordagem permite um entendimento mais aprofundado sobre a evolução conceitual dos alunos e contribui para o aprimoramento das práticas pedagógicas voltadas ao ensino de circuitos elétricos.

A análise dos dados foi baseada na metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin, conforme descrito na metodologia, permitindo uma investigação detalhada do processo de aprendizagem dos alunos. A coleta de dados ocorreu por meio de atividades escritas subjetivas, possibilitando avaliar a assimilação dos conceitos elétricos ao longo das etapas do experimento. O principal objetivo foi comparar a evolução da compreensão dos alunos sobre circuitos elétricos, considerando inicialmente a simulação virtual e, posteriormente, a experimentação real.

Para a análise de conteúdo, foram estabelecidos três principais conceitos centrais. O quadro abaixo mostra os conceitos e seus objetivos.

Quadro 3: Conceitos e seus objetivos.

Conceitos	Objetivo
Conceitos básicos de circuitos elétricos	Avaliação da compreensão inicial dos alunos sobre os fundamentos da eletricidade.
Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos	Investigação sobre como os alunos compreendem as relações entre corrente, tensão e resistência em circuitos elétricos variados.
Comparação entre simulação e experimentação real	Análise das diferenças nos resultados obtidos em ambas as abordagens e das possíveis justificativas para essas discrepâncias e os desafios encontrados entre as duas montagens.

Fonte: autor 2025

5.1 ANÁLISE DAS DA ATIVIDADE I, II e III.

Com base na análise de conteúdo proposta por Laurence Bardin, a seguir é apresentada uma análise qualitativa das atividades I, II e III. A técnica utilizada é a de análise

temática, conforme preconizado por Bardin, na qual as unidades de registro foram organizadas em torno de núcleos de sentido, possibilitando a identificação de tendências, compreensões comuns e lacunas conceituais nos discursos dos alunos como descrito na metodologia.

Essa mesma metodologia será aplicada de forma contínua nas análises das Atividades I, II e III, permitindo uma leitura comparativa e evolutiva das concepções dos estudantes ao longo das intervenções didáticas. Dessa forma, foi possível verificar como os conhecimentos prévios se transformam com a mediação pedagógica e com as experiências práticas propostas proporcionaram uma evolução na aprendizagem dos alunos.

5.1.1 ANÁLISE DA ATIVIDADE I

Na atividade I, adotou como categoria central a abordagem dos "Conceitos básicos de circuitos elétricos". O objetivo principal desta etapa foi avaliar a compreensão inicial dos alunos sobre os fundamentos da eletricidade, antes da realização das aulas experimentais utilizando o simulador Tinkercad e a montagem de circuitos na protoboard. A análise das respostas obtidas revelou níveis variados de compreensão conceitual entre os estudantes, abrangendo desde formulações descritivas corretas até respostas incompletas ou que apresentavam confusões conceituais. Esses resultados forneceram indícios valiosos sobre o conhecimento prévio dos alunos, elementos essenciais para orientar o desenvolvimento de estratégias didáticas baseadas na teoria da aprendizagem significativa, visando consolidar e aprofundar a compreensão dos princípios da eletricidade ao longo das atividades propostas.

A questão 1º, que investigou o entendimento geral dos alunos sobre circuitos elétricos e suas aplicações. Foi observado que a maioria tem uma noção básica de que o circuito está relacionado à condução de energia e está presente em diversos dispositivos eletrônicos do cotidiano como mostra o quadro 4.

Quadro 4: Conhecimentos prévios dos alunos questão 1 atividade I.

Questão 1 – Entendimento geral sobre circuitos elétricos e suas aplicações		
Padrão de Resposta	Alunos	Análise
“Condução de corrente elétrica, distribuição de corrente elétrica”.	1, 2, 3, 6, 9, 10, 12	Compreensão adequada, mesmo que geral.
“Transferência de energia em dispositivos eletrônicos” e “tudo que há energia, fazem as máquinas funcionarem”.	5, 8, 14, 11, 13	Visão funcional, mas falta precisão técnica.
Tentativa de definição estruturada (“sistema”, “estruturas” “componentes”, etc.)	3, 4, 6, 7	Indicativo de elaboração conceitual, porém com termos imprecisos.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

As respostas dos alunos revelaram uma diversidade de compreensões iniciais sobre circuitos elétricos. Alunos como 1, 2, 3, 6, 9, 10 e 12 já demonstram uma familiaridade maior com conceitos físicos, ao mencionarem diretamente a ideia de condução ou passagem de corrente elétrica, o que indica que esses estudantes possuem um repertório mais próximo do conteúdo científico.

Em contrapartida, os alunos 5, 8, 14, 11 e 13 fazem associações mais amplas e genéricas, relacionando circuitos à presença de “energia” ou transferência de energia, o que revela uma visão mais intuitiva e cotidiana do tema, mas ainda distante da linguagem técnica.

Além disso, os termos usados por alunos como 3, 4, 6 e 7, “sistema”, “estrutura”, e “componentes”, evidenciam tentativas de organizar o pensamento de forma mais coerente, mesmo que com falhas conceituais. Esses dados são valiosos, pois mostraram que, mesmo antes de uma intervenção didática mais sistematizada, os alunos já possuem esquemas mentais que podem ser desenvolvidos. Isso reforça a importância dos conhecimentos prévios para promoverem uma aprendizagem significativa, como propõe Ausubel.

A questão 2º, expressou sobre a função de uma bateria ou pilha em um circuito elétrico, o quadro 5 mostra como é a visão dos alunos.

Quadro 5: Conhecimentos prévios dos alunos questão 2 atividade I.

Questão 2 – Função da bateria ou pilha		
Padrão de Resposta/alunos	Alunos	Observações
“Fonte” e “armazenamento de energia”	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12, 13	Conceituações alternativas: ideias parcialmente corretas ou incompletas.
Associação equivocada: “chave de desligar” e “ligar o circuito”	9	Confusão conceitual.
Explicação tecnicamente correta: “alimentação do circuito elétrico”.	14	Compreensão mais profunda.
Não respondeu	8	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas à segunda questão evidenciou que a maioria dos alunos possui uma noção geral adequada sobre a função da bateria ou pilha, reconhecendo seu papel no fornecimento ou armazenamento de energia. Isso é um indicativo positivo, pois mostra que esses alunos (como os 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12 e 13) já internalizaram, mesmo que de forma inicial, uma ideia geral com a função real desses componentes nos circuitos.

No entanto, a presença de concepções equivocadas, como a do aluno 9, que associa a bateria ao ato de ligar ou desligar o circuito, aponta para a necessidade de intervenções didáticas mais precisas, que ajudem a diferenciar as funções dos diversos elementos do circuito.

Por outro lado, é importante destacar positivamente a resposta do aluno 14, que menciona a bateria como fonte de alimentação para o circuito, demonstrando um nível de compreensão mais aprofundado e alinhado com os princípios da eletrodinâmica. Dessa forma, os dados analisados revelaram que, embora muitos alunos apresentem uma compreensão funcional do conteúdo, ainda que limitada, existe um terreno promissor para o desenvolvimento de conhecimentos mais técnicos e conceitualmente sólidos.

A questão 3º, que tratou da diferença entre circuitos em série e em paralelo, a análise revela uma compreensão parcial, porém significativa. O quadro 6 expressa a compreensão dos alunos acerca do assunto.

Quadro 6: Conhecimentos prévios dos alunos questão 3 atividade I.

Questão 3 – Diferença entre circuito em série e em paralelo		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Explicações coerentes sobre corrente e tensão. Circuito em série: “corrente constante em todos os resistores e tensão diferente para cada resistor”. Circuito em paralelo: “corrente muda para cada resistor e tensão se mantém constante em todos os resistores”.	1, 2, 3, 8, 10, 12, 13	Compreensão significativa e próxima ao adequado.
Explicação funcional: “falhas dos resistores falham os demais em série e em paralelo”.	14	Compreensão parcial.
Inversão dos conceitos: “corrente é a mesma em circuito em paralelo e tensão diferente para cada resistor”	5	Invertendo os conceitos dos circuitos em série e em paralelo.
Não responderam	4, 6,7,9, 11	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas revelou avanços importantes na compreensão dos alunos, ainda que permeados por equívocos conceituais. A maioria dos estudantes demonstrou reconhecer que há variações no comportamento da corrente e da tensão em cada configuração, o que indica que, mesmo com limitações, há uma assimilação inicial dos princípios fundamentais. Alunos como 1, 2, 3, 8, 10, 12 e 13 se aproximam do entendimento esperado, ao mencionarem corretamente a constância da corrente em série e sua divisão em paralelo. Destaca-se ainda a resposta do aluno 14, que apresentou uma explicação aplicada, relacionando o tipo de circuito à consequência prática de uma falha em um dos componentes, abordagem que, embora não técnica é coerente com a realidade do funcionamento dos circuitos.

Por outro lado, respostas como a do aluno 5, que inverte o conceito ao dizer que “a corrente é a mesma em um circuito em paralelo”, mostrou que ainda há confusão sobre os comportamentos das grandezas elétricas. Logo, essas respostas reforçam que os alunos possuem intuições valiosas que, se bem trabalhadas, podem evoluir para compreensões mais rigorosas.

A questão 4º, trabalhou o conceito de corrente elétrica, no quadro 7 revela como os alunos entendem sobre essa grandeza.

Quadro 7: Conhecimentos prévios dos alunos questão 4 atividade I.

Questão 4 – Conceito de corrente elétrica		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
“Fluxo de elétrons” ou “energia em fios”.	1, 2, 3, 6, 12, 13, 14	Conceitualmente adequado.
Respostas vagas/simplificadas: “é aquilo que há energia” ou “passagem de eletricidade”	5, 7, 10, 11	Indicam fragilidade conceitual.
Interpretação parcial: “é um fio que passa energia”.	4	Interpretação incompleta.
Tentativa de aprofundamento técnico: “interações quânticas-moleculares”.	3	Interesse por conceitos mais complexos.
Não responderam	8, 9	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise da quarta questão evidenciou um panorama promissor, embora ainda marcado por concepções equivocadas. A maioria dos alunos (1, 2, 3, 6, 12, 13 e 14) compreende a corrente como fluxo de elétrons ou de energia, o que, embora envolva uma imprecisão ao tratar corrente e energia como equivalentes, representa uma base conceitual válida e comum nos estágios iniciais da aprendizagem.

Por outro lado, respostas vagas ou simplificadas, como as dos alunos 5, 7, 10 e 11, revelaram lacunas na diferenciação entre os conceitos de energia e corrente elétrica. A resposta do aluno 4, ao associar corrente ao fio condutor, mostra confusão entre o suporte físico e a grandeza física em si, algo que precisa ser cuidadosamente trabalhado em sala de aula.

O caso do aluno 3 chamou a atenção por tentar relacionar o conceito a “interações quânticas-moleculares”, o que, apesar de estar fora do escopo do conteúdo esperado, revela curiosidade e vontade de aprofundamento, aspectos extremamente positivos do ponto de vista pedagógico. Então, com esses dados reforçam a importância de um ensino que valorize e esclareça os significados das grandezas físicas, partindo das ideias prévias e ajustando-as com rigor conceitual.

A questão 5º, tratou sobre o conceito de medição da corrente elétrica em um circuito. O quadro 8 mostra os conceitos dos alunos acerca do assunto.

Quadro 8: Conhecimentos prévios dos alunos questão 5 atividade I.

Questão 5 – Medição da corrente elétrica		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Confusão com voltímetro: “para medir usa o voltímetro”.	2, 4, 5, 6, 9, 10	Indica necessidade de reforço conceitual.
Resposta correta: “usa o amperímetro”	3, 12, 13	Conhecimento consolidado.
Interpretação parcial: “é um fio que passa energia”.	4	Interpretação incompleta.
Citação correta do multímetro: “usa o multímetro”	1, 11, 14	Familiaridade com instrumentos, mas requer clareza na função específica.
Não responderam	7, 8	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas revelou uma fragilidade conceitual significativa entre os alunos, especialmente no que diz respeito à diferenciação entre voltímetro e amperímetro. A maioria (alunos 2, 4, 5, 6, 9 e 10) associa erroneamente o voltímetro à medição da corrente, o que demonstra confusão conceitual que pode comprometer a compreensão do funcionamento dos circuitos elétricos.

Por outro lado, apenas os alunos 3, 12 e 13 identificaram corretamente o amperímetro como o instrumento adequado, o que indica que uma parcela da turma já consegue distinguir as grandezas físicas e seus respectivos instrumentos de medição. A menção ao multímetro por alunos como 1, 11 e 14 também é positiva, pois sugere certa familiaridade com o equipamento, embora nem sempre acompanhada da clareza sobre sua funcionalidade em diferentes modos. Dessa forma, esse conjunto de respostas revela a necessidade urgente de reforçar o ensino prático e conceitual sobre os instrumentos de medição, destacando não apenas os nomes, mas também a forma correta de uso e as grandezas que medem.

A questão 6° trabalhou o conceito de tensão elétrica. O quadro 9 expressa as concepções dos alunos sobre tensão elétrica.

Quadro 9: Conhecimentos prévios dos alunos questão 6 atividade I.

Questão 6 – Conceito de tensão elétrica		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Diferença de potencial: “força que impulsiona os elétrons ou corrente”.	1, 2, 3, 6, 9, 12	Compreensão coerente com a teoria.
Entendimento confuso: “é uma unidade de medida”.	4, 7	Compreensão incompleta.
Definições intuitivo-funcionais: “é uma quantidade de energia” ou “corrente do circuito”.	5, 8, 10, 11	Falta rigor conceitual, mas aproximação funcional.
Não respondeu	14	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas demonstrou um entendimento geral razoável por parte dos alunos, ainda que com algumas imprecisões conceituais. Alunos como 1, 2, 3, 6, 9 e 12 demonstraram uma boa aproximação com o conceito físico, ao associarem a tensão à diferença de potencial ou à força que impulsiona as cargas, uma compreensão coerente com a definição científica.

No entanto, respostas dos alunos 4 e 7, que confundiram tensão com a unidade de medida (volt), indicam uma compreensão ainda superficial, em que o conceito e sua representação numérica se misturam.

Já os alunos 5, 8, 10 e 11 apresentaram definições mais funcionais ou intuitivas, como “força que faz funcionar” ou “tipo de energia”, o que, embora não tecnicamente correto, mostra uma tentativa de atribuir sentido ao conceito com base em suas experiências cotidianas. Então, é evidente que, embora os alunos possuam representações iniciais do conceito de tensão, estas ainda precisam ser refinadas por meio de atividades práticas, comparações e contextualizações que promovam uma aprendizagem mais significativa e conceitualmente sólida.

A questão 7^o questionou os alunos como é feita a medida da tensão elétrica em um circuito. O quadro 10 mostra as respostas conceituais dos alunos.

Quadro 10: Conhecimentos prévios dos alunos questão 7 atividade I.

Questão 7 – Medição da tensão elétrica		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Citação correta: “usa o voltímetro ou o multímetro”.	1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14	Boa compreensão sobre o instrumento.
Incertezas: “usa o amperímetro”	2, 4, 6	Compreensão errada só equipamento usado para medir tensão.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Ao analisar as respostas dos estudantes percebeu um avanço relevante em relação à questão anterior sobre a medição da corrente. A maioria dos alunos (1, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 e 14) identificou corretamente o voltímetro ou o multímetro como instrumentos adequados para essa medição, o que evidencia uma compreensão mais consolidada sobre esse conceito específico. Esse dado é positivo e mostra que, ao menos no que se refere à tensão elétrica, os alunos parecem ter uma noção mais clara tanto do instrumento quanto de sua aplicação.

No entanto, ainda há respostas com incertezas, como as dos alunos 2, 4 e 6, o que aponta para a necessidade de reforçar não apenas a identificação do instrumento, mas também os procedimentos corretos de uso, especialmente quanto à forma de conexão em paralelo e à

leitura adequada das escalas. Desse jeito, esse resultado mostra que a familiaridade com o voltímetro é maior, possivelmente por estar mais presente em atividades práticas ou em exemplos do cotidiano.

A questão 8º, que explorou a função do resistor, o quadro 11 abaixo mostra as noções conceituais dos alunos.

Quadro 11: Conhecimentos prévios dos alunos questão 8 atividade I.

Questão 8 – Função do resistor		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Funções corretas : “limitar, dissipar, evitar curto”.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14	Compreensão funcional adequada.
Confusão sobre função: “age como amperímetro”.	12	Erro conceitual.
Não responderam	4, 9	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A questão 8º revelou um bom nível de entendimento funcional por parte da maioria dos alunos. Termos como “dissipar energia”, “limitar a corrente” e “evitar curto-circuito”, utilizados por alunos como 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13 e 14, mostram que eles conseguem relacionar o resistor ao seu papel prático nos circuitos elétricos, o que é um indicativo positivo de compreensão. Ainda que algumas explicações careçam de precisão conceitual, é possível perceber que os alunos possuem uma noção coerente do efeito do resistor no controle da corrente elétrica.

No entanto, há exceções que evidenciam a necessidade de maior clareza didática, como no caso do aluno 12, que associa erroneamente o resistor à função de um amperímetro, confundindo a função do componente com a do instrumento de medição. Logo, esses dados revelam que os alunos já construíram uma base significativa sobre o tema, e que esse conhecimento pode ser aprofundado com atividades que envolvam a experimentação prática e a problematização de situações reais de circuitos. Assim, será possível transformar esse saber funcional em conhecimento técnico mais consistente.

Por fim, a questão 9º, que investiga o efeito da adição de resistores na corrente. O quadro 12 mostra o entendimento dos alunos acerca do assunto.

Quadro 12: Conhecimentos prévios dos alunos questão 9 atividade I.

