



**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO NORTE DO
TOCANTINS CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE
ARAGUAÍNA**

Whelton Corrêa do Nascimento

**USO REPRESENTATIVO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA COMO
ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSFORMAÇÕES DE
ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Araguaína - TO
2026



Whelton Corrêa do Nascimento

**USO REPRESENTATIVO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA COMO
ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSFORMAÇÕES DE
ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientadora: Profa. Dra. Pâmella Gonçalves Barreto Troncão
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues

Araguaína - TO
2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Geração de Ficha Catalográfica SGFC-UFNT
Gerado automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C824u Corrêa do Nascimento, Whelton.
USO REPRESENTATIVO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA
COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA ENSINAR
TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS /
Whelton Corrêa do Nascimento. - Centro de Ciências Integradas - CCI,
TO, 2026.
105 f.
Dissertação (Mestrado Profissional) (Pós-Graduação - Programa
Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física - MNPEF) --
Universidade Federal do Norte do Tocantins, 2026.
Orientadora: Dra. Pâmella G. B. Troncão. Coorientador: Dr.
Fábio M. Rodrigues.
1. Ensino de Física. 2. Transformações de energia . 3. SEI . **CDD 530.7**

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

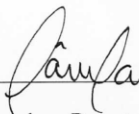
USO REPRESENTATIVO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA COMO
ESTRATÉGIA DIDÁTICA
PARA ENSINAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS

Whelton Corrêa do Nascimento

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

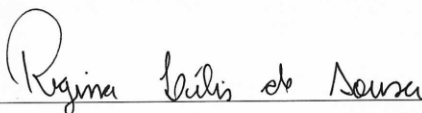
Aprovado em: 13/04/2026

Banca Examinadora:



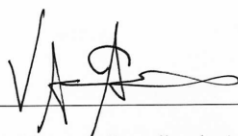
Prof. Dra. Pâmella Gonçalves Barreto Troncão (MNPEF – UFNT)

Presidente da Banca



Prof. Dra. Regina Lélis de Sousa (MNPEF – UFNT)

Membro interno



Prof. Dra. Vanessa Carvalho de Andrade (MNPEF – UnB)

Membro externo

Dedico este trabalho a Deus, pela força e sabedoria concedidas ao longo de toda a minha jornada acadêmica, e à minha família, minha esposa Sara e minhas filhas Laura e Júlia, pelo amor, apoio incondicional e paciência, mesmo nos momentos de saudade causados pelas viagens devido às aulas presenciais e pelas minhas ausências devido aos estudos. À minha mãe, Julieta, dedico meu profundo reconhecimento pelo apoio constante e pela inspiração que sempre me transmitiu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, pelo cuidado constante para comigo ao longo de toda esta caminhada. A Ele sejam dadas toda honra, toda glória e todo louvor, hoje e sempre.

À minha esposa, Sara, por estar ao meu lado em todos os momentos, incentivando-me a seguir em frente mesmo diante das dificuldades. Agradeço, de modo especial, pelo cuidado, dedicação e zelo incondicional às nossas filhas durante os períodos de minha ausência, demonstrando amor, parceria e compreensão. Às minhas filhas, Laura e Júlia, pela compreensão diante da minha ausência e por serem minhas maiores fontes de inspiração e motivação para perseverar e alcançar este objetivo.

À minha orientadora, Profa. Dra. Pâmella Gonçalves Barreto Troncão, pela dedicação, paciência e comprometimento ao longo de todo o processo de orientação, sempre buscando a excelência do trabalho e contribuindo com seus conhecimentos, experiências e valiosas reflexões. Ao meu coorientador, Prof. Dr. Fábio Matos Rodrigues, que nunca mediu esforços para a realização deste trabalho, estando sempre disponível para oferecer orientações, sugestões e apoio fundamental para o desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus amigos Marcos e Sandra, companheiros de viagem e de alojamento, com quem compartilhei momentos desafiadores e também momentos de alegria. A convivência e o apoio mútuo tornaram essa trajetória mais leve, marcada por crescimento pessoal, aprendizado e superação.

Aos servidores docentes e técnicos da Universidade Federal do Norte do Tocantins (UFNT), que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste curso, oferecendo suporte acadêmico, administrativo e humano ao longo dessa formação.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse possível.

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

RESUMO

USO REPRESENTATIVO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA COMO ESTRATÉGIA DIDÁTICA PARA ENSINAR TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS

A aprendizagem de conceitos abstratos em Física, como transformação de energia e associação de circuitos elétricos, frequentemente são abordados por meio de metodologias predominantemente expositivas, o que pode limitar a compreensão conceitual por parte dos estudantes da Educação Básica. Diante desse contexto, este trabalho foi estruturado sob os pressupostos da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), com o intuito de potencializar a aprendizagem dos conceitos de transformação de energia e de circuitos elétricos nas associações em série e em paralelo no Ensino Médio. Nesse contexto, investiga-se de que maneira uma experimentação, considerando os processos de transformação de energia e das associações de circuitos elétricos em série e em paralelo, realizada por meio do produto educacional, pode favorecer a construção do conhecimento dos estudantes? A pesquisa, de abordagem quali-quantitativa, fundamentou-se na construção e aplicação de um produto experimental didático composto por um reservatório de água acoplado a um gerador hidráulico de 12 V, responsável por converter energia potencial gravitacional em energia elétrica, por meio de processos mecânicos intermediários. A energia gerada foi utilizada para alimentar dois circuitos de diodos emissores de luz (LEDs), um em série e outro em paralelo, possibilitando aos estudantes a observação, análise e comparação das características de cada associação, bem como a compreensão dos processos de conversão de energia envolvidos. A implementação ocorreu conforme as etapas da SEI, contemplando problematização inicial, levantamento de hipóteses, experimentação, coleta e análise de dados e sistematização dos conhecimentos. Os dados foram obtidos por meio de instrumentos diagnósticos e avaliativos, permitindo examinar indícios de aprendizagem conceitual e desenvolvimento de competências científicas. Com base nas respostas dos estudantes, os resultados indicaram que a articulação entre produto educacional e abordagem investigativa favoreceu o engajamento discente, a argumentação fundamentada e a compreensão mais consistente dos conceitos físicos abordados. Conclui-se que a integração entre experimentação orientada e SEI constitui uma estratégia promissora para ampliar a aprendizagem em Física e a construção do conhecimento científico.

Palavras-chave: Ensino investigativo; Transformações de energia; Circuitos elétricos.

ABSTRACT

REPRESENTATIVE USE OF A HYDROELECTRIC POWER PLANT AS A TEACHING STRATEGY TO TEACH ENERGY TRANSFORMATIONS AND ELECTRICAL CIRCUITS

The learning of abstract concepts in Physics, such as energy transformation and the association of electrical circuits, is often approached through predominantly expository methodologies, which can limit conceptual understanding on the part of students in Basic Education. In this context, this work was structured under the assumptions of the Investigative Teaching Sequence (ITS), with the aim of enhancing the learning of the concepts of energy transformation and electrical circuits in series and parallel associations in High School. In this context, we investigate how an experiment, considering the processes of energy transformation and the association of electrical circuits in series and parallel, carried out through an educational product, can favor the construction of students' knowledge. The research, with a qualitative-quantitative approach, was based on the construction and application of a didactic experimental product composed of a water reservoir coupled to a 12 V hydraulic generator, responsible for converting gravitational potential energy into electrical energy through intermediate mechanical processes. The energy generated was used to power two light-emitting diode (LED) circuits, one in series and the other in parallel, allowing students to observe, analyze, and compare the characteristics of each connection, as well as understand the energy conversion processes involved. The implementation followed the SEI (Scientific Inquiry and Learning) stages, including initial problem identification, hypothesis formulation, experimentation, data collection and analysis, and systematization of knowledge. Data were obtained through diagnostic and evaluative instruments, allowing for the examination of evidence of conceptual learning and the development of scientific competencies. Based on student responses, the results indicated that the articulation between the educational product and the investigative approach fostered student engagement, well-founded argumentation, and a more consistent understanding of the physical concepts addressed. It is concluded that the integration of guided experimentation and SEI constitutes a promising strategy for expanding learning in Physics and the construction of scientific knowledge.

Keywords: Inquiry-based learning; Energy transformations; Electrical circuits.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Condutor percorrido por corrente i	29
Figura 2.2 Fio condutor.....	31
Figura 2.3 Circuito elétrico em série.....	32
Figura 2.4 Resistor equivalente da associação em série.....	32
Figura 2.5 Circuito elétrico em paralelo.....	33
Figura 2.6 Resistor equivalente da associação em paralelo.....	34
Figura 4.1 Medição da altura do reservatório de água com o uso de trena: (a) menor altura; (b) maior altura.....	54
Figura 4.2 Medição da tensão e da corrente elétrica do gerador com o uso de multímetro: (a) para menor altura do reservatório; (b) para maior altura do reservatório	55
Figura 4.3 Medição da tensão elétrica e da corrente elétrica nas associações de resistores, utilizando multímetro: (a) associação em série; (b) associação em paralelo	56
Figura 5.1 Respostas referente à questão 1 do questionário: “Qual energia está presente no reservatório com água a uma certa altura?”	59
Figura 5.2 Respostas referente à questão 2 do questionário: “Se aumentarmos a altura do reservatório em relação ao piso, o que acontece com a energia presente no reservatório?”	61
Figura 5.3 Respostas referente à questão 3 do questionário: “Se a quantidade de água do reservatório for reduzida, o que ocorre com a energia armazenada?”	62
Figura 5.4 Respostas referente à questão 4 do questionário: “A água, quando escoar pelo cano, possui principalmente qual tipo de energia?”	64
Figura 5.5 Respostas referente à questão 5 do questionário: “O que acontece com a energia presente no reservatório quando a água desce pelo cano?”	66
Figura 5.6 Respostas referente à questão 6 do questionário: “Essa energia que a água possui quando escoar, pode ser transformada em outro tipo de energia?”	68
Figura 5.7 Respostas referente à questão 7 do questionário: “Aumentar a altura do reservatório pode alterar a quantidade de energia elétrica produzida?”	69
Figura 5.8 Respostas referente à questão 8 do questionário: “Qual das duas associações de leds terá maior luminosidade?”	71
Figura 5.9 Respostas referente à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial?”	72
Figura 5.10 Respostas corretas dos estudantes com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”	73
Figura 5.11 Respostas incorretas dos estudantes com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”	74
Figura 5.12 Respostas do estudante I com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).....	75
Figura 5.13 Respostas referente à questão 10 do questionário: “a) Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água; b) Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação? c) Como é a ddp (tensão) em cada associação? d) Em qual das associações os LEDs brilham mais?”	76
Figura 5.14 Respostas corretas dos estudantes referente à questão 10a do questionário: “Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no	

reservatório com água?”	78
Figura 5.15 Respostas incorretas dos estudantes referente a questão 10a do questionário: “a) Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?”	79
Figura 5.16 Respostas do estudante II com relação à questão 10a do questionário: “Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).....	80
Figura 5.17 Respostas corretas referente à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”	81
Figura 5.18 Respostas incorretas referente à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”	82
Figura 5.19 Respostas do estudante III com relação à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).....	83
Figura 5.20 Respostas corretas referente à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?”	84
Figura 5.21 Resposta incorreta referente à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?”	84
Figura 5.22 Respostas do estudante IV com relação à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?” : a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).....	85
Figura 5.23 Respostas corretas referente à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDS devem brilhar mais? Por quê?”.....	86
Figura 5.24 Respostas incorretas referente à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDS devem brilhar mais? Por quê?.....	87
Figura 5.25 Respostas do estudante V com relação à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDS devem brilhar mais? Por quê? : a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).....	88

LISTA DE QUADROS

QUADRO 4.1 – Sequência didática.....	57
QUADRO 5.1 – Síntese comparativa entre o questionário de pré-teste e o roteiro experimental.....	89

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	Trabalhos correlatos	18
2	PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS	20
2.1	A energia potencial gravitacional	21
2.2	A energia cinética	22
2.3	A energia mecânica	24
2.4	O potencial elétrico	25
2.5	A corrente elétrica	28
2.6	Resistências elétricas e associação de resistores	29
2.6.1	Resistores em série.....	31
2.6.2	Resistores em paralelo	33
3	OS PRESSUPOSTOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	35
3.1	Sequência de Ensino Investigativo (SEI)	36
3.2	Elementos de uma Sequência de Ensino Investigativo	37
3.2.1	A problematização	37
3.2.2	Passagem da Ação Manipulativa para Ação Intelectual.....	38
3.2.3	A Sistematização do Conhecimento	39
3.2.4	Contextualização do Conhecimento	41
4	PERCURSO ORGANIZACIONAL E METODOLÓGICO DA PESQUISA	42
4.1	Classificação da Pesquisa	42
4.2	Público-Alvo e Localização	43
4.3	Obtenção dos Dados	43
4.3.1	Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados.....	44
4.3.2	Justificativa da Abordagem quali-quantitativa	45
4.4	Análise dos dados	45
4.5	Abordagem da Sequência de Ensino Investigativo (SEI)	47
4.6	Etapas da SEI no Estudo	47
4.6.1	Problematização e Introdução do Tema	48
4.6.2	Formulação de Hipóteses.....	48
4.6.3	Experimentação	49
4.6.4	Análise e Interpretação dos Dados	49
4.6.5	Sistematização e Reflexão	51
4.7	Avaliação da aprendizagem	51
4.8	Aplicação do produto educacional	52
5	RESULTADOS	58

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
	REFERÊNCIAS	92
APÊNDICE A	QUESTIONÁRIO PRÉ/PÓS.....	99
APÊNDICE B	GABARITO DO QUESTIONÁRIO PRÉ/PÓS	101
APÊNDICE C	ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	102
APÊNDICE D	GABARITO DO ROTEIRO EXPERIMENTAL.....	104
APÊNDICE E	PRODUTO EDUCACIONAL.....	105

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Ensino Médio enfrenta desafios relacionados não apenas às condições estruturais das escolas públicas, mas também às práticas pedagógicas que, muitas vezes, privilegiam abordagens predominantemente expositivas e pouco articuladas à experimentação, como aponta estudos da área de Ensino de Física. Em diversos contextos, a ausência de infraestrutura adequada para atividades práticas, associada à desvalorização profissional e à sobrecarga de trabalho docente, pode impactar negativamente a qualidade do processo de ensino e aprendizagem.