Questão 9 – Efeito da adição de resistores na corrente		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta: “aumento da resistência faz a corrente diminuir”.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14	Aproximação intuitiva da Lei de Ohm.
Resposta incorreta: “corrente constante”.	12	Erro conceitual que precisa ser corrigido.
Não responderam	4, 9	

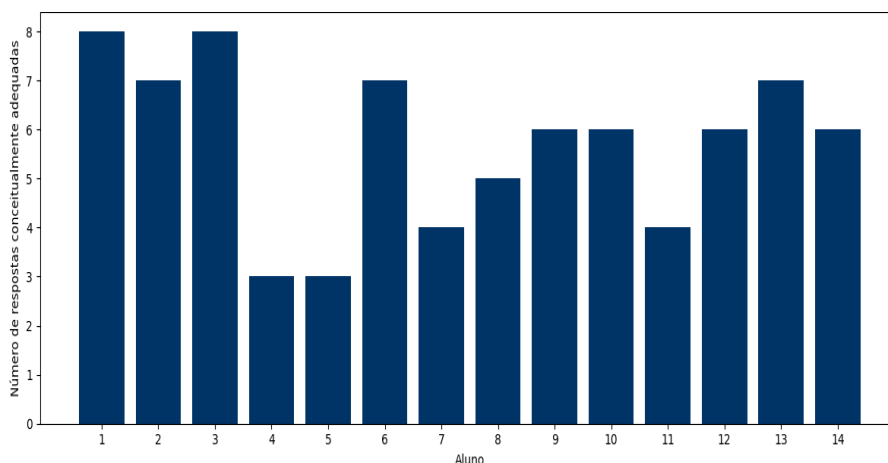
Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas da questão 9º, demonstrou um avanço importante na compreensão dos alunos sobre o comportamento das grandezas elétricas em um circuito. A maioria (alunos 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 14) identifica corretamente que o aumento da resistência leva à diminuição da corrente, alinhando-se ao princípio da Lei de Ohm. O único equívoco mais evidente aparece na resposta do aluno 12, que afirma que a corrente permanece constante, o que revela uma interpretação incorreta e reforça a necessidade de retomada conceitual.

Dessa forma, os dados indicam que os estudantes estão em um estágio de transição entre uma compreensão empírica e uma abordagem mais conceitual do tema, o que é bastante positivo. Com isso, nesse momento para consolidar essas ideias por meio de atividades que envolvam medições, simulações e a representação matemática da Lei de Ohm, permitindo que o raciocínio intuitivo evolua para uma compreensão sólida e fundamentada.

A figura 22 mostra o gráfico do número de respostas conceitualmente adequadas por aluno. É notável visualizar quais alunos demonstraram maior domínio conceitual e quais ainda precisam de reforço em conteúdos específicos.

Figura 22: Gráfico do número de resposta conceitualmente adequadas por aluno atividade I.



Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Este gráfico expressou o nível de familiaridade prévia dos alunos com os conceitos fundamentais de circuitos elétricos. Como as respostas foram dadas antes das aulas práticas, os resultados oferecem uma importante leitura diagnóstica.

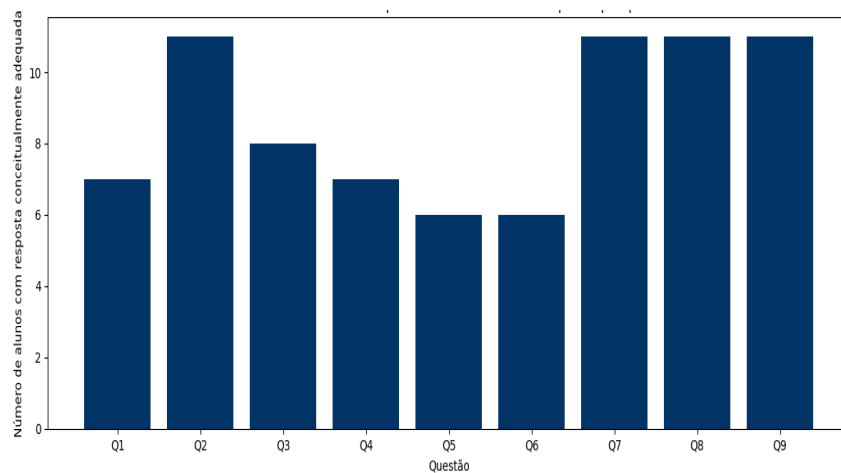
Alunos como 1, 2, 3, 6 e 13 destacam-se por apresentarem vários acertos conceituais, o que sugere que esses estudantes já possuíam um repertório mais estruturado.

Por outro lado, alunos como 4, 5, 7, 8, 10 e 11 apresentam menor número de respostas conceitualmente adequadas, o que é esperado, dada a ausência de atividades práticas e teóricas aprofundadas. Esses casos indicam a necessidade de uma abordagem mais cuidadosa e gradual durante a intervenção didática.

De modo geral, o gráfico permite identificar os diferentes níveis de conhecimento prévio entre os alunos, o que é essencial para planejar estratégias de ensino com as atividades experimentais.

Já a figura 23 mostra o gráfico do número de alunos que responderam corretamente a cada questão. Ele revelou quais tópicos foram mais bem compreendidos e quais exigem mais atenção.

Figura 23: O número de alunos com respostas conceitualmente adequadas por questão.



Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Questões como a 2, 3, 7, 8 e 9 tiveram um número relativamente alto de acertos, o que indica que há noções prévias importantes já internalizadas pela maioria da turma especialmente sobre o papel da bateria, o comportamento da corrente em diferentes configurações de circuitos e até sobre a função prática de componentes, como o resistor.

Já a questão 5° (instrumento para medir corrente) teve relativamente menos acertos, indicando confusão comum entre amperímetro e voltímetro.

A questão 6° também teve desempenho misto, o que mostra que, embora o termo "tensão" seja familiar, seu significado técnico ainda não está bem consolidado.

A análise qualitativa revela que os alunos apresentaram conhecimentos prévios medianamente estruturados, com maior domínio conceitual sobre corrente e tensão elétrica, e menor domínio sobre instrumentos de medição e funções específicas de componentes, como o resistor. Apesar de algumas respostas incompletas ou imprecisas, notou um esforço por parte dos alunos em descrever os fenômenos com base em experiências cotidianas e associações práticas, o que é coerente com a perspectiva da aprendizagem significativa de Ausubel, que fundamenta esta proposta. A atividade I, portanto, cumpre bem seu papel diagnóstico, fornecendo subsídios valiosos para a formulação das próximas etapas do processo de ensino-aprendizagem.

5.1.2 ANÁLISE DA ATIVIDADE II

Na atividade II usa-se a categoria central "Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos". O objetivo principal é investigar como os alunos compreendem as relações entre corrente, tensão e resistência após as aulas experimentais com o simulador Tinkercad e com a protoboard. A análise evidenciou níveis variados de compreensão conceitual, desde respostas descritivas corretas até formulações incompletas ou confusas, revelando pistas importantes sobre a aprendizagem significativa alcançada.

Na questão 1°, foi abordado o funcionamento de circuitos em eletrodomésticos. O quadro 13 mostra como os alunos responderam a questão e um pequeno resumo conceitual de cada resposta.

Quadro 13: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 1 atividade II.

Questão 1 – Conceito: Funcionamento de circuitos em eletrodomésticos		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Uso de vocabulário técnico adequado: “que pode conectar componentes elétricos” ou “distribuição de corrente elétrica”.	1, 3, 4, 6, 10	Respostas com linguagem científica; internalização dos conceitos.
Noções plausíveis com menção a componentes básicos: “funciona através dos componentes elétricos”.	2, 7, 8, 11, 12, 13, 14	Entendimento funcional, mas sem aprofundamento conceitual.
Respostas vagas: “funciona com cabos e fios ou ligado em tomada”	5, 9	Demonstrações iniciais de compreensão, mas com pouca precisão técnica.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Ao analisar a questão 1º, o destaque fica para os alunos 1, 4, 6 e 10 que apresentaram um vocabulário técnico mais preciso e articulado como “conectar componentes elétricos, distribuição de corrente elétrica”, o que evidencia não apenas a internalização dos conceitos, mas também a eficácia das práticas experimentais no Tinkercad e na protoboard como estratégias de aprendizagem. Essas respostas sugerem uma aprendizagem significativa.

Já os alunos 2, 3, 7, 8, 11, 12, 13 e 14 tiveram noções plausíveis sobre o assunto citando “funciona através dos componentes elétricos” que demonstra um conhecimento funcional sobre o conteúdo.

Por outro lado, alunos como os de número 5 e 9 utilizaram termos genéricos ou analogias imprecisas, o que pode indicar uma compreensão ainda em construção. Isso, longe de ser negativo, aponta para a importância de continuar investindo em atividades práticas, que favorecem a transição do conhecimento intuitivo para o conhecimento científico. Dessa forma, a análise reforça o valor pedagógico de metodologias ativas, ao mesmo tempo em que revela a necessidade de intervenções diferenciadas para garantir uma aprendizagem mais equitativa entre todos os estudantes.

Na questão 2º, foi abordado a função da bateria no circuito elétrico, o quadro 14 apresenta as respostas dos estudantes.

Quadro 14: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 2 atividade II.

Questão 2 – Conceito: Função da bateria		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta associação da bateria à geração de corrente: “a bateria fornece energia para o circuito” ou “conversão de energia química em energia elétrica” ou “a bateria alimenta o circuito” ou “gerar tensão para fornecer corrente para o circuito”	1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13	Compreensão clara da conversão de energia; influência positiva da prática.
Resposta geral ou incompleta: “sem a bateria não funciona o circuito”.	5, 14	Falta de clareza no funcionamento da bateria no circuito.
Não respondeu	8	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas revelou um avanço considerável na compreensão dos alunos sobre a função da bateria em circuitos elétricos. A maioria foi capaz de estabelecer corretamente a relação entre a carga da bateria e a geração de corrente, além de destacar sua importância como fonte de energia. Alunos como os de número 1, 3, 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12 e 13 apresentaram respostas que evidenciam não apenas memorização, mas uma real assimilação conceitual, ao mencionarem a conversão de energia química em energia elétrica e sua função indispensável para o circuito como fornecedora de energia. Esse desempenho reforça o potencial das atividades práticas e virtuais como ferramentas eficazes na mediação do conhecimento, especialmente quando se trata de conceitos abstratos como tensão e corrente.

Já os alunos 5 e 14 demonstraram falta de clareza no funcionamento da bateria no circuito. Suas respostas indicam uma compreensão ainda incipiente sobre o papel da bateria como geradora de corrente elétrica.

Na questão 3º tratou a diferença entre circuito em paralelo e em série, o quadro 15 expressa as respostas conceituais dos alunos.

Quadro 15: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 3 atividade II.

Questão 3 – Conceito: Diferença entre circuito em série e paralelo		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta distinção entre corrente e tensão nos dois circuitos: “circuito em paralelo: corrente é diferente para cada resistor diferente, já a voltagem é a mesma em todos os resistores. Para o circuito em série: corrente é a mesma para todos os resistores, mas a tensão é diferente para cada resistor”.	1, 2, 3, 5, 6, 8, 10, 11,12, 13, 14	Domínio conceitual evidente.
Respostas vagas ou parciais: “corrente constante em circuito em série, muda nos resistores em paralelo”	4, 9	Indícios de compreensão, porém com lacunas na explicação.
Confusão conceitual: “circuito em paralelo a corrente é a mesma já em série é diferente.”.	7	Necessário reforço didático.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas à questão 3º, os alunos 1, 2, 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 demonstraram domínio satisfatório dos princípios elétricos, relacionando corretamente a constância da corrente no circuito em série e sua divisão no paralelo, além da variação adequada da tensão em cada configuração. Esse desempenho é um indicativo direto da eficácia das atividades práticas, que permitiram aos alunos visualizar e medir, de forma concreta, o comportamento das grandezas elétricas.

No entanto, a resposta do aluno 7 apontou para uma confusão conceitual, apesar do progresso geral, há ainda lacunas a serem preenchidas. Dessa forma, os dados indicaram que a prática experimental favorece a compreensão, mas que o processo de aprendizagem deve ser contínuo e ajustado às necessidades individuais, garantindo que todos os alunos avancem de forma sólida na construção do conhecimento científico.

A questão 4º, questionou sobre o movimento dos elétrons e a ação do resistor em um circuito, o quadro 16 vai demonstrar as respostas dos alunos.

Quadro 16: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 4 atividade II.

Questão 4 – Conceito: Movimento dos elétrons e ação dos resistores		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Movimento da corrente: “se move de forma ordenada” ou “fluxo de cargas negativas”. Ação do resistor: “conversão de energia em calor, diminui a corrente”.	1, 12	Demonstrações de conhecimento sólido.
Uso de analogias para descrever o movimento de elétrons: “elétrons se movem na borda do fio”. Já a ação do resistor: “dissipa energia, diminui a corrente quando passa pelo resistor”.	2, 3, 4, 5, 8, 10, 11, 12	Estratégias de compreensão válidas; linguagem informal.
Respostas incompletas ou imprecisas. Movimento da corrente: “se move dentro do fio” ou “se movem de mãos dadas”. Já para a ação do resistor: “redução da corrente pelo resistor”.	7, 6, 9, 14	Apontam necessidade de retomada do conceito com visualizações.
Não respondeu	13	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Na análise dessa questão é apresentada uma diversidade de estratégias cognitivas por parte dos alunos para compreender o fenômeno. Muitos recorreram a analogias, como os alunos 9 com a expressão “de mãos dadas”, o que, longe de ser um erro, indica uma tentativa legítima de atribuir sentido a um conceito difícil por meio de representações acessíveis. Já os alunos 3, 7, 8, 11 e 14 responderam de forma incompleta os conceitos cobrados na questão.

Os alunos como o 1 e o 12 demonstraram uma compreensão mais técnica, ao descreverem corretamente a função dos resistores na redução da corrente e na dissipação de energia em forma de calor, evidenciando internalização dos conceitos físicos envolvidos.

Já os alunos 2, 4, 5, 8, 9, 10, 11 e 12, embora tenham utilizado uma linguagem mais informal, demonstrou um domínio conceitual, o que aponta para um processo de aprendizagem em consolidação. Logo, essas respostas evidenciam que o uso de analogias é um recurso cognitivo valioso no ensino de Física. O importante, nesse contexto, é garantir que essas analogias evoluam para representações mais formais e científicas, o que exige um trabalho contínuo de mediação docente, uma vez que, como destaca Terrazzan (1994), o papel do professor é fundamental na transição entre conhecimentos cotidianos e científicos.

Na questão 5º, expressou sobre o amperímetro sua função e como é ligado para medir corrente. O quadro 17 abaixo apresenta alguns conceitos abordados pelos alunos.

Quadro 17: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 5 atividade II.

Questão 5 – Conceito: Função e ligação do amperímetro		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta resposta. Função: “mede corrente”. Ligação: “é ligado em série”.	1, 3, 6, 8, 12, 13, 14	Compreensão bem consolidada sobre o instrumento.
Resposta vaga ou incorreta. Função: “medir corrente ou voltagem”. Ligação: “colocar encima dos fios ou sobre o circuito”	2, 4, 5, 7, 9, 10, 11	Evidenciam dificuldades práticas ou conceituais sobre o uso do amperímetro.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas da questão apontou um domínio parcial do conteúdo entre os alunos. Alunos como 1, 3, 6, 8, 12, 13 e 14 demonstraram conhecimento sólido, indicando corretamente que o amperímetro deve ser ligado em série e que sua função é medir a corrente elétrica. Essas respostas refletem uma compreensão adequada do papel dos instrumentos de medição nos circuitos, resultado positivo das atividades experimentais propostas. No entanto, respostas vagas ou equivocadas de alunos como 2, 4, 5, 7, 9, 10 e 11 mostram que ainda há lacunas conceituais importantes.

Esses dados sugerem que, apesar do progresso observado, a aprendizagem não está plenamente consolidada para todos. Dessa forma, isso reforça a necessidade de ampliar o tempo dedicado ao uso e à interpretação dos instrumentos durante as práticas, além de promover discussões mais aprofundadas sobre suas funções. É fundamental que o aluno não apenas saiba conectar um amperímetro, mas compreenda o porquê de sua posição no circuito e o significado físico dos valores medidos.

A questão 6º, abordou a relação entre tensão e corrente, o quadro 18 exibe as respostas conceituais dos alunos sobre o assunto.

Quadro 18: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 6 atividade II.

Questão 6 – Conceito: Relação entre tensão e corrente (Lei de Ohm)		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta: “a tensão empurra a corrente” ou “só existe corrente no circuito se houver tensão”.	2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 14	Clareza conceitual com uso de linguagem formal que aponta para avanço teórico-prático.
Respostas parciais ou superficiais: “tensão é a quantidade de energia” ou “tensão é carga”.	1, 4, 5, 7, 9	Conceitos formulados de forma errada.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Um número expressivo de respostas, como as dos alunos 2, 3, 6, 8, 10, 11, 12, 13 e 14, mostrou clareza ao afirmar que a tensão tem a função de "empurrar" a corrente elétrica pelo circuito. Essa analogia, embora simplificada, é didaticamente eficaz e demonstra uma aproximação com o entendimento necessário para aplicar a Lei de Ohm. Isso evidencia que as atividades práticas, ao possibilitarem a manipulação e observação direta das grandezas envolvidas, promovem a aprendizagem significativa.

Por outro lado, as respostas de alunos como 1, 4, 5, 7 e 9 foram vagas ou conceitualmente imprecisas, confundindo tensão com carga ou energia. Esse dado aponta que ainda há dificuldades na distinção entre as grandezas elétricas, o que reforça a importância de continuar trabalhando esses conceitos de forma integrada, com práticas, simulações e explicações progressivamente mais precisas.

Então, o desempenho geral foi positivo, mas a heterogeneidade nas respostas reforça a necessidade de estratégias diferenciadas para garantir que todos os alunos atinjam uma compreensão sólida e funcional desses conceitos fundamentais da eletricidade.

Na questão 7° trabalhou como é a conexão do voltímetro no circuito, o quadro 19 mostra como os alunos formularam suas ideias.

Quadro 19: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 7 atividade II.