Diante deste cenário de mudanças e transformações, o professor, ao enfrentá-las, acaba deparando-se com situações cotidianas que podem desmotivar e desestimular a permanência na profissão. Assim sendo, as condições de trabalho podem influenciar neste processo, sendo estas interligadas à falta de estrutura nas escolas, salas superlotadas, baixa remuneração, mudanças no cenário político, entre outros (Aguilar et al., 2020, p. 6-7).

Para além dessas questões estruturais, observa-se que o ensino de conceitos como transformações de energia e circuitos elétricos frequentemente ocorre de forma fragmentada, dificultando que os estudantes estabeleçam relações entre os fenômenos físicos e suas aplicações tecnológicas. Nesse contexto, a adoção de metodologias que valorizem a participação ativa dos estudantes e a articulação entre teoria e prática pode contribuir para uma aprendizagem mais significativa.

As Metodologias Ativas (MAs) possuem como proposta centralizar o ensino e a aprendizagem nos alunos, de modo que eles participem ativamente de todo o processo, levantando hipóteses, argumentando, prototipando ou trabalhando de maneira colaborativa, com ou sem uso de tecnologia (Omachi; Hernández; Cunha, 2025, p. 2).

Entre as estratégias associadas a essa perspectiva, a experimentação assume papel relevante no ensino de Ciências, especialmente na Física, por possibilitar a observação de fenômenos, o levantamento de hipóteses e a análise de resultados à luz de referenciais teóricos. Ao vivenciar situações experimentais, o aluno tem a oportunidade de relacionar conceitos abstratos a situações concretas, favorecendo a construção de significados.

A experimentação no ensino de ciências e matemática é vista como uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento do pensamento crítico e da autonomia dos alunos. Através de atividades experimentais, os alunos são incentivados a questionar, investigar e buscar explicações para fenômenos naturais, o que contribui para a formação de cidadãos mais conscientes e críticos. (Silva et al., 2024, p. 3).

No contexto específico do ensino de Física, a experimentação tem sido reconhecida como elemento fundamental para tornar o conhecimento científico mais acessível e relacional. Por meio dela, os estudantes podem observar fenômenos, formular hipóteses, testá-las e construir conceitos de forma ativa e contextualizada.

A experimentação no ensino da Física é essencial para tornar o conhecimento científico mais significativo, permitindo ao aluno observar, testar hipóteses e construir conceitos a partir da realidade concreta (Séré; Coelho; Nunes, 2003, p. 30–42).

Considerando essas contribuições, esta pesquisa propõe a experimentação articulada dos processos de transformação de energia e das associações de circuitos elétricos em série e em paralelo, por meio de um produto educacional de geração de energia por meio de uma hidrelétrica associado a circuitos com diodos emissores de luz (LEDs). Tal proposta busca integrar conteúdos que, frequentemente, são trabalhados de maneira isolada no Ensino Médio, possibilitando aos estudantes compreenderem as relações entre energia potencial gravitacional, energia cinética, energia mecânica e a geração de energia elétrica, bem como o comportamento dos dispositivos em diferentes configurações de circuitos.

A organização dessas atividades fundamenta-se na Sequência de Ensino Investigativo (SEI), estruturada em etapas de problematização, formulação de hipóteses, experimentação, análise de dados e conclusão, favorecendo a participação ativa dos estudantes e a mobilização de seus conhecimentos prévios.

Nesse contexto teórico é que proposta as sequências de ensino investigativo (SEI) isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico. (Carvalho, 2014, p. 9).

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI) constitui-se, portanto, como uma estrutura metodológica que organiza didaticamente a experimentação proposta, criando condições para que os estudantes estabeleçam relações significativas entre os conceitos abordados e os fenômenos observados. Ao integrar experimentação e organização investigativa, busca-se favorecer práticas de ensino experimental dos conceitos de transformações de energia e de associações de circuitos elétricos, conforme delineado no problema de pesquisa e nos objetivos desta dissertação.

1.1 Justificativa

Neste estudo, propõe-se a implementação de um experimento didático voltado ao Ensino Médio, por meio da construção e utilização de um aparato didático experimental a fim de investigar as transformações de energia. A aprendizagem de conceitos abstratos em Física, como transformação de energia e associação de circuitos elétricos, frequentemente é abordada por meio de métodos expositivos, o que pode dificultar a compreensão dos conceitos por parte dos estudantes. Diante desse desafio, a presente pesquisa investigou a utilização da Sequência de Ensino Investigativo (SEI) como estratégia pedagógica para promover a compreensão dos processos de conversão de energia e das características dos circuitos elétricos em série e em paralelo entre estudantes do Ensino Médio.

O estudo foi desenvolvido com base na construção e aplicação de um produto educacional experimental: um produto educacional de geração hidrelétrica com reservatório de água acoplada a um gerador hidráulico de 12 V. A energia elétrica gerada pelo sistema foi utilizada para alimentar dois circuitos de LEDs, um em série e outro em paralelo, permitindo que os estudantes analisassem as transformações de energia potencial gravitacional em energia elétrica e comparassem as características das associações dos componentes elétricos.

A metodologia adotada seguiu as etapas da SEI, contemplando problematização, experimentação, análise de dados e reflexão, de modo a promover a formulação de hipóteses, a realização de medições e a discussão dos resultados. Essa abordagem investigativa favoreceu o engajamento ativo dos estudantes com os conteúdos em estudo.

Os resultados sugerem que a aplicação da SEI contribuiu para o desenvolvimento de competências científicas, tais como observação, argumentação e pensamento crítico, ao mesmo tempo em que produziu evidência acadêmica a compreensão dos conceitos teóricos por meio da experiência prática. Assim, a pesquisa evidencia que práticas investigativas, articuladas a produtos educacionais, bem como a experimentação, podem ampliar a aprendizagem e aproximar os estudantes do método científico.

Nesse sistema, a água armazenada em um reservatório, posicionado a determinada altura, fornece energia potencial gravitacional que, ao escoar por um cano, é convertida em energia cinética e, posteriormente, por meios mecânicos associados, converte-se em energia elétrica por meio de um gerador hidráulico de 12 V. A energia elétrica produzida é distribuída em dois circuitos distintos, organizados nas associações em série e em paralelo, possibilitando aos estudantes investigar tanto os processos de transformação e conservação de energia quanto as diferenças no comportamento de dispositivos luminosos diodos emissores de luz (LEDs) em

cada tipo de associação.

Essa proposição experimental busca articular, de forma integrada, conceitos de energia e eletricidade, favorecendo a construção do conhecimento por meio da experimentação, da problematização e da investigação orientada. Tal perspectiva está em consonância com abordagens que destacam a relevância das atividades experimentais no ensino de Física, ao possibilitarem que os estudantes observem, manipulem e analisem fenômenos físicos em contextos concretos (Ferreira, 2023; Barbosa; Paulo; Rinaldi, 1999). Ao estruturar essa experimentação segundo os princípios da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), pretende-se organizar didaticamente as etapas de problematização, formulação de hipóteses, experimentação e análise de resultados, promovendo condições favoráveis à construção significativa dos conceitos envolvidos (Souza et al., 2021).

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que o estudo das transformações de energia é essencial para que os estudantes do Ensino Médio compreendam fenômenos naturais e tecnológicos presentes em seu cotidiano, desenvolvendo capacidades de análise crítica e intervenção na realidade. No âmbito de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Competência Específica 1 orienta os estudantes a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos com base nas interações entre matéria e energia, propondo ações que considerem impactos socioambientais e melhorias nas condições de vida (Brasil, 2018).

De modo complementar, a habilidade EM13CNT106 enfatiza a necessidade de avaliar tecnologias relacionadas à geração, transporte, distribuição e consumo de energia elétrica, considerando aspectos como eficiência, disponibilidade de recursos e impactos ambientais. Nesse contexto, a proposta de um produto educacional de geração hidrelétrica associado a circuitos elétricos configura-se como estratégia didática alinhada às orientações curriculares vigentes.

Considerando a recorrente fragmentação entre o estudo das transformações de energia e o ensino de circuitos elétricos no Ensino Médio, esta pesquisa justifica-se pela necessidade de integrar tais conteúdos em uma abordagem experimental estruturada metodologicamente por meio da SEI. Parte-se do pressuposto de que a aprendizagem tem potencial para se torna mais significativa quando os estudantes participam ativamente da investigação de fenômenos físicos, estabelecendo relações entre conceitos teóricos e situações experimentais concretas. Assim, busca-se investigar de que maneira a experimentação nos processos de transformação de energia e das associações de circuitos elétricos em série e em paralelo, realizada por meio do produto educacional proposto, pode favorecer a construção do conhecimento.

A relevância deste estudo também se fundamenta na necessidade de tornar o ensino de

Física mais contextualizado e formativo. Abordagens predominantemente expositivas e centradas na resolução mecânica de exercícios podem limitar a compreensão relacional dos conceitos físicos, dificultando a construção de significados duradouros conforme comentado anteriormente. Ao promover a vivência prática dos fenômenos energéticos e elétricos, mediada por uma organização investigativa, pretende-se ampliar as oportunidades de participação ativa dos estudantes, mobilizando habilidades de observação, análise, argumentação e reflexão científica (Lopes; Silva de Lima, 2020).

Dessa forma, esta pesquisa busca contribuir para o campo do ensino de Física ao analisar como a articulação entre experimentação e organização investigativa pode favorecer a construção do conhecimento de conceitos fundamentais relacionados às transformações de energia e às associações de circuitos elétricos. Espera-se que os resultados obtidos possam oferecer subsídios para a elaboração de práticas pedagógicas que integrem teoria e experimentação de maneira mais consistente e formativa no Ensino Médio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Analisar as construções conceituais sobre os temas Transformações de Energia e Circuitos Elétricos de 33 estudantes do 3º ano do Ensino Médio de uma escola de Palmas, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar os níveis de compreensão acerca dos temas utilizando um modelo representativo de usina hidrelétrica;
- Elaborar e aplicar uma sequência de ensino investigativa que explore os conceitos centrais do processo de transformações de energia que ocorrem em uma usina hidrelétrica;
- Aplicar a energia elétrica gerada pelo protótipo da usina em circuitos em série e em paralelo, identificando as características físicas e os resultados de cada associação;
- Implementar o modelo didático elaborado aos temas transformações de energia associado a momentos específicos da sequência de ensino investigativa;
- Destacar a evolução conceitual acerca do tema, abordando, por meio de comparações quali-quantitativas das respostas dos estudantes que foram geradas durante a realização das atividades;

- Aproximar os estudantes do processo de construção do conhecimento científico utilizando a experimentação;
- Desenvolver um produto educacional voltado ao ensino de transformações de energia e circuitos elétricos, utilizando a SEI como metodologia ativa.

Cada um desses objetivos orienta etapas específicas da investigação, articulando problematização, formulação de hipóteses, experimentação, análise de dados e reflexão coletiva, de modo a integrar o desenvolvimento conceitual às práticas investigativas mobilizadas pelo produto educacional.

1.3 Trabalhos correlatos

Diversos estudos na área de Ensino de Física têm investigado o uso de metodologias ativas, especialmente o ensino por investigação e a experimentação, como estratégias para favorecer a aprendizagem significativa dos estudantes. Nesse contexto, destacam-se trabalhos que abordam tanto a construção de sequências didáticas quanto o desenvolvimento de materiais experimentais, com foco na participação ativa dos alunos e na contextualização dos conteúdos científicos.

O trabalho de Yamaguti (2019) valoriza a participação ativa dos alunos ao estruturar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) voltada ao ensino da inércia de rotação, fundamentada no princípio da conservação da energia mecânica. Nessa mesma perspectiva, a dissertação de Nicole Maria Antunes Aires (2021) reforça a importância da aprendizagem ativa no ensino de Física, ao propor uma abordagem centrada no protagonismo do estudante e na construção de uma mini usina hidrelétrica como recurso didático para o estudo da energia mecânica.

Ambos os estudos convergem ao destacar a problematização inicial e a experimentação como elementos essenciais para a construção do conhecimento, promovendo maior engajamento e compreensão conceitual.

Na mesma perspectiva, Hermida (2019) amplia essa discussão ao enfatizar a importância da contextualização no ensino da conservação da energia mecânica, aproximando os conceitos físicos do cotidiano dos estudantes. Essa abordagem dialoga diretamente com as propostas anteriores, ao reforçar que a aprendizagem se torna mais significativa quando os conteúdos são apresentados de forma contextualizada e participativa.

Já o trabalho de Conceição (2018) complementa esse cenário ao integrar o ensino por investigação com a cooperação entre os estudantes, especialmente no estudo de circuitos elétricos, promovendo a interação, o debate e a construção coletiva do conhecimento.

Por sua vez, Dalzotto (2016) contribui ao destacar o papel da experimentação no ensino de circuitos elétricos de corrente contínua, por meio da elaboração de um caderno de atividades práticas com materiais acessíveis. Esse estudo reforça a importância das atividades experimentais como estratégia para facilitar a compreensão de conceitos abstratos, aproximando teoria e prática. Dessa forma, observa-se que todos os trabalhos analisados convergem na valorização de metodologias ativas, investigativas e experimentais, ainda que abordem conteúdos específicos de forma mais isolada.

No que se refere à relação com o presente trabalho, percebe-se que a proposta desenvolvida dialoga diretamente com essas pesquisas ao incorporar elementos como a aprendizagem ativa, a investigação, a experimentação e a contextualização no ensino de Física. Assim como em Aires (2021), utiliza-se um produto educacional a mini usina hidrelétrica como recurso central para promover a compreensão das transformações de energia. De maneira semelhante a Yamaguti (2019) e Conceição (2018), a organização das atividades em uma Sequência de Ensino Investigativa favorece o protagonismo dos estudantes, estimulando a formulação de hipóteses, a análise de resultados e a construção coletiva do conhecimento.

Entretanto, o presente estudo avança em relação aos trabalhos analisados ao propor uma abordagem integrada entre diferentes conteúdos da Física, articulando o estudo da energia mecânica com os circuitos elétricos, especialmente nas associações em série e em paralelo.

Diferentemente das propostas que tratam esses temas de forma segmentada, esta pesquisa busca estabelecer conexões entre os conceitos, evidenciando as transformações de energia no contexto de funcionamento de uma mini usina hidrelétrica, produzindo um produto educacional que conecte o experimento com a investigação utilizando a SEI. Além disso, ao aliar a experimentação a uma estrutura investigativa sistematizada, a proposta contribui para uma aprendizagem mais significativa, crítica e contextualizada, ampliando as possibilidades de compreensão dos fenômenos físicos pelos estudantes.

2 PROCESSOS DE TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E CIRCUITOS ELÉTRICOS

A abordagem das transformações de energia no Ensino Médio exige mais do que a apresentação formal de definições e equações; requer a construção de relações conceituais que permitam aos estudantes compreenderem os processos de conversão energética como fenômenos interligados e presentes em diferentes contextos tecnológicos. Quando esses conteúdos são trabalhados de maneira fragmentada, há o risco de que os estudantes os compreendam apenas de forma procedimental, sem estabelecer conexões entre energia, suas diversas formas de manifestação e suas aplicações práticas, como nos sistemas de geração e distribuição de energia (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002).

Ao promover situações em que tais transformações possam ser observadas, analisadas e discutidas a partir da experimentação, cria-se um ambiente propício para a construção de significados mais estáveis e integrados, favorecendo uma aprendizagem que ultrapasse a memorização e se aproxime de uma compreensão conceitual articulada. É nessa perspectiva que a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a relevância desse conteúdo na formação científica dos estudantes:

A área de Ciências da Natureza tem o compromisso com o desenvolvimento do letramento científico, que envolve a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências. (Brasil, 2018, p. 547).

Nesse sentido, a abordagem das transformações de energia no Ensino Médio deve priorizar estratégias didáticas que favoreçam a integração entre teoria e prática, possibilitando ao estudante não apenas compreender os conceitos envolvidos, mas também reconhecê-los em situações concretas do cotidiano.

Nessa perspectiva, a construção e utilização de uma mini usina hidrelétrica como recurso didático configura-se como uma alternativa pedagógica relevante, pois permite aos estudantes visualizar e analisar, de forma integrada, as etapas de conversão da energia potencial gravitacional em energia cinética e, posteriormente, em energia elétrica.

Ao vivenciarem esse processo, os alunos são incentivados a estabelecer relações entre os conceitos científicos e suas aplicações tecnológicas, promovendo uma aprendizagem mais significativa, crítica e contextualizada, em consonância com as orientações da BNCC.

2.1 A energia potencial gravitacional

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), o conceito de energia potencial pode ser uma ferramenta extremamente poderosa no entendimento de inúmeras situações. Um tipo de energia potencial é a energia potencial gravitacional, associada ao estado de separação entre objetos que se atraem uns aos outros por meio da força gravitacional. Ela está presente sempre que um objeto é elevado a uma certa altura, armazenando energia que pode ser convertida em outras formas, como a energia cinética.

No contexto de uma usina hidrelétrica, inclusive em sua versão didática, como o produto educacional de geração hidrelétrica desenvolvido neste trabalho, a água armazenada em um reservatório elevado pode ser associada à energia potencial gravitacional, que será posteriormente transformada em outras formas de energia durante seu movimento, sendo essa uma etapa essencial na geração de eletricidade.

No contexto da mecânica clássica, a análise das interações gravitacionais pode ser realizada a partir do conceito de trabalho de forças conservativas. Nessas situações, o trabalho realizado por uma força está diretamente relacionado às variações de energia do sistema, permitindo a introdução da noção de energia potencial como uma função associada à posição.

Em particular, para a força gravitacional, essa relação é expressa pelo fato de que o trabalho por ela realizado (W_{grav}) corresponde à variação negativa da energia potencial do sistema, evidenciando o caráter conservativo dessa interação e estabelecendo uma conexão fundamental entre as grandezas trabalho e energia. Tal relação pode ser formalmente representada por:

$$W_{\text{grav}} = -\Delta U \quad (2.1)$$

No caso do campo gravitacional próximo à superfície da Terra, a força gravitacional pode ser considerada aproximadamente constante, sendo descrita por:

$$\vec{F} = -mg \hat{y} \quad (2.2)$$

em que o sinal negativo indica que a força atua no sentido oposto ao eixo vertical positivo.

De modo geral, o trabalho realizado por uma força ao longo de uma trajetória é definido por:

$$W = \int_{\vec{r}_0}^{\vec{r}} \vec{F} \cdot d\vec{r} \quad (2.3)$$

Aplicando essa definição ao caso da força gravitacional em um campo uniforme, o trabalho realizado entre duas posições y_0 e y pode ser escrito como:

$$W_{\text{grav}} = \int_{y_0}^y (-mg) dy \quad (2.4)$$

Substituindo essa expressão na relação da equação (2.1), obtém-se:

$$-\Delta U = \int_{y_0}^y (-mg) dy \quad (2.5)$$

Como m e g são constantes, a integral é diretamente resolvida, resultando em:

$$-\Delta U = -mg(y - y_0) \Rightarrow \Delta U = mg(y - y_0) \quad (2.6)$$

Ao se adotar um nível de referência arbitrário tal que:

$$U(y_0) = 0 \quad (2.7)$$

obtém-se a forma usual:

$$U = mgh \quad (2.8)$$

Ressalta-se, por fim, que a equação (2.8), constitui uma aproximação válida para regiões em que o campo gravitacional pode ser considerado uniforme, sendo derivada de uma formulação mais geral associada à Lei da Gravitação Universal

2.2 A energia cinética

Diferentes termos são usados para descrever a energia associada a diferentes condições ou estados. A energia cinética, K , é a energia associada ao estado de movimento de um objeto. Quanto mais rapidamente um objeto estiver se movendo, maior será a sua energia cinética. Quando o objeto está em repouso, sua energia cinética é nula.

Se um objeto é acelerado devido a uma força, sua velocidade aumenta e, portanto, sua energia cinética também. De forma análoga, se o objeto desacelera devido a uma força, sua velocidade diminui e sua energia cinética é reduzida. Levando em conta essas variações de energia cinética, dizemos que a força transferiu energia do objeto ou para o objeto.

Em tal transferência de energia por meio de uma força, dizemos que a força realiza trabalho sobre o objeto.

Quando forças realizam trabalho sobre uma partícula, o resultado é uma variação da energia associada ao movimento da partícula, a energia cinética. Para determinar a relação entre energia cinética e trabalho, vamos ver o que acontece se uma força resultante constante, \vec{F}_{res} , atua sobre uma partícula de massa m que se move ao longo do eixo x . Aplicando a segunda lei de Newton, temos que:

$$F_{\text{res } x} = ma_x \quad (2.9)$$

Se a força resultante é constante, a aceleração é constante, e podemos relacionar o deslocamento com a rapidez inicial v_i e a rapidez final v_f , usando a equação da cinemática para aceleração constante

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a_x \Delta x \quad (2.10)$$

Explicitando a_x , temos

$$a_x = \frac{1}{2\Delta x} (v_f^2 - v_i^2) \quad (2.11)$$

Substituindo a_x na equação (2.9) e multiplicando os dois lados por Δx , fica

$$F_{\text{res } x} \Delta x = \frac{1}{2} (mv_f^2 - mv_i^2) \quad (2.12)$$

O termo $F_{\text{res } x} \Delta x$ da esquerda é o trabalho total realizado sobre a partícula. Então

$$W_{\text{total}} = \frac{1}{2} (mv_f^2 - mv_i^2) \quad (2.13)$$

A quantidade $\frac{1}{2} mv^2$ é uma grandeza escalar que representa a energia associada ao movimento da partícula e é chamada de energia cinética K da partícula.

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2.14)$$

A energia cinética depende apenas da rapidez da partícula e de sua massa, e não da direção do movimento. Além disso, a energia cinética nunca pode ser negativa e é zero apenas

quando a partícula está em repouso.

O conceito de energia cinética está diretamente associado à rapidez da partícula e não à sua velocidade. Como destacam Tipler e Mosca, “repare que a energia cinética depende da rapidez da partícula, não da velocidade. Se a velocidade muda de orientação, mas não de magnitude, a energia cinética permanece a mesma” (TIPLER; MOSCA, 2009, p. 172).

A quantidade do lado direito da equação (2.13) é a variação da energia cinética da partícula. Assim, essa equação nos fornece a relação entre o trabalho total realizado sobre a partícula e a energia cinética da partícula. O trabalho realizado sobre a partícula é igual à variação da energia cinética da partícula.

$$W_{\text{total}} = K_2 - K_1 \quad (2.15)$$

Este resultado é conhecido como o teorema do trabalho-energia cinética. Este teorema nos informa que, quando W_{total} é positivo, a energia cinética aumenta, o que significa que a partícula está se movendo mais rapidamente no final do deslocamento do que no início. Quando W_{total} é negativo, a energia cinética diminui. Quando W_{total} é zero, a energia cinética não varia, o que significa que a rapidez da partícula não varia.

O teorema do trabalho e da energia cinética estabelece uma conexão fundamental entre a força resultante que atua sobre um corpo e a variação de sua energia cinética, sendo essencial para a análise e previsão do movimento em sistemas físicos. (TIPLER; MOSCA, 2016, p. 144).

Como o trabalho total sobre uma partícula é igual à variação de sua energia cinética, podemos ver que as unidades de energia são as mesmas que as do trabalho. Três unidades de energia comumente usadas são o joule (J) e o elétron-volt (eV).

2.3 A energia mecânica

A energia mecânica E_m de um sistema é a soma da energia potencial U com a energia cinética K dos objetos que compõem o sistema.

$$E_m = K + U \quad (2.16)$$

Quando apenas forças conservativas realizam trabalho W sobre um objeto dentro do

sistema, ela transfere energia entre a energia cinética K do objeto e a energia potencial U do sistema.

$$\Delta K = W \quad (2.17)$$

Combinando as equações 2.1 ($W_{\text{grav}} = -\Delta U$) e a equação (2.17) chegamos à conclusão de que

$$\Delta K = -\Delta U \quad (2.18)$$

Pode-se concluir que enquanto uma dessas energias aumenta, a outra diminui exatamente da mesma quantidade.