Questão 7 – Conceito: Ligação do voltímetro		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta: “ligado sobre os fios e em paralelo”.	1, 3, 4, 12, 10	Mostram domínio da aplicação prática e conceitual.
Respostas incompletas: “ligar sobre os fios, ou por cima dos fios”.	2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 14	Compreensão incompleta, mas mantem a forma correta de usar o voltímetro.

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise da questão mostrou resultados bastante positivos em termos de compreensão prática por parte dos alunos. Alunos como 1, 3, 4 e 12 demonstraram domínio técnico ao afirmar explicitamente que o voltímetro deve ser conectado em paralelo.

Por outro lado, a maioria, incluindo os alunos 2, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13 e 14, usou expressões como “ligar por cima” ou “sobre os fios”, que, embora mais informais, revelaram entendimento funcional da conexão em paralelo. Essa linguagem, apesar de não técnica, é coerente com o que se observa na prática durante os experimentos com o voltímetro, e mostra que os alunos desenvolveram uma intuição correta sobre o uso dos instrumentos de medição.

Portanto, isso evidencia que as atividades experimentais desempenharam um papel fundamental na construção do conhecimento, ao permitir que os alunos vivenciem o uso real dos aparelhos e internalizassem sua aplicação.

Na questão 8°, trabalhou a função do resistor em um circuito e o quadro 20 resume as ideias conceituais dos alunos.

Quadro 20: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 8 atividade II.

Questão 8 – Conceito: Função do resistor (controle de corrente)		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta: “regula, diminuir, reduz ou controla o fluxo de corrente e protegendo o circuito”.	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14	Compreensão adequada da função do resistor no circuito.
Respostas incompletas: “com resistor a corrente varia ou controla a produção de corrente no circuito”	9	Reforçar a relação entre resistência e intensidade da corrente.
Não respondeu	4	

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas à questão 8 revelou que a maioria dos alunos compreendeu adequadamente a função do resistor em um circuito elétrico, associando-o ao controle do fluxo de corrente e à proteção de outros componentes. Alunos como 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13 e 14 demonstraram essa compreensão de forma clara, evidenciando que a relação entre resistência e corrente foi bem assimilada nas atividades práticas realizadas. Esse resultado indica que a experimentação desempenhou papel essencial ao tornar visível e mensurável o comportamento da corrente diante da presença de resistores.

Contudo, respostas mais vagas dos alunos 3 e 9 revelaram que ainda há dificuldades em compreender os efeitos quantitativos da resistência, como a aplicação da Lei de Ohm ou a influência direta no valor da corrente. No entanto, esse dado aponta para a necessidade de aprofundar a discussão teórica após a prática, explorando os cálculos e as relações matemáticas envolvidas.

Por fim, a questão 9° explorou o conceito de distribuição de tensão em circuitos em série e em paralelo e o quadro 21 apresenta as respostas dos alunos.

Quadro 21: Comportamento das grandezas físicas em diferentes configurações de circuitos, questão 9 atividade II

Questão 9 – Conceito: Distribuição da tensão em série e paralelo		
Padrão de Resposta	Alunos	Observações
Correta: “tensão se divide em série e é constante em paralelo”.	1, 6, 9, 11, 12, 13, 14	Clareza conceitual observada.
Respostas incompletas: “voltagem é a mesma, ou se mantém constante no circuito em paralelo”	2, 3, 4, 5, 7, 8, 10	Faltou mencionar o circuito em série.

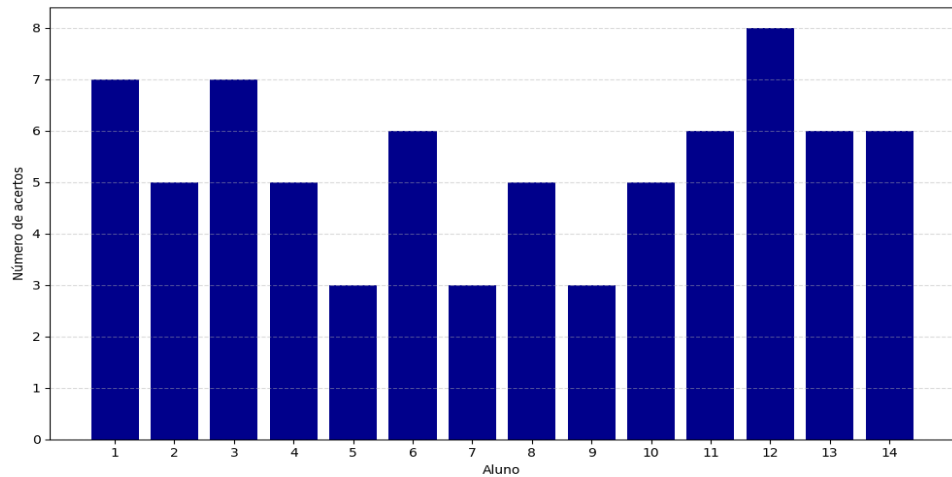
Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise da questão 9^o mostra que, apesar de ser a última da atividade, um grupo significativo de alunos demonstrou sólida compreensão sobre a distribuição da tensão em diferentes configurações de circuitos. Alunos como 1, 3, 6, 9, 11, 12, 13 e 14 explicaram com clareza que, em série, a voltagem se divide entre os componentes, enquanto no paralelo ela se mantém constante. Essa distinção é fundamental para a compreensão do comportamento elétrico dos circuitos e mostra que as experiências práticas contribuíram diretamente para essa assimilação.

Por outro lado, alunos como 2, 4, 5, 7, 8 e 10 apresentaram respostas incompletas, limitando-se ao circuito em paralelo. Pode-se observar que esse resultado pode ser parcialmente atribuído ao cansaço dos alunos ou ao tempo limitado ao final da atividade, o que é comum em avaliações extensas. Ainda assim, mesmo essas respostas mostram que ao menos parte do conteúdo foi compreendida, o que é positivo.

A figura 24 apresenta a quantidade de respostas conceitualmente corretas fornecidas por cada aluno. Ele permite identificar quais estudantes possuem maior domínio dos conceitos abordados e quais ainda necessitam de apoio em determinados conteúdo.

Figura 24: Gráfico do número de respostas conceitualmente adequadas por aluno.



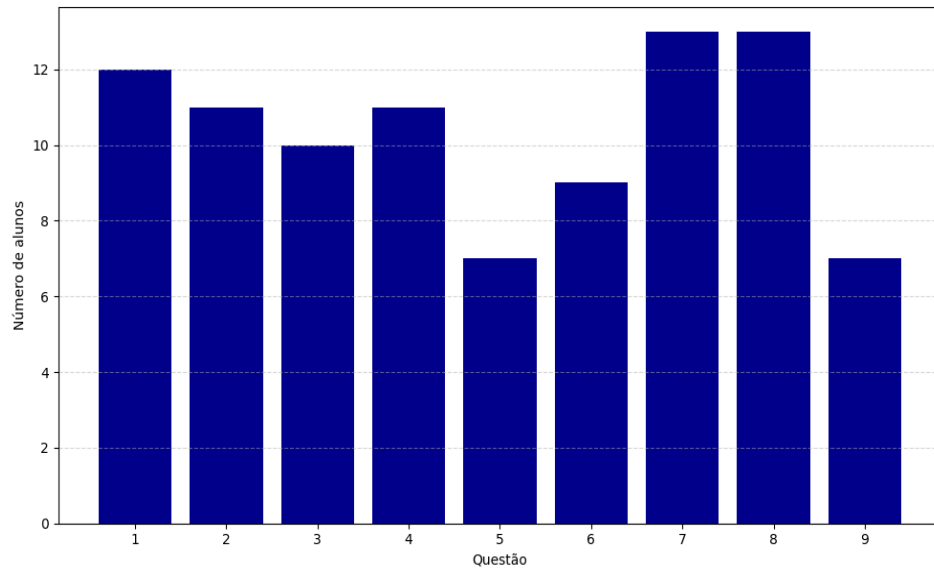
Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A figura 24 evidencia uma distribuição relativamente equilibrada no desempenho dos alunos, com destaque para os alunos 1, 3, 6, 12, 13 e 14, que apresentaram maior número de respostas conceitualmente adequadas. Esse resultado aponta para uma boa assimilação dos conceitos trabalhados ao longo das atividades experimentais.

Em contrapartida, alunos como os de número 5, 7 e 9 apresentaram menor número de acertos, o que pode indicar dificuldades específicas na compreensão de certos conceitos ou na linguagem técnico-científica utilizada.

Por sua vez, a figura 25 apresenta a quantidade de alunos que acertaram cada questão. Essa visualização indica quais temas foram mais assimilados pela turma e quais ainda demandam maior dedicação.

Figura 25: Gráfico do número de alunos com respostas conceitualmente adequadas por questão



Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise do gráfico da figura 25 revelou o desempenho dos alunos quanto à compreensão conceitual dos tópicos abordados na atividade. Questões como a 2, que tratava da função da bateria, e a 7, sobre a forma correta de conectar o voltímetro, apresentaram um número expressivo de respostas conceitualmente adequadas. Esse resultado sugere que os alunos assimilaram com maior clareza conceitos fundamentais relacionados à fonte de energia dos circuitos elétricos e à instrumentação de medição, indicando que as atividades práticas propostas contribuíram de forma significativa para essa internalização.

Por outro lado, a questão 5ª, que abordava o uso do amperímetro, teve um número consideravelmente menor de acertos, o que indica uma confusão recorrente entre amperímetro e voltímetro, tanto em relação à sua função quanto à forma correta de conexão no circuito. Esse dado destaca a necessidade de reforçar o ensino sobre instrumentos de medição, talvez com atividades mais específicas ou comparativas entre os dois aparelhos.

A questão 8ª, que investigava a função do resistor, também apresentou um número elevado de respostas adequadas, o que reflete a eficácia das atividades experimentais na consolidação da relação entre resistência e corrente elétrica. Esse desempenho reforça o papel da experimentação como ferramenta para tornar visível e palpável o comportamento das grandezas elétricas.

Já as questões 4 e 6, que exigiu maior abstração ao tratar do movimento dos elétrons e do papel da tensão como força impulsionadora da corrente, apresentaram desempenho intermediário. Embora muitos alunos tenham recorrido a analogias para explicar esses

fenômenos, ainda se observaram respostas vagas ou incompletas, evidenciando que esses conteúdos demandam maior atenção didática.

Por fim, a questão 9º, que exigiu a distinção entre a distribuição da tensão em circuitos em série e paralelo, foi bem respondida por uma parcela significativa dos alunos, especialmente aqueles que demonstraram domínio sobre o comportamento das grandezas elétricas em diferentes configurações. Apesar de ser a última questão da atividade, o bom desempenho indica que os objetivos pedagógicos foram, em grande parte, atingidos, refletindo a eficácia da proposta metodológica baseada na experimentação.

5.1.3 ANÁLISE DA ATIVIDADE III.

As respostas evidenciaram que a simulação no Tinkercad e a montagem prática na protoboard proporcionaram experiências distintas aos alunos, tanto no manuseio dos componentes quanto na observação dos resultados físicos. Ressalta-se que uma mesma resposta de determinado aluno pode contemplar diferentes aspectos analisados, sendo, portanto, considerada mais de uma vez nos destaques apresentados.

Na questão 1º é questionou aos alunos sobre comparação entre simulação e a montagem real. O quadro 22 demonstra as concepções dos alunos.

Quadro 22: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 1 atividade III

1º questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Diferenças percebidas entre simulação e prática	Diferença nas medidas do virtual ao real.	2, 3, 4
	Aspecto físico e manuseio dos componentes	6, 8, 9, 10, 11, 13
	Montagem real exige atenção com tamanho, posição e instrumentos.	5, 12
	Não responderam	1, 7, 14

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Ao analisar observou percepções diversas, mas complementares, sobre a comparação entre simulação e experimentação real. Considerou-se que a divergência nos valores medidos pelo voltímetro, que foram mencionados pelos alunos 1, 2, 3, 4, 7 e 14, é um indicativo importante de que a prática real traz variáveis que enriquecem a aprendizagem. Enquanto a simulação apresenta um ambiente idealizado, sem interferências externas, o experimento físico exige que o aluno lide com fatores como contato imperfeito, resistência dos fios e falhas humanas na montagem, tornando o aprendizado mais realista.

Além disso, o manuseio dos componentes, ressaltado por alunos 6, 8, 9, 10, 11 e 13, contribui para o desenvolvimento de habilidades motoras e cognitivas essenciais à prática científica. O destaque dado pelos alunos 5 e 12 à motivação maior durante a montagem prática real revela o impacto positivo e é resultado do aspecto da interação direta com os materiais. Dessa forma, esses dados reforçam a importância de uma abordagem híbrida no ensino de circuitos elétricos e o processo de ensino-aprendizagem se torna mais completo, significativo e estimulante.

Na questão 2º é perguntado para os alunos sobre os desafios da montagem prática. O quadro 23 demonstra os aspectos destacados pelos alunos.

Quadro 23: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 2 atividade III

2º questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Desafios da montagem prática	Dificuldades técnicas no manuseio de componentes reais (encaixe de LEDs e resistores).	1, 2, 6, 10, 12, 14
	Medo de danificar componentes – carga emocional associada à prática.	1, 7, 9, 14
	Não responderam	3, 4, 5, 8, 11, 13

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

Ao analisar a questão 2º destaca-se a discrepância entre o ambiente virtual de simulação e a realidade prática da montagem de circuitos elétricos. Os alunos (1, 2, 6, 10, 12 e 14) relataram dificuldades técnicas no manuseio dos componentes reais, principalmente no encaixe de LEDs e resistores, o que revela uma lacuna entre o conhecimento teórico-prático assimilado na simulação e a habilidade motora exigida na prática. Além disso, o medo de danificar os componentes, apontado pelos alunos 1, 7, 9 e 14 indica que o ambiente real carrega uma carga emocional significativa, marcada pelo receio do erro e pela insegurança diante do desconhecido.

Diferentemente da simulação, que permite múltiplas tentativas sem prejuízos materiais, o uso dos kits reais demanda mais cautela, o que pode inibir a experimentação livre. Do ponto de vista pedagógico, isso reforça a importância de uma mediação cuidadosa nesse momento de transição, com apoio constante do professor para encorajar a autonomia dos alunos. Argumento que, ao invés de um entrave, essa dificuldade pode ser transformada em uma oportunidade formativa, ao trabalhar com os estudantes o valor do erro como parte do processo de aprendizagem e da construção da autoconfiança frente aos desafios experimentais.

Na questão 3º, abordou sobre identificação e conexão de componentes. O quadro 24 vai mostrar as ideias dos alunos.

Quadro 24: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 3 atividade III

3º questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Identificação e conexão de componentes.	Dificuldade na identificação de componentes pequenos (resistores e LEDs)	1, 2, 3, 9
	Dificuldade de fixação dos componentes na protoboard.	1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12, 14
	Simulação facilitou a prática real	5, 8, 13
	Não responderam	4, 11

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise da questão 3º revelou um consenso importante entre os alunos: a percepção dos componentes reais, como resistores e LEDs, como pequenos e frágeis, o que dificulta tanto a sua identificação quanto a fixação na protoboard. Essa constatação, feita pelos alunos 1, 2, 3, 6, 7, 9, 10, 12 e 14, evidencia uma barreira concreta no processo de aprendizagem prática, especialmente para iniciantes, que muitas vezes não possuem familiaridade com os aspectos físicos dos componentes.

No entanto, é relevante destacar que os estudantes 5, 8 e 13 apontaram que a prática anterior na simulação contribuiu positivamente para a execução das atividades reais, mostrando que o ambiente virtual, mesmo não substituindo a prática manual, pode desempenhar um papel importante como etapa preparatória. Argumento que essa combinação entre simulação e prática física é essencial, pois reduz a insegurança, oferece um espaço seguro para a construção conceitual e favorece a transição para a experiência sensorial. Assim, a tecnologia não deve ser vista como substituta, mas como mediadora no desenvolvimento de habilidades cognitivas e procedimentais.

Ao serem questionados sobre a visualização das quedas de tensão e variação da corrente elétrica na questão 4º os alunos responderam.

Quadro 25: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 4 atividade III

4º questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Visualização das quedas de tensão e variação da corrente elétrica	Corrente elétrica não mensurada na prática	1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14
	Tensão elétrica mais acessível Simulação facilita a visualização e compreensão dos valores	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas dos alunos 1, 2, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 14 revelou um dado pedagógico relevante: a corrente elétrica não mensurada na prática, enquanto a tensão foi mais frequentemente verificada. Esse fato foi observado em sala de aula, a dificuldade na conexão em série do amperímetro no circuito real, porém a tensão elétrica a maioria dos alunos realizaram a conexão correta que é conectar o voltímetro em paralelo. Essa forma de conexão é mais fácil tecnicamente, pois é apenas conectar sobre o circuito como muitos citaram na atividade II. Percebeu-se durante a medição que falta de conhecimento sobre sua correta configuração especialmente no que diz respeito à necessidade de abrir o circuito para medir a corrente.

Em contrapartida, a simulação demonstrou ser mais eficaz nesse ponto, pois os alunos conseguiram medir corrente e tensão. Dessa forma, a simulação oferece uma visualização direta e segura dos valores das grandezas, sem exigir do aluno um manuseio mais técnico. Essa diferença evidencia o papel essencial do ambiente virtual como etapa formativa, onde o foco pode ser direcionado à compreensão conceitual antes da aplicação prática. Ao mesmo tempo, essa limitação na prática real destaca a necessidade de maior ênfase, durante as aulas, na instrumentação e nas estratégias para medir corrente elétrica com segurança.

Na 5ª questão, a maioria dos alunos declarou que os resultados obtidos na prática diferiram dos simulados. O quadro 25 expressa às respostas dos alunos

Quadro 26: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 5 atividade III

5ª questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Comparação dos resultados do simulador versus experimentação real.	Simulação idealizada vs. realidade prática : “resistência dos fios, perdas, conexões imperfeitas”.	2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14
	Não responderam	1, 4, 5

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise da questão 5ª apontou um dado extremamente positivo os alunos 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13 e 14 reconheceram que a simulação representa um sistema idealizado, que desconsidera variáveis presentes no experimento real, como a resistência dos fios, as conexões imperfeitas e as perdas de energia. Esse reconhecimento, relatado por diversos alunos, revela que eles foram capazes de identificar as limitações do modelo virtual em comparação à prática concreta. Essa percepção crítica representa um avanço significativo no processo de aprendizagem científica, pois demonstra a capacidade de transitar entre o modelo teórico e a realidade experimental. Esse tipo de análise evidencia que os alunos não apenas

reproduziram procedimentos, mas desenvolveram uma compreensão mais profunda sobre o funcionamento dos circuitos e sobre as limitações inerentes aos recursos utilizados.

A 6ª questão, trabalhou sobre a reflexão sobre o que aprenderam com a experiência. O quadro 27 mostra as ideias dos alunos.

Quadro 27: Comparação entre simulação e experimentação real, questão 6 atividade III

6ª questão	Aspectos Destacados	Alunos Envolvidos
Diferenças percebidas entre simulação e prática	Simulação como preparação	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14.
	Prática como consolidação do conhecimento	2, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11
	Sugestões: “mais tempo”, “componentes maiores e resistentes”, “inclusão de interruptores para ligar e desligar o circuito”.	1 (tempo), 2 (usar interruptores de liga e desliga), 6, 7 (componentes).

Fonte: Elaboração pelo autor, 2025.

A análise das respostas evidenciou uma percepção madura e construtiva por parte dos alunos quanto ao processo de aprendizagem em circuitos elétricos. Os alunos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 e 14 destacaram a simulação como uma ferramenta preparatória eficaz, que possibilita a compreensão inicial dos conceitos sem o risco de erros físicos.

No entanto, os alunos 2, 3, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 também reconheceram que a prática foi essencial para consolidar esse conhecimento, vivenciando na realidade o comportamento dos circuitos. Essa combinação é extremamente produtiva: a simulação oferece segurança e clareza conceitual, enquanto a prática promove a experiência concreta e o enfrentamento de desafios reais. É especialmente relevante o fato de que os alunos não encararam os erros práticos como fracassos, mas como parte do processo de aprendizagem, uma postura fundamental para o desenvolvimento científico.

Já os alunos 1, 2, 6 e 7 deram várias sugestões de melhorias, como maior tempo de aula, componentes mais robustos e introdução de novos elementos, mostram que os alunos estão engajados e desejam aprofundar a experiência.

Em síntese, a análise das respostas da atividade III revelou que os alunos foram capazes de estabelecer comparações críticas entre os ambientes virtual e físico, reconhecendo os limites e as potencialidades de cada abordagem. A simulação foi valorizada por sua acessibilidade, clareza e segurança, enquanto a prática foi vista como uma etapa mais desafiadora, porém fundamental para a compreensão concreta dos fenômenos elétricos. A experiência permitiu aos estudantes perceber que os modelos teóricos não representam com

exatidão a complexidade da realidade, e que a prática experimental traz consigo variáveis que enriquecem o processo de aprendizagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de circuitos elétricos adquire maior profundidade quando teoria, simulação e prática se complementam de forma articulada. A experimentação, seja em ambiente virtual ou real, revela-se essencial para a promoção de uma aprendizagem significativa, ao transformar conceitos abstratos em experiências concretas. A primeira atividade com o objetivo de extrair os conhecimentos prévios evidenciou que muitos estudantes possuíam apenas uma compreensão teórica e fragmentada dos circuitos, demonstrando dificuldades em visualizar, na prática, as relações entre tensão, corrente e resistência. Tal constatação reforça uma limitação recorrente no ensino tradicional de Física: a predominância da abstração em detrimento da conexão com o mundo real.

Com a introdução da plataforma Tinkercad e, posteriormente, do uso da protoboard, observou-se uma mudança significativa na compreensão demonstrada pelos estudantes. A simulação digital possibilitou a formulação e o teste de hipóteses de forma livre e segura, sem o receio de cometer erros. Já a montagem real apresentou desafios que extrapolam o ambiente virtual, como a imprecisão das medições, o manuseio físico dos componentes e a frustração diante de circuitos que não funcionam por falhas aparentemente simples, como uma conexão mal realizada.

Na segunda atividade, tornou-se evidente que os estudantes passaram a internalizar o funcionamento dos circuitos, indo além da simples memorização de fórmulas. Aqueles que inicialmente confundiam ligações em série e paralelo, passaram a prever corretamente o comportamento da corrente em cada tipo de configuração. Outros, que demonstravam dificuldade na aplicação da Lei de Ohm, passaram a utilizá-la com maior naturalidade ao ajustar resistências e aferir tensões. Essa evolução evidencia como a experimentação torna a Física mais concreta e desperta maior interesse e curiosidade nos discentes.

A terceira atividade, por sua vez, destacou a complementaridade entre a simulação virtual e a experimentação com componentes físicos. Enquanto o Tinkercad oferece um ambiente seguro e controlado para a exploração de conceitos, o uso da protoboard exige habilidades manuais e pensamento técnico, já que falhas na montagem podem comprometer o funcionamento do circuito ou até danificar componentes. Alguns estudantes relataram ter subestimado, inicialmente, a complexidade do trabalho com os materiais reais, mas afirmaram que, ao superarem tais obstáculos, alcançaram uma compreensão mais sólida dos fenômenos físicos envolvidos.

Esse processo de aprendizagem demonstrou potencial para enriquecer não apenas o ensino de circuitos elétricos, mas também a forma como a Física é compreendida. Ao

observarem a teoria se concretizar em um LED que acende, em um resistor que diminuir o fluxo de corrente ou em um voltímetro que registra a voltagem, os estudantes deixam de enxergar a disciplina como um conjunto de fórmulas distantes e passam a percebê-la como uma ciência viva, aplicável e instigante. A experimentação, tanto virtual quanto física, estimula o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a criatividade, habilidades essenciais não apenas no campo da Física, mas em diversas áreas técnicas e científicas.

Conclui-se, portanto, que a integração entre simulação digital e prática experimental deve ocupar um papel central no ensino de circuitos elétricos. A trajetória dos estudantes ao longo das atividades indicou que, quando a teoria é acompanhada da experimentação, o processo de aprendizagem torna-se mais duradouro e significativo. O desafio que se impõe aos educadores é o de equilibrar essas abordagens, garantindo que os estudantes tenham a oportunidade de explorar livremente conceitos em ambientes virtuais, ao mesmo tempo em que enfrentam os desafios concretos do trabalho experimental. Assim, a Física deixa de ser percebida como um conhecimento abstrato e passa a assumir seu papel como ferramenta poderosa para compreender e transformar o mundo ao redor.

REFERENCIAL

AFONSO, A. P. *Experimentação e formação científica: uma abordagem reflexiva no ensino de Física*. São Paulo: Cortez, 2013.

ALMEIDA, J.; COSTA, R. O uso de simuladores virtuais no ensino de Física: contribuições para a prática docente. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 2, p. 45-58, 2022.

AUSUBEL, D. P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David Paul. *Educational Psychology: A Cognitive View*. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

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

BATISTA, W. O. et al. Sequência didática investigativa com uso de experimentação no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 14, n. 2, p. 45-62, 2021.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 15 abr. 2025.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. São Paulo: Cortez, 2006.

COELHO, M. C. S. Simuladores e a aprendizagem significativa no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n. 1, p. 85-102, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

DOS SANTOS, Fernanda de Oliveira. *Aprendizagem significativa e o ensino de ciências: uma proposta de abordagem teórico-metodológica*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2013.

EVANGELISTA, W. L. et al. Propostas metodológicas para o ensino de Física: contribuições para a prática docente. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 10, n. 3, p. 20-33, 2019.

FERREIRA, L. S. A gamificação no ensino de Ciências: uma abordagem com simuladores virtuais. *Revista Eletrônica de Educação*, v. 14, n. 3, p. 1120-1137, 2020.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. *Fundamentos de Física: eletromagnetismo*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de Física*. v. 3: Eletromagnetismo. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

HAMZA-LUP, F. G.; KOCADAG, H. The impact of interactive simulations in Physics education. *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, v. 15, n. 12, p. 112-127, 2019.

HODSON, D. Towards a philosophically more valid science curriculum. *Science Education*, v. 78, n. 1, p. 1–16, 1994.

LIMA, A. A. Aprendizagem significativa e simuladores no ensino de Física: contribuições para o desenvolvimento do raciocínio científico. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 12, n. 4, p. 203-220, 2021.

LIMA, E. S.; SILVA, R. F. Kits experimentais como recurso no ensino de Física: possibilidades e limitações. *Revista Educação e Tecnologia*, v. 3, n. 1, p. 20–27, 2018.

MASSOLINE, R. C. O uso de sequências didáticas no ensino de Física: possibilidades e desafios. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 36, n. 1, p. 123-142, 2019.

MIRAS, M. A. *A construção do conhecimento escolar*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: da teoria à sala de aula*. 3. ed. São Paulo: Centauro, 2011.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa na prática*. 2. ed. São Paulo: Centauro, 2018.

MOREIRA, Marco Antônio. *Teoria da Aprendizagem Significativa: um referencial para a melhoria do ensino de ciências*. 3. ed. São Paulo: Centauro, 1999.

NASCIMENTO, J. A. Tecnologias digitais e ensino de ciências: reflexões e práticas. *Revista Ciência & Ensino*, v. 2, n. 4, p. 58-70, 2017.

NOVAK, Joseph D. *Aprendizado significativo: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica*. v. 3. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2012.

PEREIRA, R. C. et al. Sequência didática e aprendizagem significativa: um estudo no ensino de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 17, n. 3, p. 480-495, 2018.

SANTOS, Carla; PEREIRA, Lucas; ALMEIDA, Fernanda. Integração de simulações virtuais e práticas experimentais no ensino de eletrônica básica. *Cadernos de Física da Educação Básica*, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p. 45-58, 2021. Disponível em: <https://revistaexemplo.org/cfeb>. Acesso em: 13 ago. 2025.

SANTOS, F. M.; MORTIMER, E. F. Investigação no ensino de Ciências: concepções e práticas docentes. *Ciência & Educação*, v. 8, n. 1, p. 85–104, 2002.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W. *Física III: Eletromagnetismo*. 14. ed. São Paulo: Pearson, 2020.

SILVA, J. A. Aplicação de sequências didáticas no ensino de Física: uma abordagem significativa. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 2, p. 321-340, 2018.

SILVA, J. A. et al. O uso de materiais didáticos no ensino de Física: concepções e práticas. *Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 7, n. 1, p. 42-55, 2014.

SILVA, J. P.; SANTOS, M. C. O uso de simuladores no ensino de Física: um estudo de caso. *Caderno de Educação, Tecnologia e Sociedade*, v. 13, n. 1, p. 90-98, 2020.

SILVA, João; FERREIRA, Marcos. Uso do Tinkercad como ferramenta de apoio ao ensino de circuitos elétricos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 44, n. 2, p. 1-12, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/rbef.2022>.

SOUZA, T. M. Simuladores como ferramentas pedagógicas no ensino de Física. *Revista Brasileira de Tecnologias Educacionais*, v. 9, n. 1, p. 77-89, 2019.

TEODORO, V. D. *Simulações computacionais no ensino de Física: teoria e prática*. São Paulo: Cortez, 2017.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. *O ensino de Ciências e a construção do conhecimento escolar*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1994.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. *Física para Cientistas e Engenheiros*. v. 2. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

UTTA, A. O papel da mediação docente na aprendizagem significativa. *Revista Educação e Fronteiras*, v. 1, n. 3, p. 17-29, 2011.

YECHKALO, Y. Simulation tools for teaching Physics in secondary school. *Journal of Physics: Conference Series*, v. 1096, n. 1, p. 1-6, 2018.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

CIRCUITOS ELÉTRICOS DO VIRTUAL AO REAL:

CONECTANDO TEORIA E PRÁTICA
COM TINKERCAD E EXPERIMENTOS





UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA – MNPEF POLO 26

Guilherme Brendo Medeiros dos Santos

PRODUTO EDUCACIONAL

CIRCUITOS ELÉTRICOS DO VIRTUAL AO REAL: CONECTANDO TEORIA E
PRÁTICA COM TINKERCAD E EXPERIMENTOS.

Teresina- PI
2025

Guilherme Brendo Medeiros dos Santos

**CIRCUITOS ELÉTRICOS DO VIRTUAL AO REAL: CONECTANDO TEORIA E
PRÁTICA COM TINKERCAD E EXPERIMENTOS.**

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: O USO DA PLATAFORMA TINKERCAD E KITS EXPERIMENTAIS PARA PROMOVER A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA EM CIRCUITOS ELÉTRICOS NO ENSINO MÉDIO, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 26 – UFPI / IF Teresina-PI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(a): Prof(a). Dr (a). Edina Maria de Sousa Luz

TERESINA
2025

AGRADECIMENTOS

A Deus, minha eterna gratidão por ter me concedido forças, sabedoria e perseverança para superar cada desafio ao longo desta jornada do Mestrado Profissional em Ensino de Física.

À Universidade Federal do Piauí, pela oportunidade de integrar um programa de pós-graduação tão relevante para a formação continuada de professores da área.

Dedico este trabalho à minha família, pelo apoio incondicional em todos os momentos. À minha mãe, por ser meu alicerce, exemplo de coragem e dedicação. À minha esposa Renata, por seu amor, paciência, companheirismo e por estar ao meu lado mesmo nos dias mais desafiadores deste percurso.

Aos colegas de turma Emmanuel, Fernando, Tayla, Amarantes, Felipe, Huanderson, Edivaldo, Eduardo, Ayrton, Jorge, Flavio, Paulo e Rebeca, minha profunda gratidão, pelo incentivo mútuo e pelos momentos de convivência que tornaram essa jornada mais leve e enriquecedora.

Aos coordenadores e docentes do MNPEF – Polo 26, agradeço pelas valiosas contribuições, orientações e pelo compromisso com uma formação de qualidade. Cada etapa desse processo foi marcada por aprendizados que levarei para toda a vida. Agradeço também à minha orientadora, Prof^a Dr^a Edinada Maria, pela orientação segura, incentivo constante e dedicação ao longo deste trabalho.

Este estudo contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES), por meio do Código de Financiamento 001.

Muito obrigado a todos que, de alguma forma, fizeram parte desta conquista.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	7
2.1 AULA 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL.....	7
2.2. APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA TINKERCAD.....	8
2.2.1 COMO ACESSAR A PLATAFORMA TINKERCAD	8
2.2.3 RECURSOS PRINCIPAIS DA PLATAFORMA.....	11
2.3 AULA 2: INTRODUÇÃO AO TINKERCAD E OS CONCEITOS BÁSICOS DE CIRCUITOS.	11
2.3.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO: CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES	11
2.4 SEGUNDO EXPERIMENTO: MEDINDO TENSÃO E CORRENTE EM UM CIRCUITO SIMPLES.....	12
2.5 TERCEIRO EXPERIMENTO: CIRCUITO EM SÉRIE	14
2.6 QUARTO EXPERIMENTO: CIRCUITO EM PARALELO	16
2.7 QUINTO EXPERIMENTO: USO DE POTENCIÔMETRO PARA CONTROLAR A CORRENTE	17
3. AULA 3: MONTAGENS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS NO TINKERCAD	18
4 AULA: 4 MONTAGENS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS NA PROTOBORD.	24
5 AULA 5: CONCLUSÕES SOBRE OS FEEDBACKS DOS ALUNOS:	30
REFERÊNCIAS	32
APÊNDICES:.....	33

1. INTRODUÇÃO

Prezados(a) professor(a) este produto educacional visa usar uma plataforma virtual de simulação chamada Tinkercad de circuito elétrico associado a kits experimentais para o ensino de circuitos elétricos. A sequência didática foi formalizada para turmas do 2º ano do ensino médio.

O objetivo desse produto educacional visa apresentar possibilidades pedagógicas acessíveis para os professores de Física e Ciências no que diz respeito ao ensino de circuitos elétricos. Com o uso em conjunto de uma plataforma virtual Tinkercad associadas a kits experimentais, torna-se uma ferramenta essencial para o ensino de circuitos elétricos no ensino básico.

A sequência didática é fundamentada na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (1968), que defende que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando os novos conhecimentos são ancorados em conceitos previamente adquiridos. Neste contexto, o uso da plataforma Tinkercad permite que os alunos relacionem a teoria dos circuitos elétricos com a prática, ao visualizar e manipular os componentes em um ambiente virtual antes de aplicá-los fisicamente com os kits experimentais. Esse processo facilita a construção do conhecimento de forma significativa, à medida que os alunos associam as novas informações às suas experiências e conhecimentos anteriores.

Com base nessas observações, ressalta-se a importância de que os conceitos científicos sejam apresentados de forma que estejam dentro de um campo de possibilidades compreensíveis e acessíveis ao estudante. Dessa maneira, as ideias prévias dos discentes em relação ao contexto do objeto de estudo podem ser identificadas por meio de diálogos e/ou atividades que permitam a expressão de seus conhecimentos anteriores sobre o tema e suas experiências sociais. Como exemplo, pode-se considerar a questão: "O que é eletricidade?": entendida como uma forma de energia que pode ser utilizada para acender lâmpadas, ligar aparelhos eletrônicos, entre outros.

Posteriormente, cabe ao professor estruturar os conceitos apresentados pelos estudantes e associá-los aos conceitos científicos relacionados ao conteúdo abordado.

Para que ocorra a aprendizagem significativa, duas condições são necessárias. Em primeiro lugar, é preciso que haja disposição para aprender, o que gera um processo de memorização dos conteúdos, denominado aprendizagem mecânica. Em segundo lugar, o conteúdo escolar a ser aprendido deve ser potencialmente significativo, ou seja, deve apresentar significado lógico e psicológico. O significado lógico depende exclusivamente da

natureza do conteúdo, enquanto o significado psicológico refere-se à experiência individual de cada sujeito (PELIZZARI, 2002).