2.4 O potencial elétrico

A função V é denominada potencial elétrico; ela é frequentemente referida como o potencial. Assim como o campo elétrico, o potencial V é uma função da posição. Diferente do campo elétrico, V é uma função escalar, enquanto \vec{E} é uma função vetorial. Assim como no caso da energia potencial U , apenas diferenças no potencial V têm significado físico. Somos livres para escolher o potencial como zero em qualquer ponto conveniente, exatamente como no caso da energia potencial. Por conveniência, o potencial elétrico e a energia potencial de uma carga-teste são escolhidos como zero no mesmo ponto de referência. Sob esta restrição, eles estão relacionados por

$$V = \frac{U}{q_0} \quad (2.19)$$

A força eletrostática exercida por uma carga puntiforme em outra carga puntiforme aponta na linha que une as cargas e varia inversamente com o quadrado da separação entre elas. Esta mesma dependência pode ser vista quando analisamos a força gravitacional entre duas massas. Assim como a força gravitacional, a força elétrica é conservativa e, portanto, há uma função energia potencial U associada a ela. Se o ponto de aplicação de uma força conservativa \vec{F} sofrer um deslocamento \vec{ds} , a variação na função energia potencial U associada a este deslocamento é dado por:

$$dU = -q\vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.20)$$

A força eletrostática \vec{F} em uma carga teste q_0 é proporcional a q_0 e esta relação conduz à uma quantidade (a força por unidade de carga na posição da carga teste) chamada de campo elétrico \vec{E} .

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\mu\epsilon_0} \frac{|q|}{r^2} \hat{r} \quad (2.21)$$

A variação de energia potencial associada ao deslocamento de uma carga teste q_0 que sofre um deslocamento \vec{ds} é dada pela equação (2.20). Portanto, a variação da energia potencial é proporcional à carga de teste. Esta relação sugere que definamos uma quantidade (a variação da energia potencial por unidade de carga), denominada diferença de potencial.

$$dV = \frac{dU}{q_0} = -\vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.22)$$

Para um deslocamento finito do ponto a para o ponto b , a variação no potencial é

$$\Delta V = V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q_0} = -\int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.23)$$

A diferença de potencial $V_b - V_a$ é o negativo do trabalho por unidade de carga.

$$\Delta V = V_b - V_a = -\frac{W}{q} \quad (2.24)$$

Portanto, a diferença de potencial entre dois pontos é igual a menos o trabalho realizado pela força eletrostática para mover uma carga unitária de um ponto para outro.

Considere um campo elétrico arbitrário, e uma carga de teste positiva q_0 , que se move ao longo da trajetória do ponto a ao ponto b . Em qualquer ponto da trajetória, uma força eletrostática $q_0\vec{E}$ atua sobre uma carga quando ela se move de um deslocamento diferencial $d\vec{s}$. Sendo o trabalho diferencial dW realizado sobre uma partícula por uma força \vec{F} durante um deslocamento $d\vec{s}$ é:

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{s} \quad (2.25)$$

Sendo a força eletrostática:

$$\vec{F} = q_0 \vec{E} \quad (2.26)$$

Substituindo a equação (2.26) na equação (2.25), teremos a equação (2.27)

$$dW = q_0 \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.27)$$

Para determinar o trabalho total W realizado pelo campo sobre a partícula quando a partícula se move de um ponto a até um ponto b , somamos por meio de integração os trabalhos diferenciais realizados sobre a carga quando ela se move por todos os deslocamentos diferenciais $d\vec{s}$ ao longo da trajetória, fornece a:

$$W = q_0 \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.28)$$

Se substituirmos o trabalho total W da equação (2.28) na equação (2.25) e considerando que $W = q_0 V(r)$, obtém-se a equação:

$$V_b - V_a = - \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{s} \quad (2.29)$$

Para usarmos a equação (2.29), devemos calcular o produto escalar da equação (2.30)

$$\vec{E} \cdot d\vec{s} = E \cos \theta ds \quad (2.30)$$

Considerando um campo elétrico dirigido radialmente para fora de uma partícula fixa, o deslocamento diferencial $d\vec{s}$ da partícula de teste ao longo da sua trajetória possui a mesma direção e o mesmo sentido que \vec{E} . Isso significa que, na equação (2.30), o ângulo $\theta = 0$ e que o $\cos \theta = 1$. Considerando a trajetória radial, escrevemos ds como dr e, substituindo os limites R e ∞ pode-se escrever a equação (2.29) como a equação (2.31):

$$V_b - V_a = - \int_R^{\infty} E \, dr \quad (2.31)$$

Fazendo $V_b = 0$ (no ∞) e $V_a = V$ (em R). Logo para a intensidade do campo elétrico da carga de teste, substituímos a partir da equação (2.21). Com essas mudanças, a equação (2.31) nos fornece então a equação:

$$0 - V = - \frac{q}{4\mu\epsilon_0} \int_r^{\infty} \frac{1}{r^2} \, dr = \frac{q}{4\mu\epsilon_0} \left[\frac{1}{r} \right]_R^{\infty} = - \frac{1}{4\mu\epsilon_0} \frac{q}{R} \quad (2.32)$$

Resolvendo para V e trocando R por r (Halliday, Resnick e Walker, 2016), tem-se a equação do potencial elétrico:

$$V = \frac{1}{4\mu\epsilon_0} \frac{q}{r} \text{ (Equação do potencial elétrico)} \quad (2.33)$$

Como o potencial elétrico é a energia potencial por unidade de carga, a unidade para o potencial e para a diferença de potencial no SI é o joule por coulomb, denominado volt (V).

$$1 \text{ V} = 1 \text{ J/C} \quad (2.34)$$

2.5 A corrente elétrica

A corrente elétrica, conceito fundamental na Física, refere-se ao fluxo ordenado de cargas elétricas através de um condutor, sendo medida em amperes (A). Apesar de uma corrente elétrica ser uma corrente de cargas em movimento, nem todas as cargas em movimento constituem uma corrente elétrica e compreender a corrente elétrica é fundamental para práticas e atividades que envolvem este conceito.

Os elétrons livres (elétrons de condução) em um segmento isolado de fio de cobre estão em movimento randômico com velocidades da ordem de 10^6 m/s. Se passarmos um plano Transversal hipotético através desse fio, elétrons de condução passam através deste plano nos dois sentidos a uma taxa de vários bilhões por segundo, mas não há nenhum transporte resultante de cargas, portanto, nenhuma corrente através do fio.

Entretanto, se ligarmos às extremidades do fio a um gerador elétrico, estabelecendo uma diferença de potencial, ele estabelece um campo elétrico interno no condutor que exerce uma força elétrica sobre as cargas livres presentes no material, provocando o movimento ordenado

dessas cargas, caracterizando a corrente elétrica. Isso faz com que exista um transporte de cargas e, conseqüentemente, uma corrente elétrica através do fio, estabelecida pela diferença de potencial.

A diferença de potencial é a quantidade de trabalho necessário para mover uma carga unitária de um ponto a outro contra a força exercida pelo campo elétrico, gerando um fluxo de elétrons.

$$U = \frac{W}{q} \quad (2.35)$$

Portanto, esse fluxo de elétrons (carga elétrica) é impulsionado por uma diferença de potencial (tensão) aplicada entre dois pontos do condutor. Se a carga dq atravessa um plano hipotético no tempo dt , então a corrente i que atravessa esse plano é definida como:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.36)$$

Podemos determinar a carga que atravessa o plano em um intervalo de tempo que se estende de 0 até t por meio de integração:

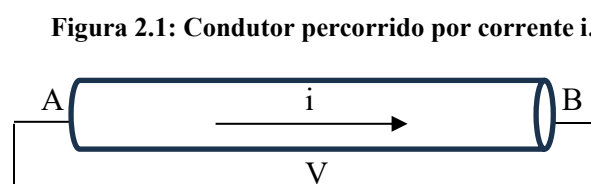
$$q = \int dq = \int_0^t i dt \quad (2.37)$$

sendo que a corrente i pode variar com o tempo.

2.6 Resistências elétricas e associação de resistores

A resistência elétrica é uma grandeza física que expressa a oposição que um material ou componente oferece à passagem de corrente elétrica. Esse fenômeno decorre das interações entre as cargas elétricas em movimento e a estrutura atômica do condutor, resultando em dissipação de energia na forma de calor, conforme descrito pelo efeito Joule.

Determinamos a resistência entre dois pontos quaisquer de um condutor aplicando uma diferença de potencial V entre esses pontos e medindo a corrente i resultante. A resistência R é então



Fonte: Autoria própria.

$$R = \frac{V}{i} \text{ (definição de } R) \quad (2.38)$$

A Figura 2.1 ilustra um condutor percorrido por corrente elétrica i destacando a relação entre a passagem de corrente e a resistência elétrica do material.

A unidade SI para resistência que sai da equação (2.38) é o volt por ampère. Esta combinação ocorre tão frequentemente que atribuímos a ela um nome especial, o ohm (símbolo Ω); ou seja,

$$1 \text{ ohm} = 1\Omega = 1 \text{ volt por ampère} = 1 \text{ V/A}$$

Um condutor, cuja função em um circuito é oferecer uma resistência específica, é chamado de resistor.

Se escrevermos a equação (2.38) como

$$i = \frac{V}{R} \quad (2.39)$$

vemos que a resistência é um nome apropriado. Para uma dada diferença de potencial, quanto maior a resistência (à corrente), menor será a corrente.

Se desejamos ter uma visão geral de materiais e não de objetos, voltamos nossa atenção não para a diferença de potencial V entre as extremidades de um determinado resistor. Em vez de lidarmos com a corrente i que atravessa o resistor, lidamos com a densidade de corrente \vec{J} no ponto em questão. Em vez da resistência R de um objeto, lidamos com a resistividade ρ do material

$$\rho = \frac{E}{J} \text{ (definição de } \rho) \quad (2.40)$$

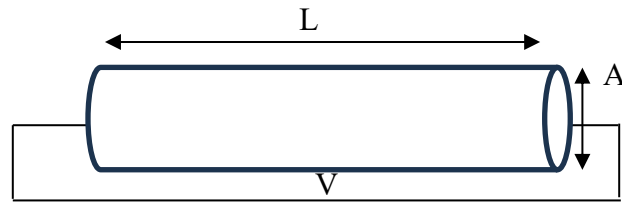
Podemos reescrever a equação (2.39) em forma vetorial como

$$\vec{E} = \rho \vec{J} \quad (2.41)$$

Se conhecermos a resistividade de uma substância, como, por exemplo, o cobre, podemos calcular a resistência de um pedaço de fio feito dessa substância. Seja A área de seção transversal do fio, L seu comprimento e V a diferença de potencial que existe entre suas extremidades, a relação entre a resistividade (ρ) do material e a resistência é expressa por:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (2.42)$$

Figura 2.2: Fio condutor.



Fonte: Autoria própria.

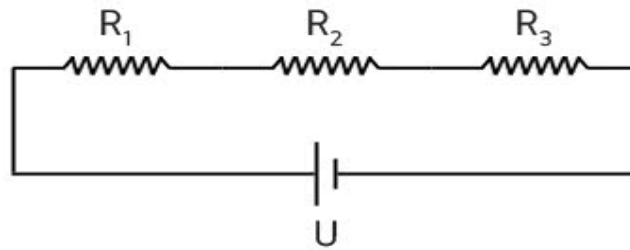
A Figura 2.2 apresenta um fio condutor destacando o comprimento L e a área da seção transversal A , grandezas que influenciam a resistência elétrica conforme a Segunda Lei de Ohm.

2.6.1 Resistores em série

Em circuitos elétricos, os resistores podem estar associados em série, em paralelo ou em um conjunto desses. Na associação em série, os resistores são conectados de forma sequencial, de modo que a corrente elétrica que percorre cada elemento é a mesma, mas a diferença de potencial total aplicada ao conjunto é dividida proporcionalmente entre os resistores, de acordo com seus valores de resistência.

Essa relação decorre diretamente da aplicação da Lei de Ohm e da conservação da corrente elétrica no circuito. Quando resistores são associados em série, o aumento da resistência equivalente implica redução da corrente total para um mesmo valor de tensão aplicada, conforme estabelecido por Ohm (Halliday; Resnick; Walker, 2016).

Figura 2.3 – Circuito elétrico em série.

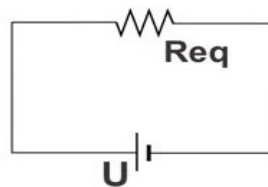


Fonte: Toda Matéria (2025).

A Figura 2.3 representa uma associação de resistores em série, na qual os componentes estão conectados de forma sequencial, de modo que a corrente elétrica percorre um único caminho ao longo do circuito. Nessa configuração, a intensidade da corrente é a mesma em todos os resistores, enquanto a diferença de potencial total se distribui entre eles de acordo com seus valores de resistência.