Diante disso, observa-se que muitos estudantes já possuem noções rudimentares de eletricidade, como o uso de aparelhos eletrônicos e o funcionamento básico de baterias e lâmpadas. A experimentação prática e virtual (como no uso do Tinkercad) pode trazer essas ideias implícitas à tona, proporcionando um ponto de partida acessível.

De acordo com Ausubel (1968), a aprendizagem ocorre de maneira mais significativa quando o novo conhecimento se ancora em conceitos previamente existentes na estrutura cognitiva do aprendiz. Nesse sentido, ao interagir com circuitos simples no Tinkercad ou com kits físicos, os estudantes têm a oportunidade de revisar e corrigir gradualmente suas concepções prévias, promovendo uma compreensão mais sólida e significativa dos conceitos de eletricidade.

2. ESTRUTURA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática consiste de uma estrutura de 5 aulas de 50min ou 100min. Todas as aulas serão ministradas com o auxílio da plataforma online Tinkercad e kits experimentais com a placa protoboard. A figura abaixo descreve a sequência de aulas e seus objetivos.

Tabela 1: Estrutura das etapas da sequência didática.

Encontros	Duração	Tema	Objetivo
1°	50min	Problematização inicial	Levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos alunos através de uma atividade e socializar com a turma. Amparar-se a uma situação geradora de aprendizagem que envolve o objeto conceitual de estudo e dialogar sobre o contexto em que se insere.
2°	100min	Introdução ao Tinkercad e os conceitos básicos de circuitos.	Apresentar a plataforma online e seus recursos. Descrever os conteúdos básicos de circuitos elétricos como resistência elétrica, diferença de potencial elétrica e associação de resistores em série e em paralelo e os componentes elétricos.
3°	100min	Montagens dos circuitos elétricos no Tinkercad	Montar circuitos simples com resistores, fios condutores, baterias e LEDs seguindo o roteiro da aula. Descrever o funcionamento e discutir possíveis problemas de montagens.
4°	100min	Montagens dos circuitos elétricos na Protobord	Montar circuitos baseado nas montagens simuladas no Tinkercad usando a placa Protobord. Descrever o funcionamento e comparar com as simulações feitas no tinkercad.
4°	100min	Conclusões sobre os Feedbacks dos Alunos	Aplicação das atividades finais. Discutir com os alunos sobre as percepções entre a simulação virtual e prática.

Fonte: o autor, 2024.

2.1 AULA 1: PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL

No início da problematização, é fundamental que o professor apresente uma questão central capaz de despertar o interesse dos alunos e auxiliar na identificação dos seus conceitos espontâneos sobre circuitos elétricos. Com base nessas informações, o professor poderá criar um ambiente de aprendizagem que esteja alinhado à realidade social dos alunos e ao seu nível de conhecimento.

Tempo aproximado: 50 min.

Objetivo: Levantar informações sobre os conceitos espontâneos dos estudantes e socializar com a turma.

Procedimento da 1° aula:

O professor disponibiliza a atividade em grupos de cinco alunos. Cada aluno ficará com sua atividade.

Em grupos os estudantes dialogam e registram suas respostas.

Após concluírem as respostas, cada grupo socializa o que entende sobre as questões.

Questões norteadoras:

As questões norteadoras sobre conceitos de circuitos elétricos estão disponíveis no anexo I. Essas questões desempenham um papel essencial na obtenção dos conhecimentos prévios dos alunos. Elas servem como um ponto de partida para o professor entender as concepções espontâneas dos estudantes e identificar as lacunas e equívocos em seu entendimento. Ao questionar sobre circuitos em série, paralelo, corrente, tensão e o uso de componentes como resistores e baterias, o professor consegue mapear o nível de familiaridade dos alunos com esses temas e, a partir disso, estruturar melhor o processo de ensino.

2.2. APRESENTAÇÃO DA PLATAFORMA TINKERCAD.

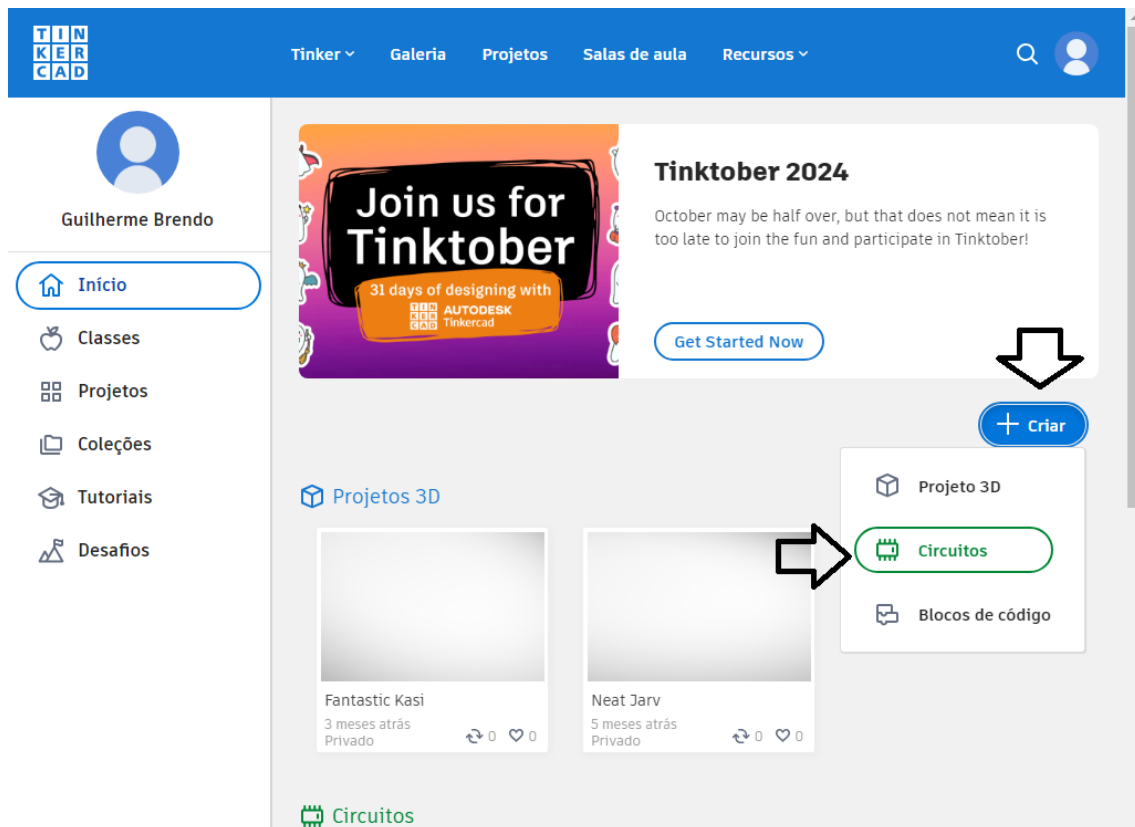
O Tinkercad é uma ferramenta online gratuita desenvolvida pela Autodesk que permite criar projetos 3D, simular circuitos elétricos e programar dispositivos usando a linguagem de blocos ou texto (com o Arduino). Com uma interface amigável, é ideal para iniciantes e para o uso educacional. A plataforma oferece um ambiente interativo, onde professores e alunos podem simular o funcionamento de componentes eletrônicos e visualizar seus comportamentos antes de realizar montagens físicas.

2.2.1 COMO ACESSAR A PLATAFORMA TINKERCAD

Para acessar o Tinkercad, siga os passos abaixo:

- Acesse o site oficial: <https://www.tinkercad.com>.
- Crie uma conta ou faça login utilizando uma conta Google, Apple, ou o e-mail da sua instituição.
- No painel principal, você verá opções como "Projeto 3D", "Circuitos" e "Bloco de Códigos". Para focar em circuitos elétricos, clique na aba "Circuitos".

Figura 1: Como acessar a plataforma Tinkercad



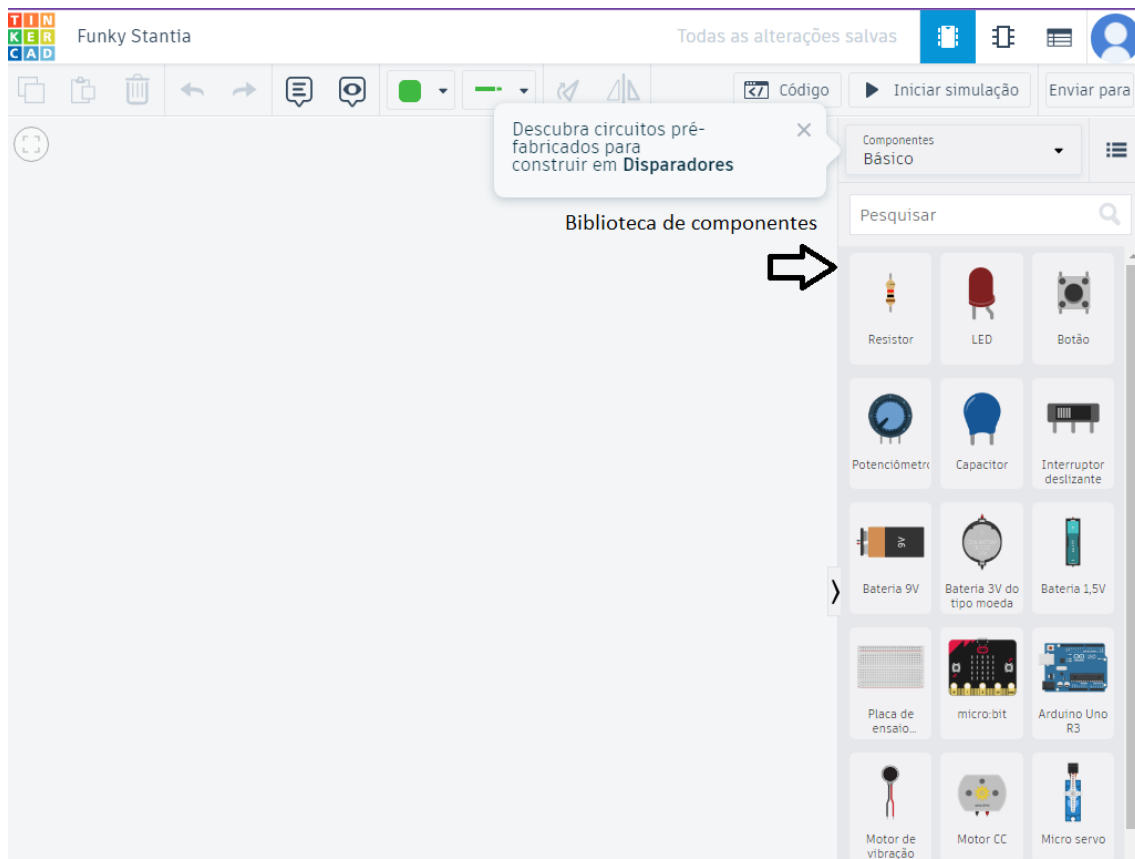
Fonte: print da tela autor 2024.

2.2.2 MANIPULANDO CIRCUITOS NO TINKERCAD

Após acessar a aba "Circuitos", siga os passos para criar seu primeiro circuito:

- Criar um Novo Circuito: Clique em "Criar novo circuito" para iniciar um projeto.
- Biblioteca de Componentes: À direita da tela, você terá acesso à biblioteca de componentes, que inclui resistores, LEDs, baterias, chaves, multímetros, e micro controladores (como o Arduino).
- Para adicionar um componente ao circuito, clique sobre ele e arraste-o para o espaço de trabalho.

Figura 2: Como selecionar os componentes da plataforma Tinkercad



Fonte: print da tela autor 2024.

Para conectar os componentes:

- Selecione o fio na biblioteca de componentes ou clique diretamente no terminal do componente.
- Arraste o fio até o outro terminal desejado.

A plataforma permite ajustar a cor e o caminho do fio, facilitando a visualização e organização.

Configurações e Ajustes:

- Você pode ajustar valores como a resistência de resistores, a tensão de baterias e a corrente máxima para LEDs.
- Utilize potenciômetros, capacitores e transistores para projetos mais avançados.

Simulação:

- Após montar o circuito, clique no botão "Iniciar Simulação" no canto superior direito. A simulação permite verificar o comportamento do circuito em tempo real.
- Utilize multímetros para medir corrente e tensão durante a simulação.

2.2.3 RECURSOS PRINCIPAIS DA PLATAFORMA

Simulação de Circuitos: O recurso mais valioso do Tinkercad para o ensino de eletrônica é a simulação. Com ele, os alunos podem testar circuitos elétricos sem a necessidade de componentes físicos, o que é especialmente útil para ensaios iniciais e para instituições com recursos limitados.

Componentes Diversos: A plataforma disponibiliza uma vasta gama de componentes, desde resistores e LEDs até microcontroladores como o Arduino, permitindo a criação de projetos básicos e complexos.

Integração com o Arduino: O Tinkercad permite que os usuários programem microcontroladores Arduino diretamente na plataforma, utilizando tanto programação em blocos (ideal para iniciantes) quanto em C++.

Análise e Medição: Com o uso de instrumentos como multímetros e osciloscópios, os alunos podem realizar medições de grandezas elétricas diretamente no ambiente de simulação, reforçando conceitos teóricos.

Compartilhamento e Colaboração: Professores podem compartilhar projetos com os alunos e acompanhar seus progressos, tornando a plataforma um excelente ambiente colaborativo para o ensino.

2.3 AULA 2: INTRODUÇÃO AO TINKERCAD E OS CONCEITOS BÁSICOS DE CIRCUITOS.

Duração: 100 minutos

- Explique brevemente o funcionamento da plataforma Tinkercad, destacando sua interface, como acessar o simulador de circuitos, e os componentes disponíveis.
- Nessa etapa será demonstrado como arrastar e soltar componentes, conectar fios na protoboard e iniciar a simulação.

2.3.1 PRIMEIRO EXPERIMENTO: CIRCUITO ELÉTRICO SIMPLES

Objetivo: Criar um circuito simples com os seguintes componentes.

Componentes necessários:

- Fonte de alimentação (bateria de 9V)
- LED
- Resistor de 345 ohms
- Fios de conexão

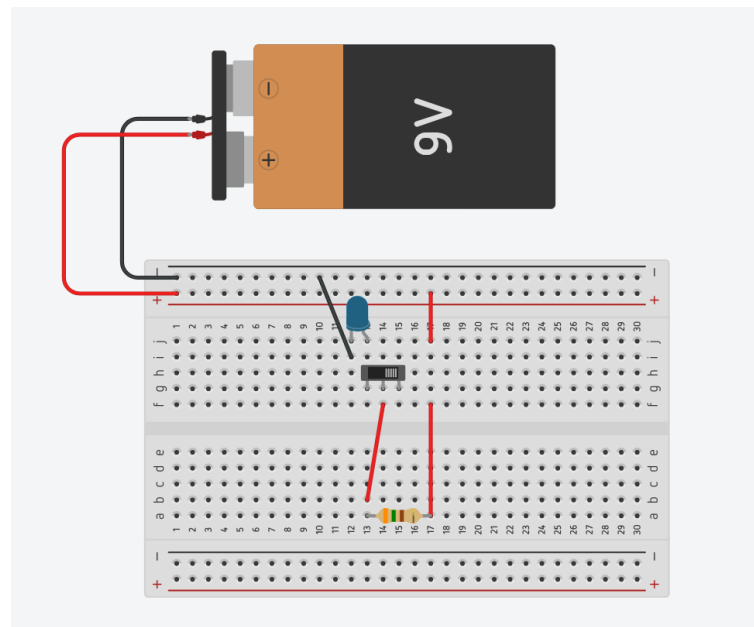
- Interruptor (opcional)

Passos:

1. No Tinkercad, adicione uma bateria de 9V ao circuito.
2. Conecte a LED à bateria com fios de conexão, formando um circuito simples.
3. Coloque um resistor de 350 ohms em série com a lâmpada para limitar a corrente e proteger a lâmpada.
4. Execute a simulação e observe o comportamento da lâmpada (se ela acende ou não).

A figura 4 demonstra a estrutura da montagem.

Figura 3: Circuito Simples.



Fonte: autor 2024.

Perguntas para discussão:

1. O que aconteceria se não houvesse o resistor?
2. Como o valor do resistor afeta a luminosidade da lâmpada?

2.4 SEGUNDO EXPERIMENTO: MEDINDO TENSÃO E CORRENTE EM UM CIRCUITO SIMPLES

Objetivo: Introduzir os instrumentos de medição (voltímetro e amperímetro) no Tinkercad e ensinar a medir a tensão e a corrente no circuito.

Componentes necessários:

- Fonte de alimentação (bateria de 9V)

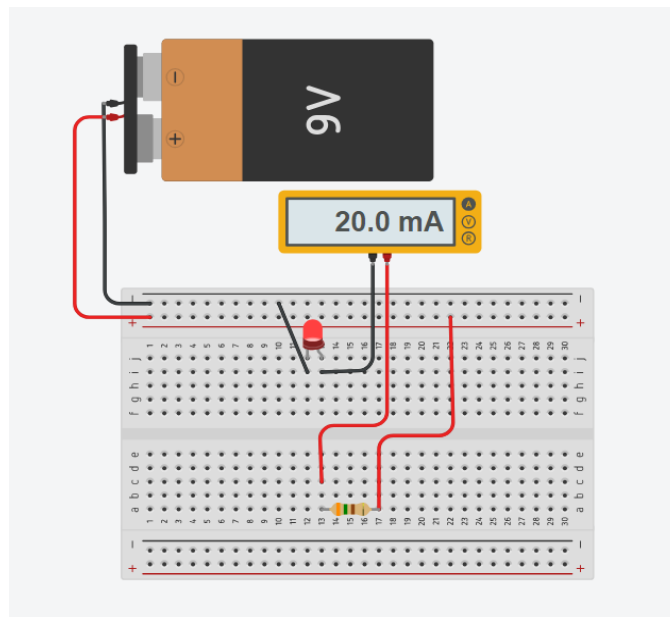
- LED
- Resistor de 345 ohms
- Fios de conexão
- Voltímetro
- Amperímetro

Passos:

1. Use o circuito criado anteriormente.
2. Insira um amperímetro em série com a LED para medir a corrente que passa pelo circuito.
3. Adicione um voltímetro em paralelo com a LED para medir a tensão nos terminais da lâmpada.
4. Execute a simulação e observe as leituras de tensão e corrente.