Resistências ligadas em série podem ser substituídas por uma resistência equivalente R_{eq} que possui a mesma corrente i e a mesma diferença de potencial total U que as resistências existentes.

Figura 2.4 – Resistor equivalente da associação em série.



Fonte: Toda Matéria (2025).

A Figura 2.4 representa a resistência equivalente da associação em série, evidenciando como o conjunto de resistores pode ser substituído por um único resistor que produz o mesmo efeito elétrico no circuito. Essa resistência equivalente é obtida pela soma das resistências individuais, refletindo o aumento da oposição à passagem da corrente elétrica.

Analisando as duas associações anteriores, e aplicando as leis das malhas, podemos deduzir uma equação para o resistor equivalente R_{eq} .

Considerando o circuito da Figura 1, tem-se:

$$U - iR_1 - iR_2 - iR_3 = 0 \quad (2.43)$$

$$i = \frac{U}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (2.44)$$

Considerando o circuito da Figura 2.4, tem-se:

$$U - iR_{eq} = 0 \quad (2.45)$$

$$I = \frac{U}{R_{eq}} \quad (2.46)$$

Fazendo uma relação das equações (I) e (II), tem-se a equação:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.47)$$

A extensão para n resistores em série é imediata e pode ser escrita como:

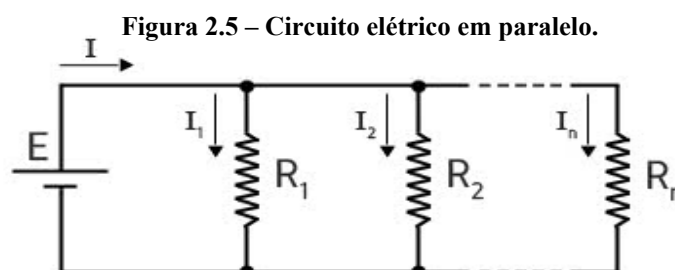
$$R_{eq} = \sum_{j=1}^n R_j \quad (2.48)$$

Quando as resistências estão em série, sua resistência equivalente é maior do que qualquer uma das resistências individuais.

2.6.2 Resistores em paralelo

Na associação em paralelo, os resistores são conectados em ramos distintos de um circuito, de modo que todos compartilham os mesmos dois pontos de conexão. Os resistores formam nós com os ramos. Se os resistores estão associados em paralelo, isso significa que a tensão (ddp) aplicada a cada resistor é a mesma, mas a corrente elétrica que atravessa cada resistor pode ser diferente, dependendo de sua resistência individual.

Nesta figura, todas as três resistências possuem a mesma diferença de potencial V entre suas extremidades, produzindo uma corrente que atravessa cada uma delas. A compreensão da associação de resistores em paralelo é essencial para entender propriedades de circuitos elétricos, como a divisão de corrente e a manutenção da tensão (Tipler; Mosca, 2009).



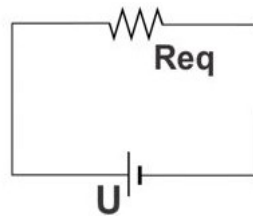
Fonte: Toda Matéria (2025).

A figura 2.5 representa uma associação de resistores em paralelo.

Em instalações elétricas residenciais, os dispositivos são geralmente conectados em associação paralela. Isso significa que cada aparelho, como lâmpadas, tomadas e interruptores, está ligado diretamente à fonte de energia, permitindo que cada um funcione de forma independente. Por isso, é importante entender essa associação.

Resistências ligadas em paralelo podem ser substituídas por uma resistência equivalente R_{eq} que possui a mesma diferença de potencial e a mesma corrente total i que as resistências reais.

Figura 2.6 – Resistor equivalente da associação em paralelo.



Fonte: Toda Matéria (2025).

A figura 2.6 representa uma associação equivalente de resistores.

A resistência equivalente R_{eq} de resistores R_1, R_2, \dots, R_n em paralelo é dado por:

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Estendendo este resultado para o caso de n resistências, temos:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum_{j=1}^n \frac{1}{R_j} \quad (2.49)$$

Para dois resistores, a fórmula simplifica para:

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (2.50)$$

Se todos os resistores têm o mesmo valor, a resistência equivalente é:

$$R_{eq} = \frac{R}{n} \quad (2.51)$$

3 OS PRESSUPOSTOS DO ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O ensino por investigação é uma abordagem didática-metodológica que coloca os estudantes como protagonistas no processo de construção do conhecimento, estimulando-os a formularem questões, explorarem problemas, coletarem e analisarem dados e elaborarem explicações com base em evidências, em vez de simplesmente receberem informações passivamente.

Utilizar atividades investigativas como ponto de partida para desenvolver a compreensão de conceitos é uma forma de levar o aluno a participar de seu processo de aprendizagem, sair de uma postura passiva e começar a perceber e agir sobre o seu objeto de estudo, relacionando o objeto com acontecimentos e buscando as causas dessa relação, procurando, portanto, uma explicação causal para o resultado de suas ações e/ou interações (Azevedo, 2004, p. 22).

Essa perspectiva didática se distancia de práticas tradicionais centradas na memorização. Brito e Fireman (2016) afirmam que o ensino por investigação é uma abordagem que favorece a aprendizagem ao promover a construção de conhecimento ativo, sobretudo quando contextualiza a Ciência e envolve os estudantes em atividades investigativas que vão além da memorização.

Carvalho (2013) concebe o ensino por investigação como uma abordagem didática em que o professor organiza o ambiente de aprendizagem de modo a permitir que os estudantes se envolvam ativamente na construção do conhecimento científico, em vez de apenas receberem conteúdos prontos. Para a autora, essa abordagem não é reduzida à execução de atividades experimentais isoladas, mas envolve a criação de situações em que os estudantes são levados a pensar sobre o conhecimento, discutir suas ideias, lê-las criticamente, argumentar com base no que observam e expressar suas conclusões com clareza, articulando teoria e prática em um processo reflexivo.

Essa perspectiva valoriza a autonomia intelectual do aluno e a reflexão ativa sobre fenômenos e conceitos, favorecendo a compreensão profunda e contextualizada do saber científico (Carvalho, 2018). No contexto dessa abordagem, a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) surge como uma forma estruturada de operacionalizar o ensino por investigação, organizando em sequência atividades articuladas que partem de um problema significativo, mobilizam conhecimentos prévios e promovem interações dialógicas entre professor e estudantes para a construção de significado sobre o fenômeno estudado (Sasseron & Carvalho, 2011).

3.1 Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

A Sequência de Ensino Investigativo (SEI) é uma abordagem didática-metodológica que busca envolver os estudantes de forma ativa na construção do conhecimento (Almeida; Silva; Silva, 2025).

A SEI tem se mostrado uma metodologia de ensino importante, pois afasta o ensino expositivo de conteúdos, ao criar condições para que o aluno possa raciocinar e construir o seu conhecimento. No ensino expositivo de conteúdos, como afirma Carvalho (2013), o aluno não se torna agente do conhecimento.

[...] as sequências de ensino investigativas (SEIs), isto é, sequências de atividades (aulas) abrangendo um tópico do programa escolar em que cada atividade é planejada, do ponto de vista do material e das interações didáticas, visando proporcionar aos alunos: condições para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições de entender conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (CARVALHO, 2013, p. 9).

No contexto da sala de aula, a SEI se apresenta como uma alternativa metodológica ao ensino expositivo tradicional, instaurando condições para que os estudantes construam e elaborem seu próprio conhecimento de forma ativa, isto é, como uma metodologia ativa que promove o protagonismo estudantil e o desenvolvimento do pensamento científico.

Nesta pesquisa, ao explorar a construção e a análise do funcionamento do produto educacional de geração hidrelétrica e de circuitos elétricos, busca-se proporcionar aos estudantes uma vivência participativa sobre como as energias se transformam desde sua forma potencial gravitacional até a forma elétrica, além de discutir como essa energia pode ser distribuída em circuitos elétricos em série e em paralelo (Mendes; Leite; Teófilo, 2019). Tal abordagem não apenas pode contribuir para uma aprendizagem contextualizada, mas também permite que os estudantes estabeleçam conexões entre o conteúdo escolar e a realidade social, econômica e ambiental em que estão inseridos (Aires, 2021).

3.2 Elementos de uma Sequência de Ensino Investigativo

A Sequência de Ensino Investigativo estrutura-se em elementos que orientam a construção ativa do conhecimento. A problematização inicia o processo ao propor uma situação-desafio que mobiliza os saberes prévios dos estudantes. A passagem da ação manipulativa para a ação intelectual ocorre quando a experimentação é acompanhada de reflexões e elaboração de hipóteses. Na sistematização do conhecimento, os conceitos são organizados e formalizados. Por fim, a contextualização do conhecimento relaciona o conteúdo aprendido a situações do cotidiano, atribuindo significado à aprendizagem.

3.2.1 A problematização

A SEI se apresenta como uma metodologia estruturada em etapas e propõe como ponto de partida a problematização, em que o professor apresenta um problema, capaz de gerar curiosidade e interesse dos estudantes.

[...] qualquer que seja o tipo de problema escolhido, este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passando da ação manipulativa à intelectual, estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. (Carvalho, 2013, p. 10).

Ao partir de um problema que pode ser experimental, observacional ou baseado em situações reais, o ensino por investigação reduz a distância entre o conhecimento científico e a vida cotidiana, aproximando a ciência da prática e da realidade social dos estudantes. Na fala de Carvalho (2018), um bom problema proporciona aos estudantes condições não só para resolvê-lo, mas para explicar o fenômeno envolvido, bem como favorecer o levantamento de hipóteses e relacionar o conhecimento à vida.

A literatura sobre ensino por investigação destaca que, ao enfrentar problemas reais ou contextualizados, os estudantes envolvem-se em práticas típicas da ciência: elaboram hipóteses, coletam e analisam dados, discutem evidências, formulam explicações fundamentadas e comunicam suas conclusões, caracterizando uma aprendizagem ativa, reflexiva e significativa (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

Esse processo mostra que a problematização não é mero detalhe didático, mas condição necessária para a investigação e, por consequência, a compreensão e apropriação dos conceitos científicos.

3.2.2 Passagem da Ação Manipulativa para Ação Intelectual

Posteriormente à problematização, os estudantes entram na etapa de levantamento de hipóteses; é nesse momento que os estudantes explicitam o que pensam, antes de confrontar suas ideias com o conhecimento científico. Os estudantes levantam possíveis respostas para o problema. Não se trata de chutar, mas sim de explicar com base no que já sabem, acreditam ou vivenciaram. As hipóteses podem estar corretas, incorretas ou incompletas; todas são válidas, pois revelam o pensamento do aluno.

Quando os estudantes se deparam com uma situação-problema, a formulação de hipóteses permite a explanação de ideias e conhecimentos prévios, gerando a possibilidade de explicações ou soluções, portanto, ao levantar hipóteses, o aluno mobiliza o que já sabe, suas concepções, vivências, intuições para dar sentido à investigação. Isso valoriza seus saberes prévios e o coloca como protagonista da construção do conhecimento.

A hipótese pode ser entendida como uma resposta provisória ao problema da pesquisa. Sua principal função é orientar o investigador na busca de fatos capazes de verificá-la ou refutá-la. Em muitos casos, a pesquisa desenvolve-se justamente com o objetivo de testar hipóteses previamente formuladas. (GIL, 2008, p. 41).

Valorizar as ideias dos estudantes proporciona mostrar que elas são um ponto de partida para a investigação, trazer à memória conhecimentos prévios, criar engajamento, pois nessa etapa o aluno deve apresentar uma expectativa à investigação, promovendo argumentação, pois os estudantes devem justificar suas hipóteses, desenvolvendo pensamento crítico (Carvalho, 2013) É importante salientar que o professor não deve corrigir imediatamente as hipóteses, mas usar como material de análise que será confrontado com a investigação (Scarpa; Sasseron; Silva, 2017).

Após o levantamento das hipóteses, inicia-se a investigação, que nessa pesquisa será balizada pela utilização de um roteiro experimental com etapas e sequências de ações bem definidas na aplicação do experimento, observação, manipulação, análise e registro das informações.

A investigação constitui o núcleo central do ensino por investigação, pois é nesse momento que os estudantes são colocados em situação ativa de produção de conhecimento (Souza; Tolentino-Neto, 2019). Após o levantamento de hipóteses, a investigação envolve a realização de ações orientadas para testá-las, por meio de observações, experimentações, coleta e análise de dados, comparação de resultados e discussão coletiva.

Segundo Carvalho (2013), a investigação articula ações de natureza manipulativa e processos cognitivos que demandam a mediação do professor ao longo do processo de ensino e aprendizagem. Nesse movimento, os estudantes são inicialmente levados a atuar diretamente sobre os materiais e fenômenos investigados, passando, em seguida, a interpretar os resultados obtidos, estabelecer relações entre variáveis e elaborar explicações para o que foi observado. Gradualmente, esse percurso contribui para a construção de argumentos mais consistentes e para a sistematização das ideias, aproximando os estudantes de formas de compreensão próprias do conhecimento científico.