A figura 4 demonstra a estrutura da conexão em série do amperímetro.

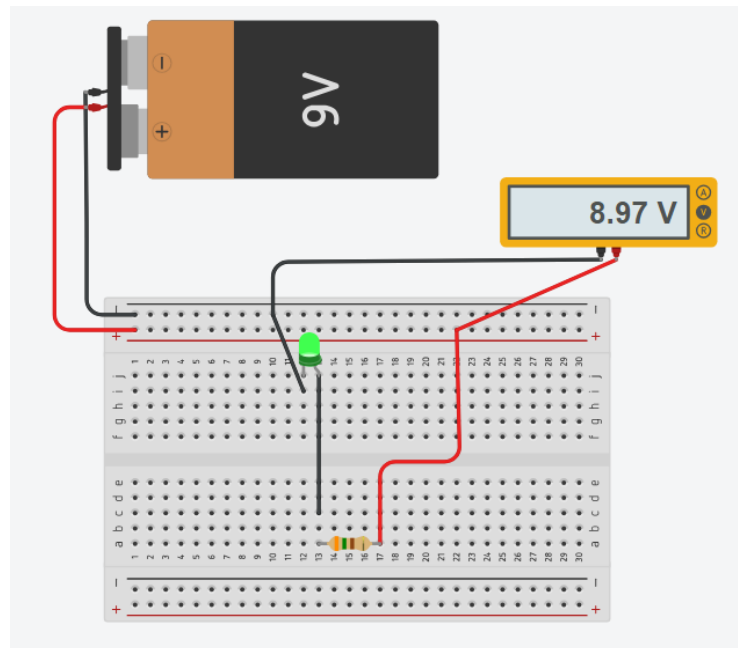
Figura 4: Medindo corrente em um circuito simples.



Fonte: autor 2024

A figura 5 demonstra a estrutura da conexão em paralelo ao voltímetro.

Figura 5: Medindo voltagem em um circuito.



Fonte: autor 2024

Perguntas para discussão:

1. Como a corrente muda se aumentarmos ou diminuirmos o valor do resistor?
2. O que acontece com a tensão medida se adicionar mais componentes ao circuito?

2.5 TERCEIRO EXPERIMENTO: CIRCUITO EM SÉRIE

Objetivo: Construir um circuito com dois resistores em série e observar como se comporta a tensão e a corrente.

Componentes necessários:

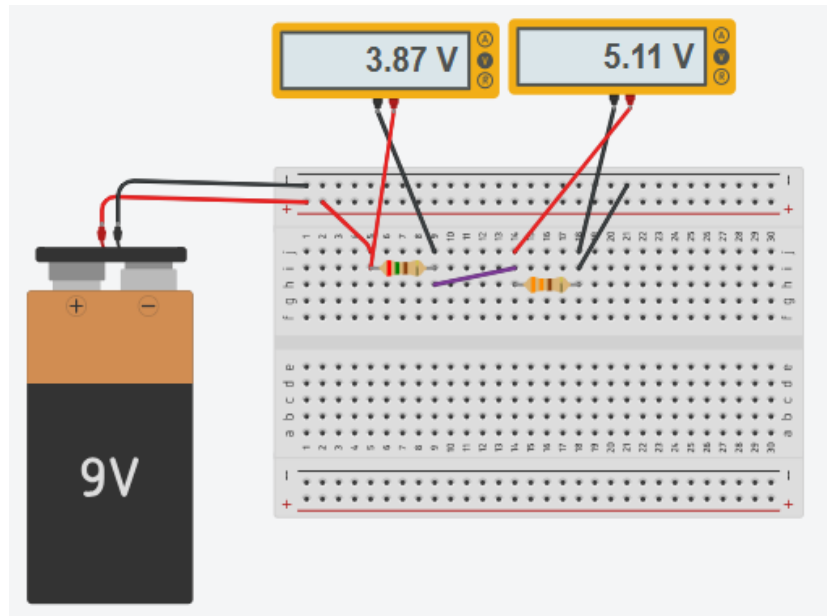
- Fonte de alimentação (bateria de 9V)
- Dois resistores (250 ohms e 330 ohms)
- Fios de conexão
- Amperímetro
- Voltímetro

Passos:

1. Adicione uma bateria de 9 V ao circuito.
2. Conecte dois resistores (250 ohms e 330 ohms) em série.
3. Coloque um voltímetro em paralelo em cada resistor para medir a voltagem.
4. Colocar o amperímetro em série em cada resistor para medir a corrente
5. Execute a simulação e registre as medições de corrente e tensão.

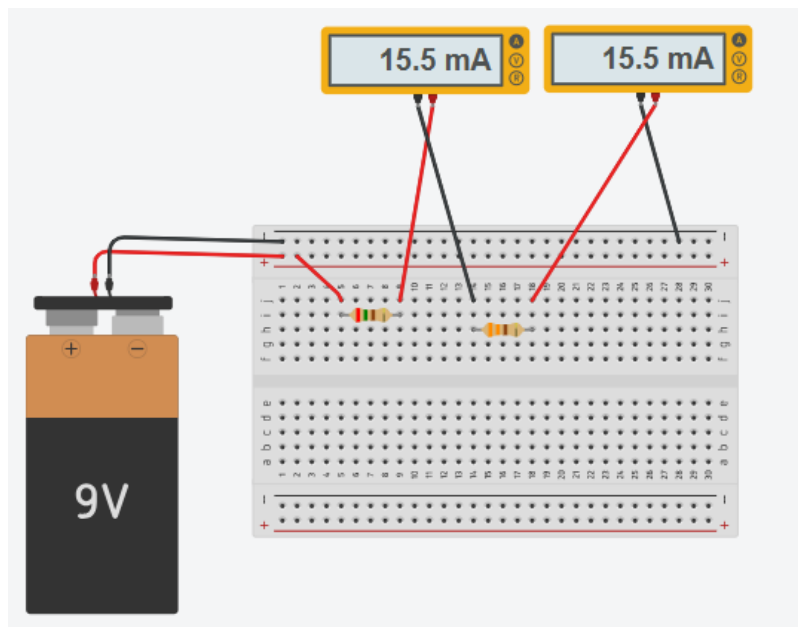
As figuras a seguir demonstram a estrutura do circuito com as conexões do voltímetro em paralelo em cada resistor e o amperímetro em série para cada resistor.

Figura 6: Medindo voltagem nos resistores de 330Ω e 250Ω .



Fonte: autor 2024

Figura 7: Medindo corrente elétrica nos resistores de 330Ω e 250Ω .



Fonte: autor 2024

Perguntas para discussão:

1. Como a tensão se distribui entre os resistores em série?

2. A corrente muda em diferentes partes do circuito?

2.6 QUARTO EXPERIMENTO: CIRCUITO EM PARALELO

Objetivo: Demonstrar o comportamento de um circuito com dois resistores em paralelo e observar como se comporta a tensão e a corrente.

Componentes necessários:

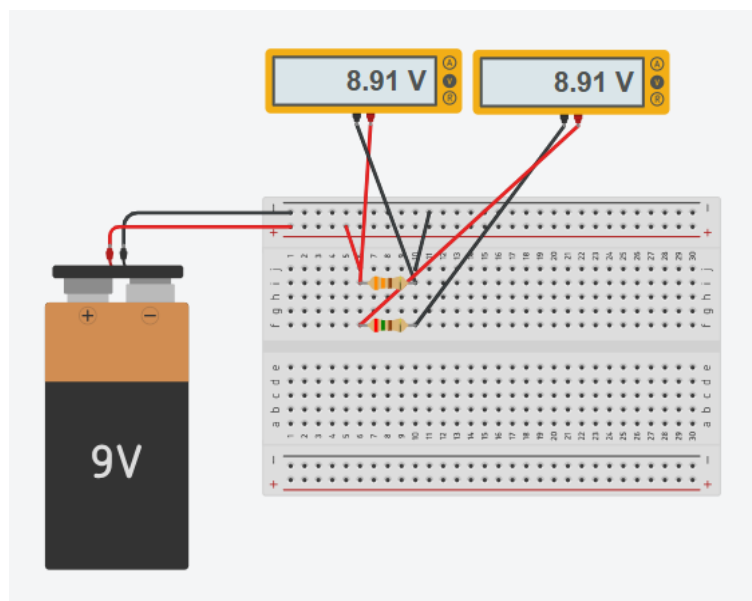
- Fonte de alimentação (bateria de 9V)
- Dois resistores (250 ohms e 330 ohms)
- Fios de conexão
- Amperímetro
- Voltímetro

Passos:

1. Monte um circuito com a bateria de 9V.
2. Conecte os dois resistores em paralelo.
3. Use o amperímetro para medir a corrente total e a corrente que passa por cada resistor.
4. Coloque o voltímetro para medir a tensão sobre os resistores.
5. Execute a simulação e observe os valores de corrente e tensão.

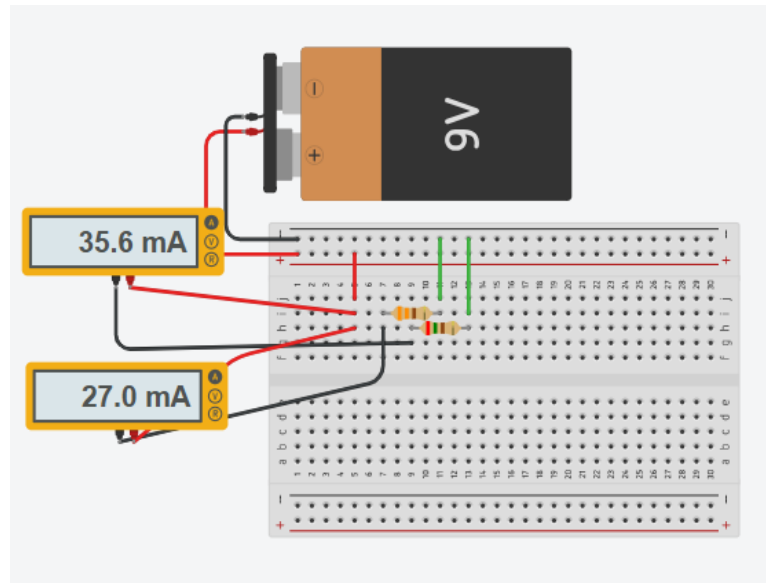
As figuras 8 e 9 abaixo demonstra a montagem do circuito em paralelo. Na figura 8 mostra como é feita o processo de conexão para medir a voltagem. Já na figura 9, é mostrado como é feita a ligação do amperímetro para medir corrente elétrica.

Figura 8: Medindo voltagem do resistor de 330Ω e 250Ω.



Fonte: autor 2024.

Figura 9: Medindo corrente elétrica do resistor de 330Ω e 250Ω .



Fonte: autor 2024.

Perguntas para discussão:

1. Como a corrente total é distribuída entre os resistores em paralelo?
2. A tensão é a mesma em todos os resistores? Por quê?

2.7 QUINTO EXPERIMENTO: USO DE POTENCIÔMETRO PARA CONTROLAR A CORRENTE

Objetivo: Mostrar como um potenciômetro do tipo reostato pode ser usado para controlar o fluxo corrente.

Componentes necessários:

- Fonte de alimentação (bateria de 9V)
- LED
- Potenciômetro
- Fios de conexão
- Voltímetro
- Amperímetro

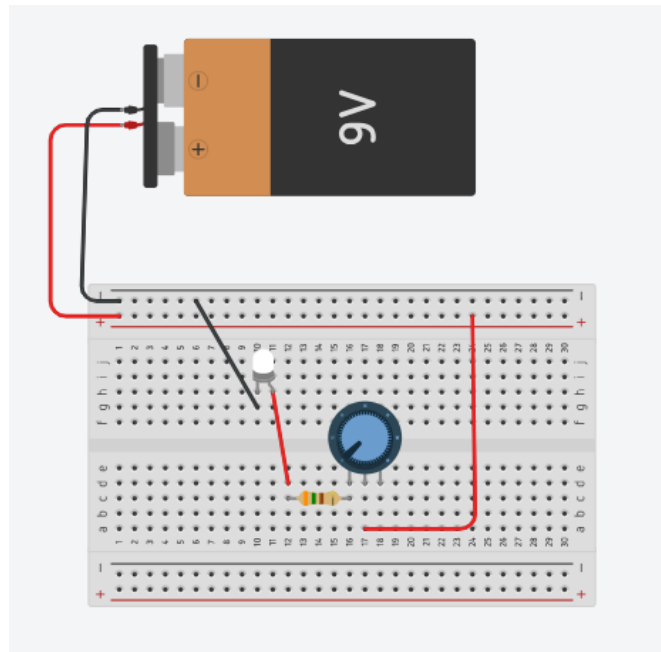
Passos:

1. Conecte uma bateria de 9V e um LED.
2. Insira um potenciômetro em série com o LED.

3. Adicione um amperímetro para medir a corrente no circuito e um voltímetro para medir a tensão sobre o LED.
4. Ajuste o potenciômetro e observe como a corrente e a tensão muda à medida que a resistência do potenciômetro é alterada.

A figura 10 demonstra a estrutura das conexões do potenciômetro no circuito.

Figura 10: potenciômetro ligado ao circuito simples.



Fonte: autor 2024.

Perguntas para discussão:

1. O que acontece com a intensidade da luz da lâmpada ao ajustar o potenciômetro?
2. Como a corrente e a tensão mudam conforme você altera a resistência do potenciômetro?

3. AULA 3: MONTAGENS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS NO TINKERCAD

A aula experimental sobre circuitos elétricos, utilizando a plataforma Tinkercad, deve ser organizada de modo a proporcionar aos alunos uma experiência prática e colaborativa. Essa abordagem permite que os estudantes coloquem a mão na massa, aplicando os conceitos teóricos na construção e análise de circuitos elétricos.

A tabela abaixo descreve o roteiro da aula:

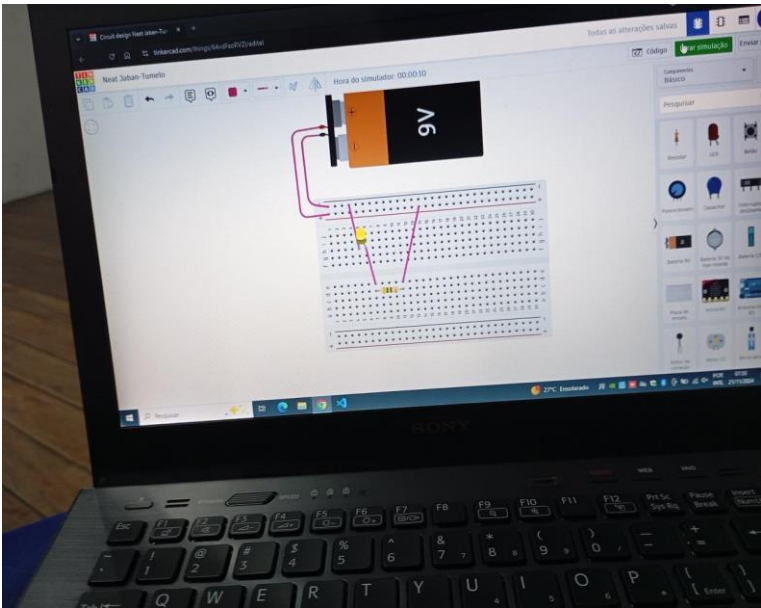
Tabela 2: Roteiro das montagens na plataforma tinkercad

Etapas	objetivos
Etapa 1: Construção de um circuito simples usando LED, bateria, protoboard e resistor.	Os alunos devem compreender a montagem de um circuito elétrico simples utilizando os componentes básicos, identificando as funções de cada elemento no circuito.
Etapa 2: Usando o mesmo circuito simples, conecte um potenciômetro para variar a resistência elétrica e entender o conceito de resistência.	Os alunos devem compreender como a resistência elétrica influencia o funcionamento do circuito e perceber a relação entre resistência, corrente e tensão ao ajustar o potenciômetro.
Etapa 3: Usando o mesmo circuito simples, os alunos realizaram as medidas da corrente elétrica ligando o amperímetro em série no circuito.	É necessário que os alunos aprendam a conectar o amperímetro corretamente em série para medir a corrente elétrica e compreender como ela se comporta no circuito.
Etapa 4: Usando o mesmo circuito simples, os alunos realizaram as medidas da voltagem ligando o voltímetro em paralelo no circuito.	Os alunos devem aprender a conectar o voltímetro em paralelo para medir a voltagem no circuito e entender o conceito de diferença de potencial.

Fonte: autor 2024.

Seguindo o roteiro proposto, a atividade deve iniciar com a montagem de um circuito simples, no qual os alunos devem conectar um LED, uma fonte de alimentação e resistores básicos em uma protoboard. Essa etapa inicial tem como objetivo familiarizar os estudantes com os componentes e com a estrutura dos circuitos, assegurando a compreensão da lógica básica de funcionamento. A sequência de figuras a seguir devem ilustrar as montagens realizadas pelos alunos.

Figura 11: construção do circuito simples: resistor, LED, Fios condutores e resistor.