A transição da ação manipulativa para a fase intelectual representa, portanto, um momento de síntese entre prática e reflexão (Silva, 2021). À medida que os estudantes realizam experimentos e manipulam materiais, eles não apenas acumulam experiências, mas começam a reconhecer padrões, relacionar causas e efeitos e construir explicações estruturadas. Esse processo é mediado pelo professor, que orienta a problematização, promove o diálogo e ajuda a organizar as ideias, favorecendo a internalização dos conceitos investigados.

Dessa forma, a aprendizagem deixa de ser apenas empírica e torna-se conceitual, permitindo que os estudantes desenvolvam pensamento crítico e argumentativo, elementos essenciais para a compreensão científica e para a formação de conhecimento duradouro (Carvalho, 2013).

3.2.3 A Sistematização do Conhecimento

O processo de sistematização, que envolve estruturar o conhecimento como um conjunto articulado de conceitos e explicações, é fundamental para que a aprendizagem deixe de ser fragmentada e se torne verdadeiramente significativa, conforme discutido em pesquisas sobre organização do currículo e construção conceitual em ciências (Ferreira; Silva Filho 2022). Ao articular as medições experimentais com conceitos físicos e ao relacionar evidências empíricas às explicações teóricas, os estudantes vão além da simples observação, construindo uma estrutura de conhecimento coerente, onde fatos, princípios e relações ganham significado dentro de um quadro sistemático (Moreira, 2021).

Essa sistematização permite não apenas a retenção duradoura dos conteúdos, mas também sua aplicação em situações novas, evidenciando o domínio progressivo dos modos de pensar científicos e o desenvolvimento de uma compreensão integrada. À medida que os estudantes organizam e articulam os resultados de suas observações experimentais com os conceitos teóricos subjacentes, a experiência de investigação deixa de ser uma ação dispersa de

manipulação e torna-se um processo reflexivo e estruturado de construção de significado, integrando diferentes elementos do conhecimento de forma articulada e preparando-os cognitivamente para a etapa seguinte da explicação científica (Moreira 1999).

A internalização das experiências concretas e a reflexão sobre os resultados obtidos preparam os estudantes para a etapa de construção da explicação, na qual os conhecimentos investigados são organizados de forma mais estruturada. Nesse momento, as hipóteses levantadas inicialmente são confrontadas com os dados coletados, permitindo que os estudantes desenvolvam explicações coerentes e fundamentadas, aproximando-se do conhecimento científico. Nesse momento o professor deve atuar como mediador, ajudando a traduzir os resultados em conceitos científicos (Carvalho 2013).

Nessa etapa, os objetivos são promover a reflexão crítica, pelo processo de analisar as próprias ideias e confrontá-las com os dados coletados (Cruz; Güllich, 2024). Além disso, levar os estudantes a perceberem que o conhecimento pode e deve ser questionado, revisado e aprimorado (Albuquerque; Bicalho, 2024). Nessa ação o aluno deixa de ver a Ciência como algo pronto e passa a perceber que ela pode ser refutada, reanalisada e reinterpretada.

Outro objetivo é desenvolver a capacidade de argumentação, pois os estudantes precisam justificar suas conclusões com base em evidências, desenvolvendo sua autonomia intelectual, estimulando a postura de não aceitar respostas prontas sem questionar, e isso tem a capacidade de formar cidadãos críticos, capazes de analisar informações no dia a dia (Mendonça; Justi, 2023).

Pesquisas em educação científica que utilizam Sequências de Ensino Investigativas (SEI) em contextos reais frequentemente adotam abordagens qualitativas de análise de dados, nas quais se observa como os estudantes articulam evidências empíricas às explicações conceituais, construindo entendimento integrado dos fenômenos estudados (Azevedo et al., 2020). Relatos de aplicação da SEI destacam que, ao envolver os estudantes em investigações que vão da coleta de medições à discussão teórica dos resultados, emerge uma compreensão mais estruturada e reflexiva dos conceitos científicos, superando a mera observação dos fenômenos (Carvalho, 2018).

Pesquisas em educação científica que utilizam Sequências de Ensino Investigativas (SEI) em contextos reais frequentemente adotam abordagens qualitativas de análise de dados, nas quais se observa como os estudantes articulam evidências empíricas às explicações conceituais, construindo entendimento integrado dos fenômenos estudados (Conceição et al., 2023). Relatos de aplicação da SEI destacam que, ao envolver os estudantes em investigações que vão da coleta de medições à discussão teórica dos resultados, emerge uma compreensão

mais estruturada e reflexiva dos conceitos científicos, superando a mera observação dos fenômenos (Carvalho, 2018).

3.2.4 Contextualização do Conhecimento

A contextualização do conhecimento em uma SEI refere-se à prática de situar o conteúdo científico estudado em contextos reais, significativos e próximos da experiência dos estudantes, de modo que o saber escolar deixe de ser abstrato e desconectado da vida cotidiana e passe a fazer sentido em suas relações com o mundo que os cerca (Brasil, 2000).

De forma isolada, mas integra o conhecimento científico com situações sociais, culturais, tecnológicas ou ambientais relevantes para os estudantes, favorecendo a compreensão do valor e da utilidade dessa ciência para interpretar e atuar sobre a realidade.

Conforme destacado por (Azevedo 2018), em estudos sobre atividades investigativas no ensino de ciências, abordagens como a SEI propiciam aos estudantes vivências que os levam a discutir concepções e fundamentar respostas com base nas evidências coletadas, promovendo um entendimento mais integrado do conteúdo investigado. Por exemplo, temas como o uso de recursos naturais, a eficiência energética ou os impactos ambientais, quando vinculados à investigação em sala, ajudam a mostrar que o que se aprende não é apenas um conteúdo a ser memorizado, mas uma ferramenta para entender e intervir sobre problemas concretos.

No desenvolvimento de uma SEI, a contextualização pode aparecer logo após a sistematização do conhecimento, conectando os conceitos construídos pelos estudantes durante a investigação com exemplos do cotidiano, com situações sociais mais amplas ou com problemas tecnológicos e científicos que têm impacto no meio em que vivem. Essa fase permite que os estudantes reflitam sobre como as ideias científicas se manifestam fora do ambiente escolar, promovendo uma aprendizagem mais integrada, relevante e significativa.

Conforme apontam Cortez e Darroz (2017), a contextualização é compreendida por professores da educação básica como uma prática que aproxima o conteúdo científico da vida dos estudantes, contribuindo para que os saberes escolares deixem de ser abstratos e ganhem significado nas experiências concretas de mundo.

Quando o conhecimento é contextualizado, seja por meio de notícias, problemas reais, projetos ou casos da comunidade, os estudantes passam a perceber relações entre os fenômenos estudados e os fenômenos do mundo real, o que estimula não apenas a compreensão cognitiva dos conceitos, mas também sua aplicação prática e crítica (Brasil, Resolução CNE/CEB nº 2, 2024). Assim, a contextualização favorece a construção de um saber que ultrapassa a lógica da

mera abstração, promovendo uma aprendizagem ativa em que os significados científicos são construídos em interação com os contextos sociais e culturais dos estudantes (Ferreira; München 2020).

Em pesquisas sobre contextualização no currículo de Ciências da Natureza, contextualizar conteúdos científicos com situações do cotidiano e experiências dos estudantes favorece a aprendizagem ao estabelecer inter-relações entre o saber escolar e o mundo vivido, ultrapassando a mera acumulação de informações e promovendo uma compreensão mais ativa e crítica dos conceitos.

Estudos no ensino de ciências mostram que a contextualização permite que os estudantes construam significados próprios do saber científico por meio da articulação entre experiências cotidianas e explicações conceituais, favorecendo uma aprendizagem ativa e integrada, em que a ciência deixa de ser apenas abstrata e passa a ter sentido no marco das vivências e problemas reais (Silva; Marcondes, 2014).

4 PERCURSO ORGANIZACIONAL E METODOLÓGICO DA PESQUISA

4.1 Classificação da Pesquisa

A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem quali-quantitativa, por articular procedimentos de natureza quantitativa e qualitativa na análise dos dados produzidos. De acordo com John W. Creswell (2010), a pesquisa de métodos mistos integra dados numéricos e descritivos com o objetivo de proporcionar uma compreensão mais ampla do fenômeno investigado.

Nesse sentido, a etapa quantitativa do estudo foi constituída pela aplicação de um questionário estruturado antes e após a intervenção didática, permitindo a mensuração do desempenho dos estudantes por meio da comparação entre acertos e erros.

A dimensão quantitativa manifestou-se, portanto, na organização dos resultados em gráficos e tabelas comparativas, evidenciando o número de acertos antes da aplicação do roteiro experimental e após a intervenção. Conforme destacam Antônio Carlos Gil (2008) e Eva Maria Lakatos e Marina de Andrade Marconi (2010), a pesquisa quantitativa busca traduzir em números opiniões e informações, possibilitando sua análise estatística e comparação objetiva. No presente estudo, essa abordagem permitiu identificar ganhos de aprendizagem a partir da variação no desempenho dos estudantes.

Por outro lado, a dimensão qualitativa esteve presente na análise das respostas

dissertativas do questionário, especialmente na última questão composta por quatro itens, bem como na interpretação das interações dos estudantes durante a manipulação experimental guiada pelo roteiro investigativo. Segundo Maria Cecília de Souza Minayo (2001), a pesquisa qualitativa preocupa-se com a compreensão dos significados, das interpretações e dos processos vivenciados pelos participantes.

Assim, ao considerar não apenas os resultados numéricos, mas também as explicações elaboradas pelos estudantes e o desenvolvimento de seus raciocínios, o estudo amplia a compreensão do processo de aprendizagem promovido pela experimentação orientada e pela Sequência de Ensino Investigativa (SEI).

Dessa forma, a articulação entre dados quantitativos expressos em gráficos e tabelas comparativas e dados qualitativos provenientes das respostas abertas e da análise interpretativa do processo investigativo justifica a classificação do estudo como quali-quantitativo, permitindo uma análise mais abrangente dos impactos da intervenção pedagógica sobre a aprendizagem de conceitos relacionados às transformações de energia e aos circuitos elétricos no ensino médio.

4.2 Público-Alvo e Localização

Público-alvo: Participaram do estudo 33 estudantes do 3º ano do Ensino Médio, envolvidos em atividades experimentais sobre transformações de energia e associações de circuitos elétricos em série e paralelo.

A pesquisa foi realizada em uma escola pública situada na cidade de Palmas/Tocantins, permitindo a observação dos processos educacionais em seu contexto real.

4.3 Obtenção dos Dados

A coleta de dados foi planejada de modo a buscar uma compreensão dos processos de aprendizagem dos estudantes, bem como das interações destes com o produto educacional de geração hidrelétrica e circuitos elétricos, permitindo apreender interpretações, significados e práticas emergentes (Godoy, 1995; Vieira; Zouain, 2006).

Para coletar informações sobre o entendimento dos conceitos de energia e circuitos elétricos, foram realizadas observações sistemáticas e registros experimentais durante a

execução das atividades com o produto educacional de geração hidrelétrica e os circuitos de LEDs.

4.3.1 Instrumentos e Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada durante a aplicação da SEI, estruturada a partir do experimento do produto educacional. Foram utilizados diferentes instrumentos, com o objetivo de possibilitar uma análise do processo de construção conceitual dos estudantes.

Inicialmente, foi aplicado um questionário diagnóstico (pré-teste), composto por oito questões objetivas e duas dissertativas, com a finalidade de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos conceitos de energia potencial gravitacional, potência elétrica, tensão, corrente elétrica e associação de resistores em série e paralelo.

Após o pré-teste, os estudantes participaram da atividade investigativa orientada por um roteiro experimental, que constituiu também um importante instrumento de coleta de dados. O roteiro experimental foi estruturado em etapas sequenciais, envolvendo:

- Medição da altura do cano de saída de água do reservatório, em duas configurações distintas (menor e maior altura), utilizando trena;
- Medição dos valores de tensão e corrente elétrica por meio de multímetro;
- Cálculo da energia potencial gravitacional da água no reservatório (considerando massa de 30 kg e $g = 10 \text{ m/s}^2$);
- Cálculo da potência elétrica a partir dos valores medidos de tensão e corrente;
- Comparação entre os valores obtidos nas duas alturas, incluindo análise da proporcionalidade e cálculo da porcentagem de aumento da energia;
- Identificação e análise das associações de LEDs em série e em paralelo;
- Justificativas sobre comportamento da corrente, da tensão e eficiência das associações;
- Reflexão final acerca dos conceitos físicos mobilizados durante o experimento.