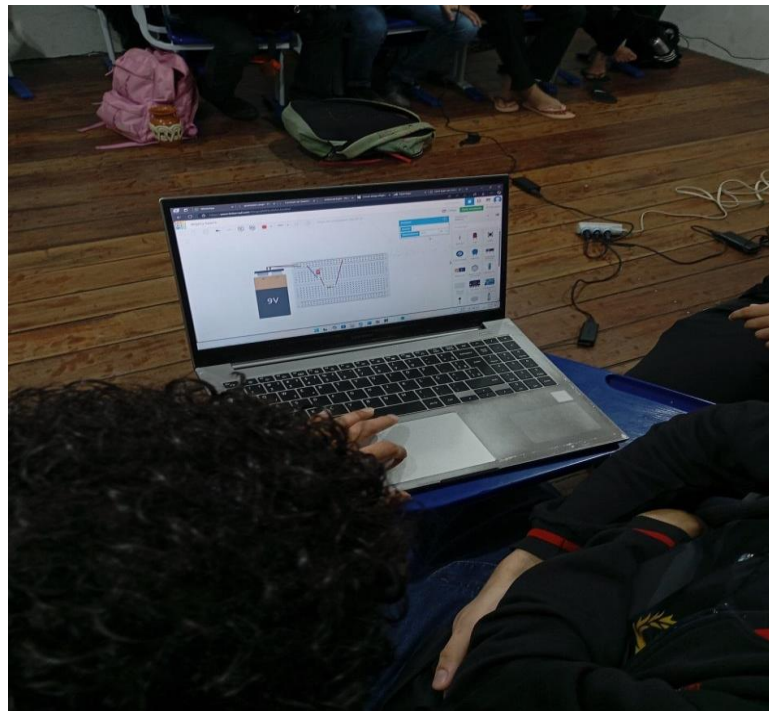
Fonte: autor 2024.

Figura 12: construção do circuito simples: resistor, LED, Fios condutores e resistor.



Fonte: autor 2024.

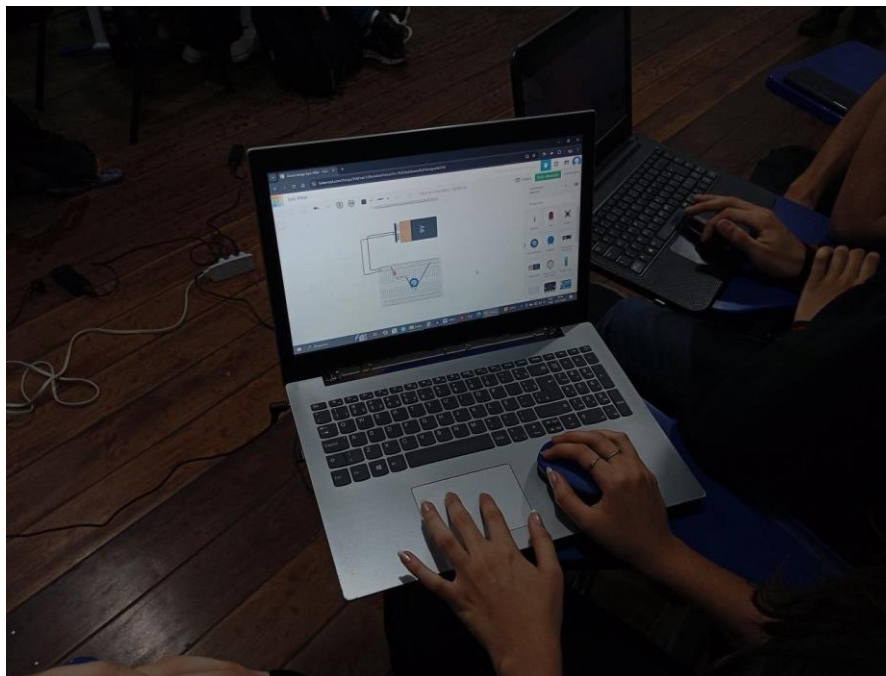
Figura 13: construção do circuito simples: resistor, LED, Fios condutores e resistor:



Fonte: autor 2024.

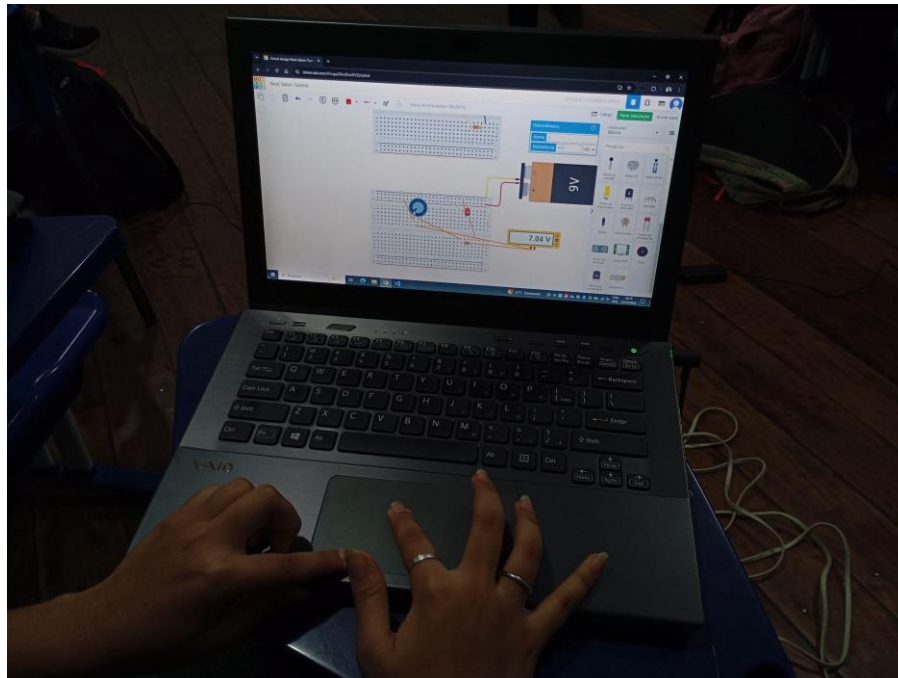
Na sequência, é recomendável que os alunos sejam desafiados a utilizar o mesmo circuito simples, introduzindo a variação da resistência elétrica por meio do uso de um potenciômetro. Durante essa atividade, os estudantes devem observar diretamente as mudanças no brilho do LED em função da variação do potenciômetro, promovendo uma discussão sobre o impacto da resistência na intensidade da corrente elétrica. Essa etapa é fundamental para a exploração do conceito de resistência elétrica, permitindo a conexão entre o comportamento observado e a teoria previamente apresentada em sala de aula. A sequência de figuras a seguir devem ilustrar as montagens realizadas pelos alunos com o uso do potenciômetro.

Figura 14: construção do circuito simples: usando o potenciômetro para a variação da resistência.



Fonte: autor 2024.

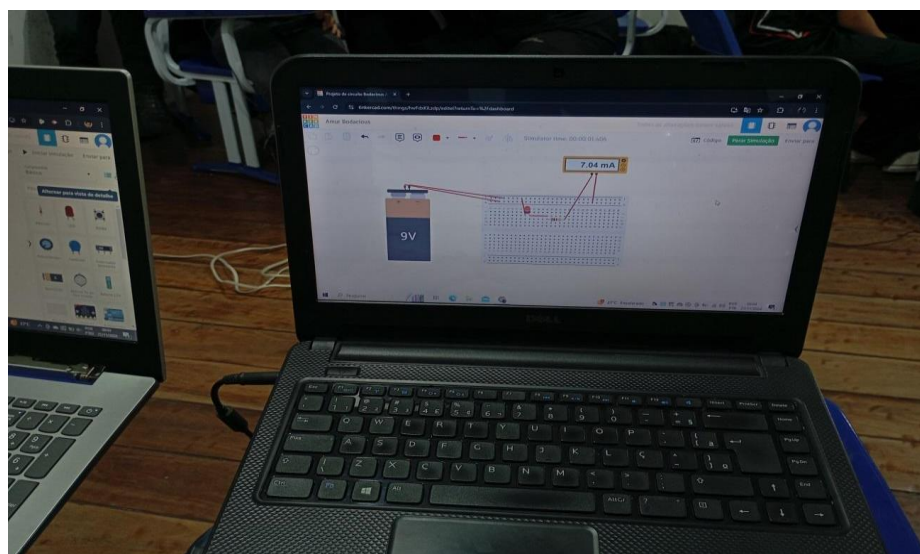
Figura 15: Construção do circuito simples: usando o potenciômetro para a variação da resistência.



Fonte: autor 2024.

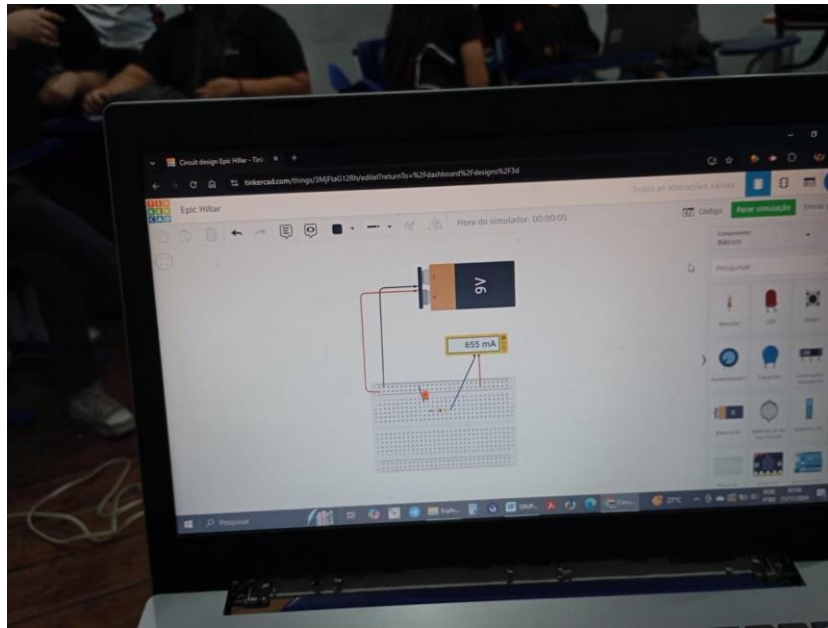
Na terceira etapa, é necessário que os alunos utilizem o mesmo circuito simples para realizar a medição da corrente elétrica, empregando o multímetro na função de amperímetro. Essa montagem tende a ser desafiadora, uma vez que exige a conexão do amperímetro em série no circuito. É esperado que alguns grupos encontrem dificuldades iniciais na execução, mas, com orientação e após algumas tentativas, consigam completar a tarefa com sucesso. As figuras abaixo devem ilustrar as montagens realizadas por alguns dos grupos.

Figura 16: Medindo corrente no circuito simples



Fonte: autor 2024.

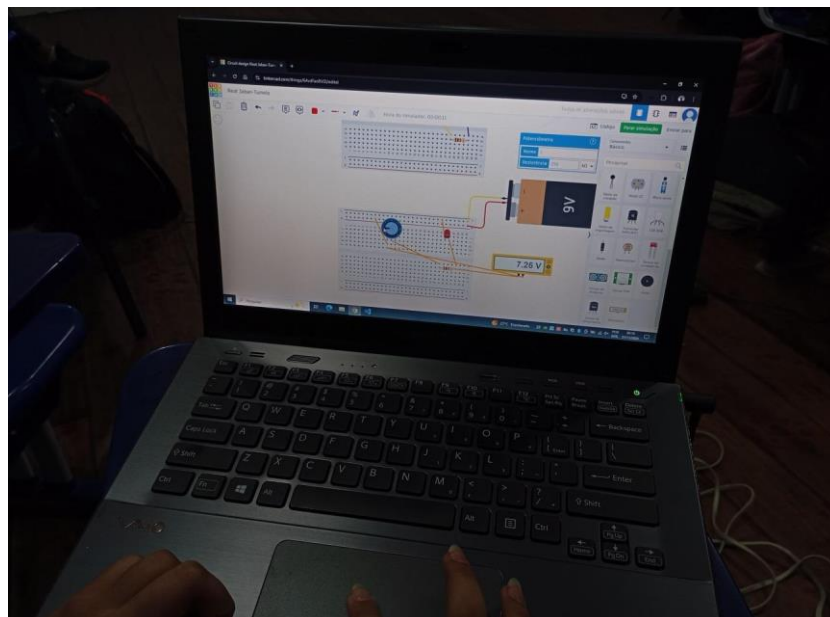
Figura 17: Medindo corrente no circuito simples.



Fonte: autor 2024.

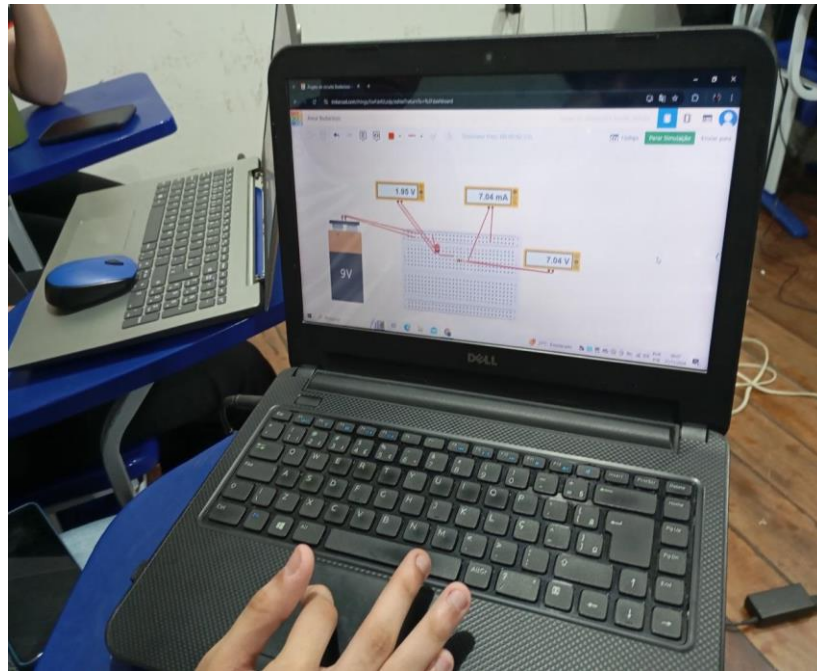
Por fim, na última etapa, os alunos devem realizar a medição da voltagem no circuito simples. Nesta fase, os estudantes podem ser orientados a conectar o voltímetro de forma paralela ao componente onde se deseja medir a diferença de potencial elétrico. As figuras a seguir mostram a conexão do voltímetro feita pelos alunos.

Figura 18: Medindo voltagem no circuito simples



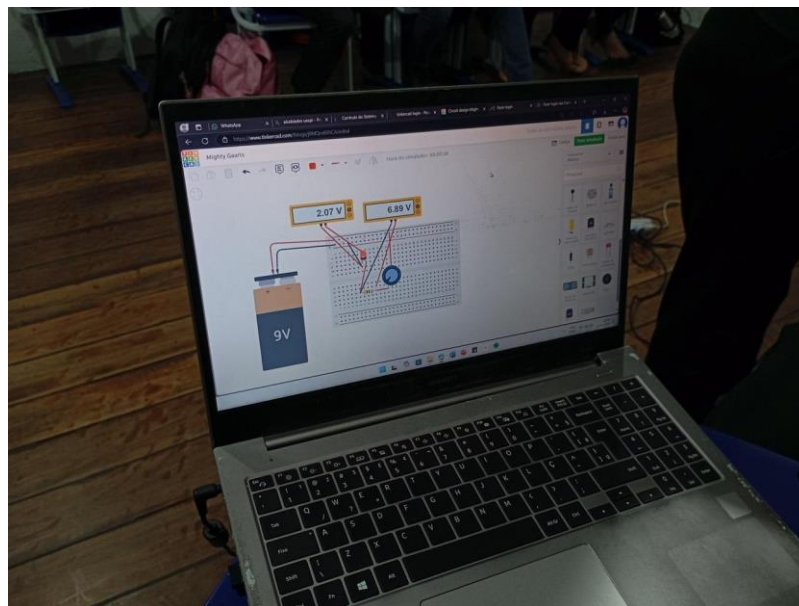
Fonte: autor 2024.

Figura 19: Medindo voltagem no circuito simples.



Fonte: autor 2024.

Figura 20: Medindo voltagem no circuito simples



Fonte: autor 2024.

4 AULA: 4 MONTAGENS DOS CIRCUITOS ELÉTRICOS NA PROTOBORD.

A aula experimental sobre circuitos elétricos, utilizando a placa protoboard, é recomendável que seja organizada em três etapas, com o objetivo de proporcionar aos alunos uma experiência prática na montagem de circuitos e na utilização de instrumentos de medição, como o voltímetro e o amperímetro.

A tabela abaixo expressa o roteiro da aula experimental:

Tabela 2: roteiro da aula de montagens experimentais dos circuitos na protoboard

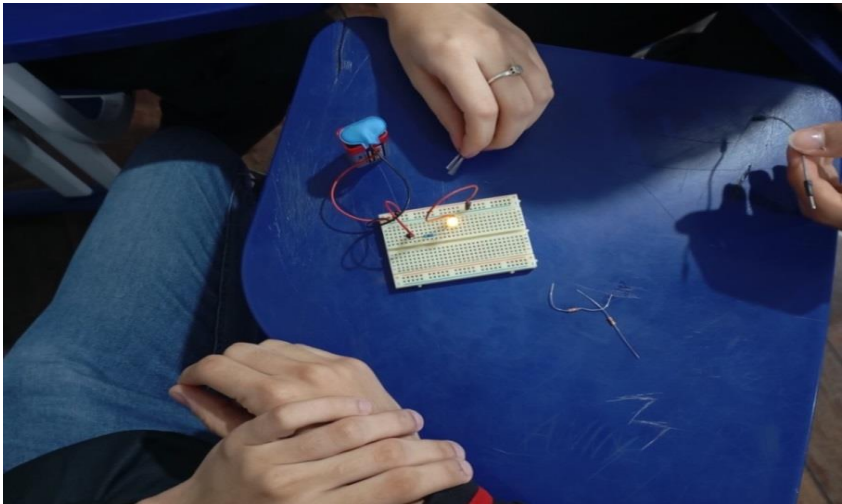
Etapa	Descrição	Objetivos
1	Construir um circuito simples com os componentes: LED, bateria de 9V, resistor, fios de conexão e a placa protoboard.	Ensinar a montagem básica de um circuito elétrico na protoboard. Observar o funcionamento do LED.
2	Construir um circuito em série com resistores para medir voltagem e corrente .	Explicar como funciona um circuito em série. Demonstrar o uso do voltímetro e amperímetro.
3	Construir um circuito em paralelo com resistores para medir voltagem e corrente usando o multímetro.	Explicar como funciona um circuito em paralelo. Demonstrar as diferenças de voltagem e corrente em paralelo.

Fonte: autor 2024

Na primeira etapa, os alunos serão desafiados a construir um circuito simples utilizando componentes básicos, como um LED, uma bateria de 9 volts, um resistor e fios de conexão, todos montados em uma protoboard. O objetivo dessa atividade é introduzir os conceitos fundamentais de montagem de circuitos elétricos, permitindo a observação do funcionamento do LED e garantindo que os componentes estejam corretamente conectados, respeitando os polos positivo e negativo da bateria. Esta etapa tem também como finalidade destacar a importância do resistor na proteção do LED contra correntes excessivas.

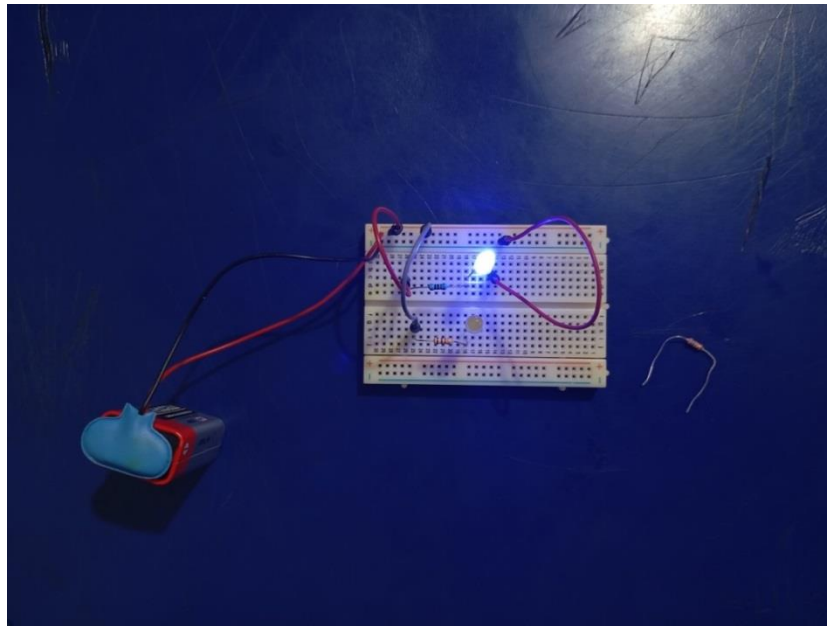
A sequência de figuras abaixo mostra as montagens dos alunos:

Figura 21: circuito simples com LED, Bateria de 9V, resistor e fios conectores.



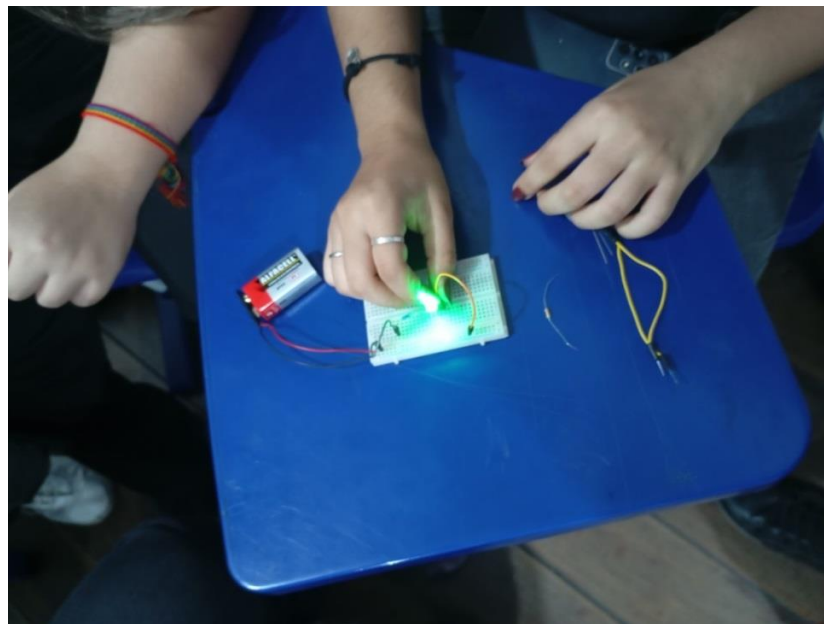
Fonte: autor 2024

Figura 22: circuito simples com LED, Bateria de 9V, resistor e fios conectores.



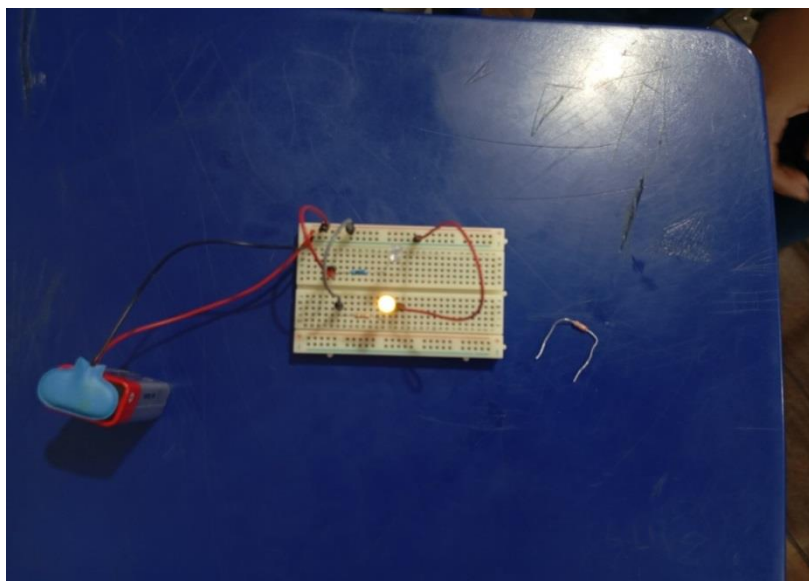
Fonte: autor 2024.

Figura 23: circuito simples com LED, Bateria de 9V, resistor e fios conectores.



Fonte: autor 2024.

Figura 24: circuito simples com LED, Bateria de 9V, resistor e fios conectores.



Fonte: autor 2024.

Na segunda etapa, os estudantes devem construir um circuito em série utilizando resistores. Durante essa atividade, precisam ser orientados a medir a voltagem do circuito com o auxílio de um voltímetro e a corrente com um amperímetro. O objetivo principal é explicar o conceito de circuito em série, demonstrar como a corrente elétrica se mantém constante nesse tipo de configuração e ensinar o uso adequado dos instrumentos de medição.

As figuras abaixo ilustram como os alunos realizaram a medição da voltagem no circuito em série.

Figura 25: Medindo voltagem em um circuito em série.



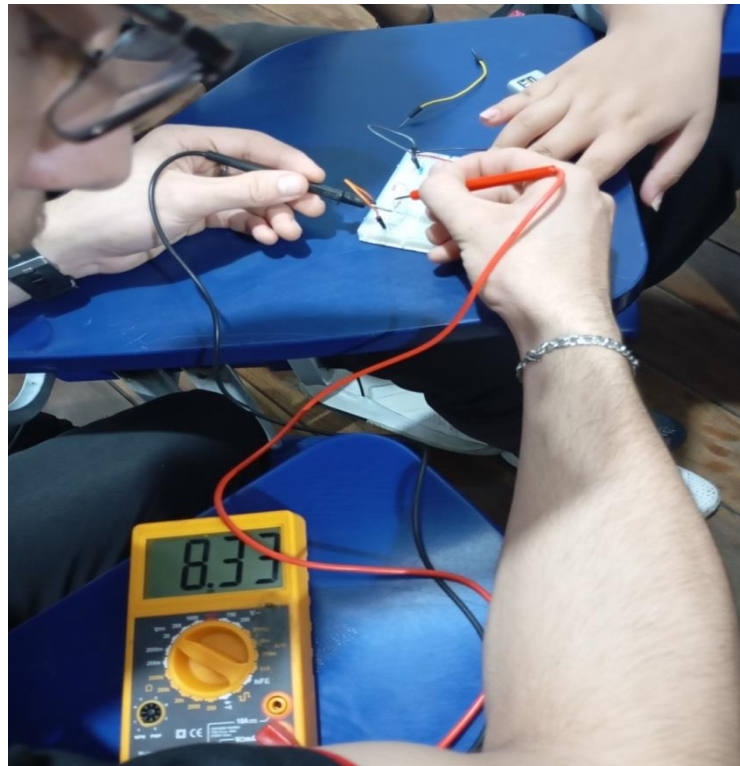
Fonte: autor 2024.

Figura 26: Medindo voltagem em um circuito em série



Fonte: autor 2024.

Figura 27: Medindo voltagem em um circuito em série



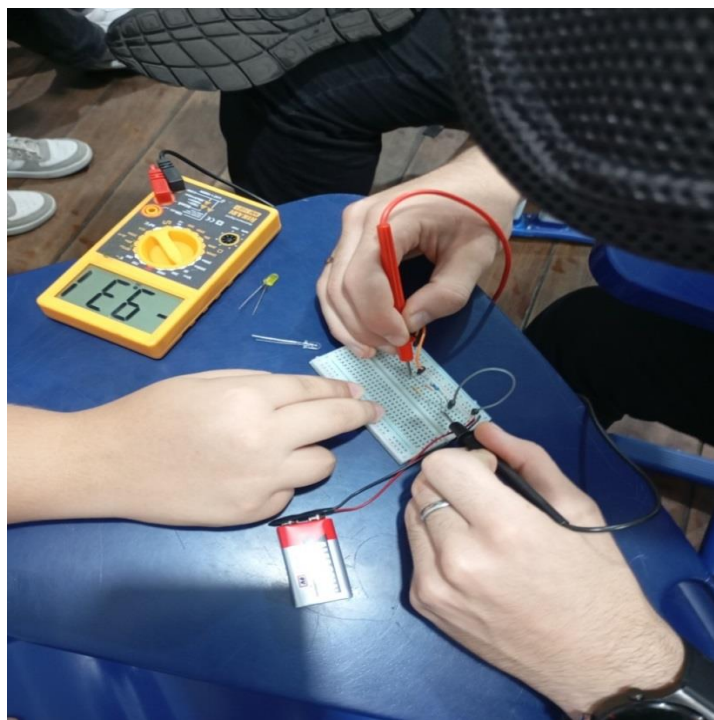
Fonte: autor 2024.

Na terceira etapa, os alunos devem construir um circuito em paralelo com resistores, com o objetivo de medir tanto a voltagem quanto a corrente em diferentes pontos do circuito,

utilizando um multímetro. Essa atividade tem como finalidade demonstrar as características de um circuito em paralelo, destacando que a voltagem se mantém constante em todas as ramificações, enquanto a corrente é dividida entre elas. Esta etapa também possibilita uma comparação prática entre os circuitos em série e em paralelo, reforçando a importância dos conceitos teóricos abordados anteriormente.

As figuras abaixo ilustram como os alunos realizaram a medição da voltagem no circuito em paralelo.

Figura 28: Medindo voltagem em um circuito em paralelo



Fonte: autor 2024.

Figura 29: Medindo voltagem em um circuito em paralelo



Fonte: autor 2024

Durante a execução dessas atividades, deve-se observar que os alunos podem apresentar dificuldades na medição da corrente, tanto no circuito em série quanto no paralelo. Essa dificuldade geralmente está relacionada à complexidade do uso do amperímetro, que requer a interrupção do circuito para que o instrumento seja corretamente inserido em série com os componentes.

Ao final da aula, espera-se que os alunos compreendam, de forma prática, as diferenças entre os circuitos simples, em série e em paralelo. Além disso, devem se familiarizar com os principais componentes eletrônicos como bateria, resistores e LEDs, com a montagem de circuitos na protoboard e com a utilização adequada dos instrumentos de medição elétrica, como o multímetro.

5 AULA 5: CONCLUSÕES SOBRE OS FEEDBACKS DOS ALUNOS:

Os relatos dos alunos evidenciam diferenças marcantes entre os dois ambientes de aprendizagem: enquanto a simulação virtual facilita a compreensão inicial ao oferecer um ambiente controlado e livre de riscos, a prática com materiais reais proporciona uma aprendizagem mais sólida, ainda que acompanhada de desafios técnicos. Muitos estudantes reconheceram ter subestimado o trabalho com os componentes físicos, mas relataram que a superação dessas dificuldades contribuiu para uma compreensão mais aprofundada dos fenômenos físicos.

Ao longo das atividades, observou-se uma evolução significativa por parte dos alunos: passaram a distinguir corretamente circuitos em série e em paralelo, aplicar a Lei de Ohm com maior segurança e prever o comportamento das grandezas elétricas a partir das configurações montadas. A vivência prática, como ver um LED acender ou interpretar a leitura de um voltímetro, despertou maior interesse e curiosidade, demonstrando que a Física pode ser concreta, acessível e transformadora.

Na etapa final, foram aplicadas duas atividades com o intuito de avaliar a aprendizagem e a percepção dos estudantes. A Atividade II teve como objetivo verificar se os conceitos de eletricidade foram efetivamente compreendidos após a realização das aulas experimentais com o Tinkercad e a protoboard. Já a Atividade III buscou registrar as percepções dos alunos sobre suas experiências, promovendo uma reflexão comparativa entre a simulação virtual e a prática real. Essas atividades contribuíram para identificar avanços conceituais, dificuldades persistentes e o impacto do uso combinado de recursos digitais e materiais físicos no processo de ensino-aprendizagem.

Conclui-se, portanto, que a integração entre simulações digitais e práticas experimentais deve ocupar papel central no ensino de circuitos elétricos, por tornar a aprendizagem mais duradoura e significativa. Cabe ao educador equilibrar essas abordagens, proporcionando aos alunos oportunidades de explorar conceitos com liberdade e de enfrentar, na prática, os desafios reais da experimentação.

REFERÊNCIAS

AUSUBEL, David Paul. Educational Psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

PELIZZARI, Eliane Maria; KRIEGL, Márcia A. M.; BARBIERI, Valtuir Duarte. A aprendizagem significativa: teoria de David Ausubel. Caderno Pedagógico, UNIJUÍ, Ijuí, v. 3, n. 1, p. 7-18, 2002.

AUTODESK. Tinkercad: Simulador de circuitos elétricos. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 14 maio 2025.

APÊNDICES:**ATIVIDADE I**

Apêndice A – atividade com as questões norteadoras sobre circuitos elétricos.

ALUNO(A): _____

TURMA: _____

PROFESSOR(A): _____

1- O que vocês entendem por circuitos elétricos, e onde eles estão presentes no nosso dia a dia?

2- Qual a função de uma bateria ou pilha em um circuito elétrico?

3- Você sabe a diferença entre um circuito em série e um circuito em paralelo? Se sim, explique.

5- O que é corrente elétrica? Como ela se comporta em um circuito?

6- Como podemos medir a corrente elétrica em um circuito? Que instrumento é usado para essa medição?

7- O que é tensão (ou voltagem) em um circuito elétrico?

8- Você sabe como medir a tensão em um circuito elétrico? Qual instrumento devemos utilizar?

9- Para que serve um resistor em um circuito elétrico? O que ele faz?

10- O que acontece com a corrente em um circuito quando colocamos mais resistores? Explique sua ideia.

ATIVIDADE II

ALUNO(A): _____

TURMA: _____

PROFESSOR(A): _____

1- Circuitos no dia a dia: Como você acha que o circuito funciona em um eletrodoméstico, como uma geladeira ou um micro-ondas?

2- Função da bateria: Por que a bateria precisa ter uma carga e como isso afeta o funcionamento do circuito? Você acha que o circuito continuaria funcionando sem bateria? Por quê?

3- Diferença entre circuitos em série e paralelo: Como você acha que a corrente se comporta em paralelo? Como a corrente se comporta em cada tipo de circuito?

4- Corrente elétrica: Como você imagina que esses elétrons se movem dentro de um fio? O que acontece com a corrente ao passar por um resistor?

5- Medindo a corrente: Onde devemos colocar o amperímetro no circuito para medir a corrente corretamente? O que exatamente o amperímetro mede e como ele faz isso?

6- Tensão no circuito: Qual é a relação entre tensão e corrente em um circuito? Como essa energia é distribuída entre diferentes componentes em série?

7-Medindo a tensão: Em quais pontos do circuito devemos conectar o voltímetro para medir a tensão corretamente? Essa medida muda se o circuito for em série ou em paralelo?

8-Função do resistor: Como ele controla a corrente e o que isso significa para o funcionamento de outros componentes? Como isso ajuda a proteger os componentes do circuito?

9- Efeito de resistores na voltagem: em um circuito em série de resistores o que acontece com a voltagem comparada a um circuito em paralelo.

10- Circuitos e segurança: Como o resistor e outros componentes ajudam a manter o circuito seguro? Quais dispositivos você conhece que evitam sobrecarga e como eles funcionam?

ATIVIDADE III

ALUNO(A): _____

TURMA: _____

PROFESSOR(A): _____

- 1 - Comparação da simulação e da montagem real: Qual foi a principal diferença que você percebeu entre simular o circuito elétrico no Tinkercad e montá-lo na protoboard?
- 2- Desafios na montagem real: Quais foram os principais desafios que você enfrentou ao montar o circuito na protoboard em comparação à simulação?
- 3- Análise de Componentes: houve alguma dificuldade em identificar ou conectar os componentes reais, como resistores, LEDs e fios, durante a montagem? Explique.
- 4- Com a experimentação tanto na simulação ou na construção do circuito com a protoboard foi fácil visualizar as quedas de tensões em circuitos em série e a diferença nas correntes elétricas no circuito em paralelo?
- 5- Resultados Obtidos: ao comparar os resultados (tensão, corrente ou funcionamento geral) entre o circuito simulado e o circuito real, os valores ou comportamentos foram semelhantes? Caso não, a que você atribui essas diferenças?
- 6- Aprendizado e Melhorias: o que você aprendeu com essa experiência de comparar simulação e prática? Que melhorias você faria no próximo experimento?