Durante a execução do roteiro, os estudantes registraram medidas, realizaram cálculos, formularam hipóteses e apresentaram justificativas escritas para as situações investigadas. Esses registros foram considerados dados relevantes para a análise da pesquisa, pois evidenciam não apenas resultados numéricos, mas principalmente o processo de raciocínio desenvolvido ao longo da atividade.

Ao final da aplicação da sequência, foi reaplicado o questionário (pós-teste), possibilitando a comparação entre os conhecimentos prévios e as aprendizagens construídas após a vivência experimental.

4.3.2 Justificativa da Abordagem quali-quantitativa

A presente pesquisa caracteriza-se por uma abordagem quali-quantitativa, pois articula procedimentos de mensuração objetiva do desempenho dos estudantes com a análise interpretativa das respostas e das interações ocorridas durante a intervenção didática. A dimensão quantitativa evidencia-se na aplicação de questionários antes e após a implementação do produto educacional, cujos resultados foram organizados em gráficos e tabelas comparativas, permitindo verificar índices de acertos, erros e evolução do desempenho. Já a dimensão qualitativa fundamenta-se na análise das justificativas apresentadas pelos estudantes e no acompanhamento do processo de construção conceitual ao longo da Sequência de Ensino Investigativo.

Entretanto, a investigação não se restringe à quantificação dos resultados. A presença de questões dissertativas, especialmente a última questão composta por quatro itens, permitiu analisar as explicações elaboradas pelos estudantes, seus raciocínios e possíveis mudanças conceituais após a intervenção. Além disso, o desenvolvimento das atividades por meio do roteiro experimental investigativo possibilitou observar aspectos qualitativos do processo de construção do conhecimento.

Dessa forma, a combinação entre análise estatística descritiva dos dados e interpretação das produções escritas dos estudantes fundamenta a classificação da pesquisa como quali-quantitativa.

4.4 Análise dos dados

Os dados coletados durante a etapa de experimentação, incluindo altura do reservatório, valores de correntes elétricas, tensões e observações de luminosidade, os estudantes foram orientados a realizar a análise e interpretação dos resultados de maneira crítica e comparativa, alinhada aos pressupostos da SEI. Nessa fase, eles confrontaram as evidências empíricas obtidas com as hipóteses formuladas inicialmente, promovendo um processo interpretativo que incorporou tanto cálculos numéricos quanto avaliações qualitativas das relações entre as variáveis envolvidas.

Essas práticas de tratamento de dados vão além da coleta simples, pois implicam organizar, calcular, comparar e discutir resultados em função das conjecturas investigativas

levantadas, características centrais de abordagens investigativas em ciências, que buscam aproximar os estudantes de práticas científicas autênticas (Carvalho; Sasseron, 2015).

A utilização de cálculos e comparações numéricas, como a determinação de relações entre a altura do fluxo de água e as tensões geradas, ou a comparação da distribuição de corrente nos circuitos em série e em paralelo possibilitou aos estudantes elevar a análise além da simples observação qualitativa, integrando procedimentos matemáticos à interpretação dos resultados e reforçando a ligação entre dados experimentais e conceitos teóricos.

Essas práticas estão alinhadas com princípios do ensino por investigação, que enfatizam a importância de atividades de análise de dados para o desenvolvimento de competências científicas como interpretação, argumentação e raciocínio crítico (Albuquerque; Bicalho, 2024).

Além disso, a discussão coletiva dos resultados permitiu que os estudantes comparassem as conclusões de seus grupos com as de seus pares, examinando possíveis discrepâncias e fontes de erro experimental. A interpretação dos dados constituiu uma etapa de confrontação entre expectativas e evidências, na qual os estudantes foram encorajados a considerar se as hipóteses iniciais foram confirmadas ou se deveriam ser reformuladas à luz das evidências obtidas, promovendo, assim, a reflexão crítica sobre os fenômenos estudados.

Essa abordagem favorece a apropriação dos conceitos científicos de forma ativa e significativa, aproximando os estudantes de práticas epistemológicas genuínas e do método científico (Carvalho, 2018).

Em síntese, a análise e interpretação dos dados coletados por meio do experimento permitiram que os estudantes articulassem cálculos, representações gráficas e comparações entre variáveis físicas, testando hipóteses de maneira criteriosa e estabelecendo explicações conceituais fundamentadas em evidências, uma característica central do ensino de ciências por investigação e um elemento essencial para a compreensão dos conteúdos de energia e circuitos elétricos no contexto da formação em Física.

Pucinelli (2025) afirma que estudos sobre o ensino de Física apontam que atividades experimentais aplicadas em sala de aula, envolvendo a coleta e a análise de dados pelos próprios estudantes, favorecem uma compreensão mais significativa dos fenômenos físicos e promovem o desenvolvimento de habilidades investigativas e reflexivas, essenciais para o processo de aprendizagem.

4.5 Abordagem da Sequência de Ensino Investigativo (SEI)

Nesta dissertação, adotou-se uma metodologia de ensino por investigação como abordagem para orientar as atividades práticas envolvendo as transformações de energia e circuitos de LEDs em série e paralelo. A escolha desta metodologia está fundamentada no pressuposto de que a aprendizagem se torna mais efetiva quando os estudantes participam ativamente do processo de descoberta, elaborando hipóteses, testando experimentos, observando resultados e refletindo sobre as transformações de energia envolvidas.

Como afirma (Carvalho, 2018) no ensino investigativo, o aluno torna-se construtor de sua aprendizagem a partir de problemas experimentais. Portanto, a SEI se apresenta como uma estratégia de ensino por investigação que posiciona o estudante como protagonista no processo de construção do conhecimento, iniciando pela problematização de situações desafiadoras, favorecendo a passagem da ação manipulativa para a ação intelectual por meio da experimentação e da elaboração de hipóteses, culminando na sistematização e contextualização dos conceitos, o que contribui para o desenvolvimento do pensamento científico.

4.6 Etapas da SEI no Estudo

A Sequência de Ensino Investigativo SEI foi estruturada em etapas interligadas e coerentes, organizadas para conduzir sistematicamente os grupos de estudantes por um processo investigativo centrado no experimento prático com o produto educacional. Diferentemente de abordagens tradicionais baseadas na transmissão de conteúdos, a SEI é uma abordagem pedagógica ativa, em que os estudantes assumem papel protagonista na construção do conhecimento por meio de ações investigativas, como formulação de hipóteses, coleta e análise de dados e reflexão sobre os resultados (Carvalho, 2018).

Essa perspectiva coloca o problema no centro da aprendizagem, estimulando o desenvolvimento de competências científicas como argumentação, raciocínio lógico, interpretação e comunicação de resultados, em consonância com princípios do ensino de ciências por investigação. No presente estudo, a SEI foi articulada em uma sequência de etapas que orientaram a organização das atividades didáticas e a atuação dos estudantes, conforme detalhado a seguir:

4.6.1 Problematização e Introdução do Tema

A etapa de problematização constituiu o ponto de partida da Sequência de Ensino Investigativo (SEI) e teve como objetivo situar os estudantes frente a uma situação-problema à transformação de energia e ao funcionamento de circuitos elétricos. Nessa fase inicial, foi apresentada uma situação contextualizada que exigia dos estudantes a mobilização de suas ideias prévias e a formulação de questionamentos sobre os fenômenos físicos envolvidos, criando, assim, um ambiente propício à investigação científica.

A problematização, conforme preconiza a literatura sobre ensino por investigação, visa não apenas despertar o interesse dos estudantes, mas também orientar a construção coletiva de sentido, incentivando a formulação de perguntas que possam ser investigadas empiricamente ao longo da sequência didática (Carvalho; Sasseron, 2015).

A introdução do tema foi realizada de forma dialogada, articulando conceitos iniciais sobre energia potencial, energia elétrica e características de circuitos em série e em paralelo, de modo a estabelecer uma base conceitual mínima que permitisse aos estudantes compreenderem os elementos do problema e enfrentarem os desafios investigativos subsequentes.

Essa contextualização inicial foi fundamental para que os estudantes reconhecessem a relevância da situação-problema e para que pudessem identificar, em seguida, as questões centrais que orientariam suas hipóteses e ações experimentais.

Assim, a problematização funcionou como elemento estratégico para promover a motivação e o engajamento investigativo, aspectos apontados como essenciais em abordagens de ensino por investigação em física (Carvalho, 2018).

4.6.2 Formulação de Hipóteses

Após a etapa de problematização, os estudantes foram orientados a empreender a formulação de hipóteses explicativas e preditivas sobre os fenômenos físicos em estudo, em particular sobre a transformação de energia potencial gravitacional em energia elétrica e sobre o comportamento esperado dos circuitos elétricos em série e em paralelo no contexto experimental proposto.

A elaboração de hipóteses constitui um momento central no ciclo investigativo, pois consiste em proposições provisórias que expressam explicações plausíveis para um fenômeno e que devem ser testadas empiricamente ao longo da investigação. A formulação cuidadosa de hipóteses, segundo a literatura de ensino por investigação, favorece a exploração de relações

causais e a articulação entre teoria e prática, incentivando os estudantes a explicitar suas expectativas cognitivas antes da experimentação e a confrontá-las com os resultados observados (Carvalho, 2018; Azevedo, 2004).

4.6.3 Experimentação

A etapa de experimentação constituiu o momento central do processo investigativo, em que os estudantes mobilizaram seus conhecimentos prévios e as hipóteses formuladas para realizar a execução prática do experimento proposto. Essa fase envolveu a observação e manipulação do produto, com ênfase na coleta e registro sistemático de dados.

A experimentação em abordagens investigativas não se limita à mera observação de fenômenos, mas, segundo estudos em educação em ciências, deve ser concebida como uma atividade na qual os estudantes manipulam variáveis, medem grandezas, registram comportamentos e comparam evidências empíricas com expectativas teóricas (Ferreira, 2023).

Durante essa etapa, os estudantes realizaram medições e observações de grandezas físicas tais como altura do reservatório, correntes e tensões elétricas do gerador e nos circuitos de LEDs. Esses dados foram anotados em protocolos de experimentação previamente estruturados, permitindo que cada grupo registrasse não apenas valores numéricos, mas também comportamentos observados e possíveis fontes de erro experimental.

A experimentação, dessa forma, configurou-se como uma oportunidade para que os estudantes testassem as hipóteses formuladas, confrontassem suas expectativas com os resultados observados e desenvolvessem competências científicas tais como interpretação de dados e resolução de problemas (Saraiva; Queiroz; Meira, 2025).

Assim, a experimentação neste trabalho foi conduzida com o propósito de envolver ativamente os estudantes na investigação científica, permitindo que eles testassem suas conjecturas em um contexto real de aprendizagem, coletassem evidências empíricas e desenvolvessem habilidades de análise e comunicação de resultados, características valorizadas em abordagens de ensino por investigação.

4.6.4 Análise e Interpretação dos Dados

Com os dados coletados durante a etapa de experimentação, incluindo altura do reservatório, valores de correntes elétricas, tensões e observações de luminosidade, os estudantes foram orientados a realizar a análise e interpretação dos resultados de maneira crítica

e comparativa, alinhada aos pressupostos da SEI. Nessa fase, eles confrontaram as evidências empíricas obtidas com as hipóteses formuladas inicialmente, promovendo um processo interpretativo que incorporou tanto cálculos numéricos quanto avaliações qualitativas das relações entre as variáveis envolvidas.

Essas práticas de tratamento de dados vão além da coleta simples, pois implicam organizar, calcular, comparar e discutir resultados em função das conjecturas investigativas levantadas, características centrais de abordagens investigativas em ciências, que buscam aproximar os estudantes de práticas científicas autênticas (Carvalho; Sasseron, 2015).

A utilização de cálculos e comparações numéricas como a determinação de relações entre a altura do fluxo de água e as tensões geradas, ou a comparação da distribuição de corrente nos circuitos em série e em paralelo possibilitou aos estudantes elevar a análise além da simples observação qualitativa, integrando procedimentos matemáticos à interpretação dos resultados e reforçando a ligação entre dados experimentais e conceitos teóricos.

Essas práticas estão alinhadas com princípios do ensino por investigação, que enfatizam a importância de atividades de análise de dados para o desenvolvimento de competências científicas como interpretação, argumentação e raciocínio crítico (Albuquerque; Bicalho, 2024).

Além disso, a discussão coletiva dos resultados permitiu que os estudantes comparassem as conclusões de seus grupos com as de seus pares, examinando possíveis discrepâncias e fontes de erro experimental. A interpretação dos dados constituiu uma etapa de confrontação entre expectativas e evidências, na qual os estudantes foram encorajados a considerar se as hipóteses iniciais foram confirmadas ou se deveriam ser reformuladas à luz das evidências obtidas, promovendo, assim, a reflexão crítica sobre os fenômenos estudados.

Essa abordagem favorece a apropriação dos conceitos científicos de forma ativa e significativa, aproximando os estudantes de práticas epistemológicas genuínas e do método científico (Carvalho, 2018).

Em síntese, a análise e interpretação dos dados coletados por meio do experimento permitiram que os estudantes articulassem cálculos, representações gráficas e comparações entre variáveis físicas, testando hipóteses de maneira criteriosa e estabelecendo explicações conceituais fundamentadas em evidências, uma característica central do ensino de ciências por investigação e um elemento essencial para a compreensão dos conteúdos de energia e circuitos elétricos no contexto da formação em Física.

Pucinelli (2025) afirma que estudos sobre o ensino de Física apontam que atividades experimentais aplicadas em sala de aula, envolvendo a coleta e a análise de dados pelos próprios

estudantes, favorecem uma compreensão mais significativa dos fenômenos físicos e promovem o desenvolvimento de habilidades investigativas e reflexivas, essenciais para o processo de aprendizagem.

4.6.5 Sistematização e Reflexão

Por fim, promovemos a sistematização dos resultados e a reflexão coletiva sobre as aprendizagens alcançadas. Os estudantes discutiram suas conclusões em grupos, compararam hipóteses e apresentaram suas interpretações, destacando a relação entre os dados experimentais e os conceitos científicos envolvidos.

Além disso, a literatura sobre ensino por investigação enfatiza que a interpretação de dados e a comparação entre variáveis constituem práticas didáticas centrais para a aprendizagem em ciências, pois envolvem a análise crítica de evidências, a identificação de relações causais e a construção de explicações coerentes com os princípios científicos subjacentes (Albuquerque; Bicalho, 2024).

Essas práticas investigativas contribuíram para que os estudantes estabelecessem conexões entre os conceitos de energia e circuitos elétricos, ampliando sua compreensão dos conteúdos estudados. Nesse momento, buscou-se também contextualizar o conhecimento, relacionando os resultados obtidos com situações do cotidiano, como o funcionamento das usinas hidrelétricas e a distribuição de energia elétrica, evidenciando a aplicação social e tecnológica dos conceitos trabalhados.

4.7 Avaliação da aprendizagem

A avaliação da aprendizagem, no âmbito desta pesquisa, foi concebida não como um ato de mensuração final isolado, mas como um processo contínuo, articulado ao ensino e à investigação dos significados que os estudantes atribuíram às experiências educativas vivenciadas.

Diferentemente de perspectivas avaliativas centradas exclusivamente na verificação de resultados quantitativos, a literatura em educação aponta que a avaliação deve acompanhar o desenvolvimento do estudante ao longo do processo de ensino-aprendizagem, possibilitando ajustes na mediação pedagógica e promovendo uma retroalimentação que favoreça a autorregulação do conhecimento (Luckesi, 2011; Camargo Caseiro; Gebran, 2021).

Neste estudo, a avaliação qualitativa foi orientada por princípios da avaliação formativa, cuja função consiste em informar tanto o docente quanto os estudantes sobre o estágio de compreensão dos conteúdos e das práticas experimentais, indicando caminhos para novas intervenções pedagógicas e momentos de reflexão coletiva. Essa perspectiva dialoga com o entendimento de que avaliar implica coletar, interpretar e atribuir valor às manifestações dos estudantes no processo educativo, de modo a orientar decisões pedagógicas e favorecer a construção do conhecimento (Roncato; Silva, 2025).

Os procedimentos avaliativos contemplaram observações sistemáticas das interações e práticas dos estudantes durante as atividades com o produto educacional de geração hidrelétrica, registros detalhados dos dados experimentais coletados e as discussões realizadas pelos grupos ao longo das sessões de trabalho. Além disso, foram aplicados questionários antes e após a intervenção didática, possibilitando a análise comparativa do desempenho dos estudantes e a identificação de avanços conceituais decorrentes da implementação da Sequência de Ensino Investigativo.

Esses instrumentos permitiram identificar não apenas se os objetivos específicos de aprendizagem foram alcançados, mas também como os estudantes construíram significados acerca das transformações de energia e das propriedades das associações de circuitos elétricos. Ao longo do processo, a avaliação atuou como elemento de retroalimentação para os próprios participantes, contribuindo para que refletissem sobre seus conhecimentos prévios e reformulassem estratégias de compreensão, em consonância com uma lógica de avaliação contínua e formativa (Oliveira et al., 2025).

Em síntese, a avaliação na presente pesquisa não se restringiu à verificação de acertos e erros nos questionários, mas buscou compreender o percurso cognitivo e social dos estudantes ao interagirem com o produto educacional, elaborando hipóteses, analisando resultados experimentais e refletindo sobre as transformações de energia envolvidas. Dessa forma, a avaliação contribuiu para uma análise qualitativa da aprendizagem em contextos experimentais no ensino de Física, ao mesmo tempo em que forneceu evidências quantitativas do avanço conceitual observado.

4.8 Aplicação do produto educacional

O engajamento dos estudantes do 3º ano do Ensino Médio na Sequência de Ensino Investigativo (SEI) sobre as transformações de energia no produto educacional de geração hidrelétrica demonstrou a importância de trabalhos experimentais. A natureza prática e a

relevância do produto educacional, que exigiram a investigação das conversões energéticas da energia potencial gravitacional para a elétrica e a análise de circuitos em série e em paralelo, atuaram como ferramentas no processo de ensino-aprendizagem.

A observação em sala revelou um nível de entusiasmo e proatividade, manifestado tanto na manipulação cuidadosa do experimento quanto na organização das anotações (ver Apêndice E). Este cenário qualitativo sugere que a metodologia da SEI, ao posicionar o estudante como agente central da descoberta e da resolução de problemas, transcende a transmissão de conteúdo, fomentando uma abordagem de investigação autônoma e colaborativa (Leite; Rodrigues; Magalhães Júnior, 2019).

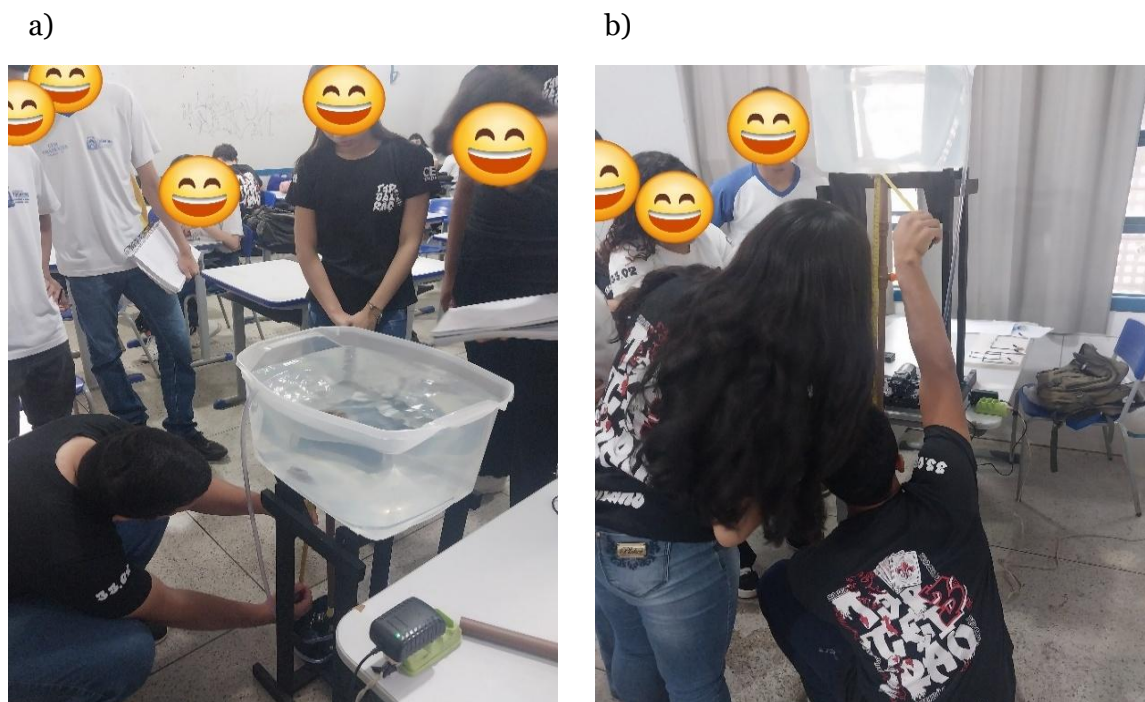
O ambiente de aprendizado criado pela atividade demonstrou um sucesso pedagógico que vai além dos resultados numéricos obtidos. A boa participação e o engajamento observados refletem a eficácia da abordagem investigativa em promover o desenvolvimento de habilidades cognitivas e reflexivas.

Ao serem desafiados a calcular a energia potencial em diferentes alturas e a medir grandezas elétricas nos circuitos, os estudantes exercitaram o raciocínio crítico, a capacidade de formulação de hipóteses e a interpretação de dados em tempo real.

Este processo, rico em interações e descobertas, favoreceu a consolidação mais profunda dos conceitos de Física, transformando a teoria abstrata em conhecimento concreto e aplicável (Araújo, 2025).

Na manipulação e investigação de hipóteses durante a execução do experimento, os estudantes primeiramente mediram com uma trena a altura do cano do reservatório ao gerador no momento em que o reservatório estava sobre o piso, bem como com o uso de um multímetro mediram a tensão e a corrente elétrica do gerador a essa altura, sendo todos os valores anotados no local indicado no roteiro experimental.

Figura 4.1 – Medição da altura do reservatório de água com o uso de trena: (a) menor altura; (b) maior altura.



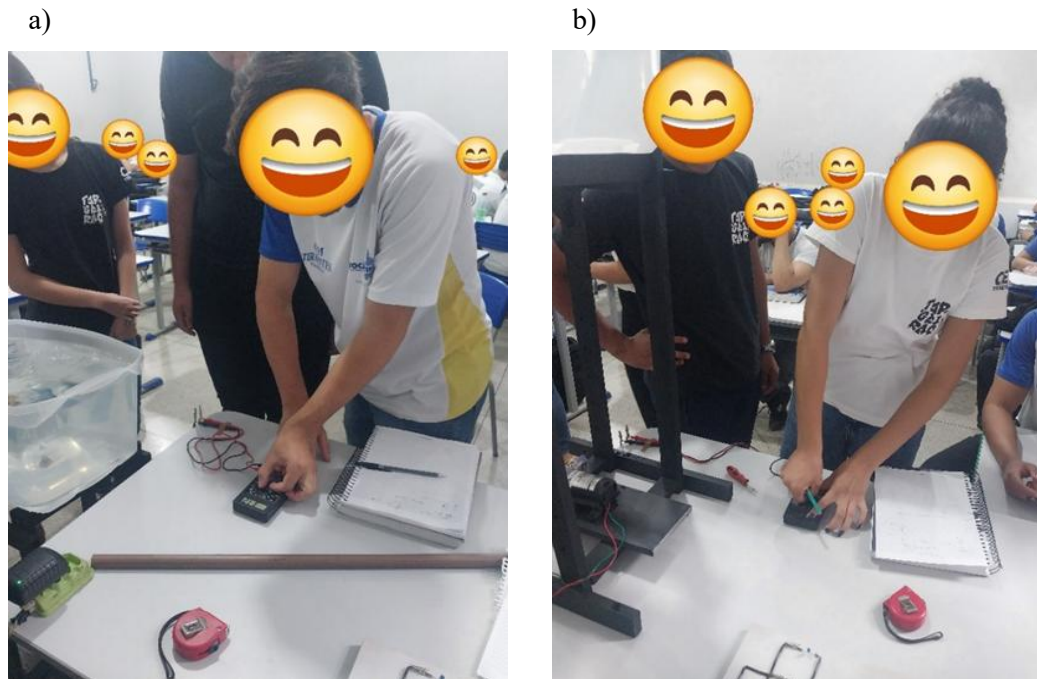
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 4.1 apresenta as medições das diferentes alturas do reservatório para análise da variação da energia potencial gravitacional: (a) menor altura e (b) maior altura. O objetivo dessa atividade foi promover a investigação experimental das relações entre a altura do reservatório e as grandezas físicas envolvidas nas transformações de energia, em especial a energia potencial gravitacional associada à água armazenada e sua relação com a energia elétrica produzida pelo sistema experimental.

Justifica-se essa etapa da pesquisa pela sua contribuição para a compreensão dos conceitos de energia potencial e transformação de energia em contexto prático, favorecendo que os estudantes articulem conhecimentos teóricos e observações empíricas por meio de experimentação, uma vez que a experimentação desempenha um papel crucial no ensino de ciências ao promover a construção ativa do conhecimento e o desenvolvimento de competências essenciais (Silva et al., 2025).

Essa abordagem favorece a compreensão do princípio de conservação e transformação de energia, ao estabelecer uma relação concreta entre grandezas físicas abstratas e situações observáveis (Campos, 2014).

Figura 4.2 – Medição da tensão e da corrente elétrica do gerador com o uso de multímetro: (a) para menor altura do reservatório; (b) para maior altura do reservatório.



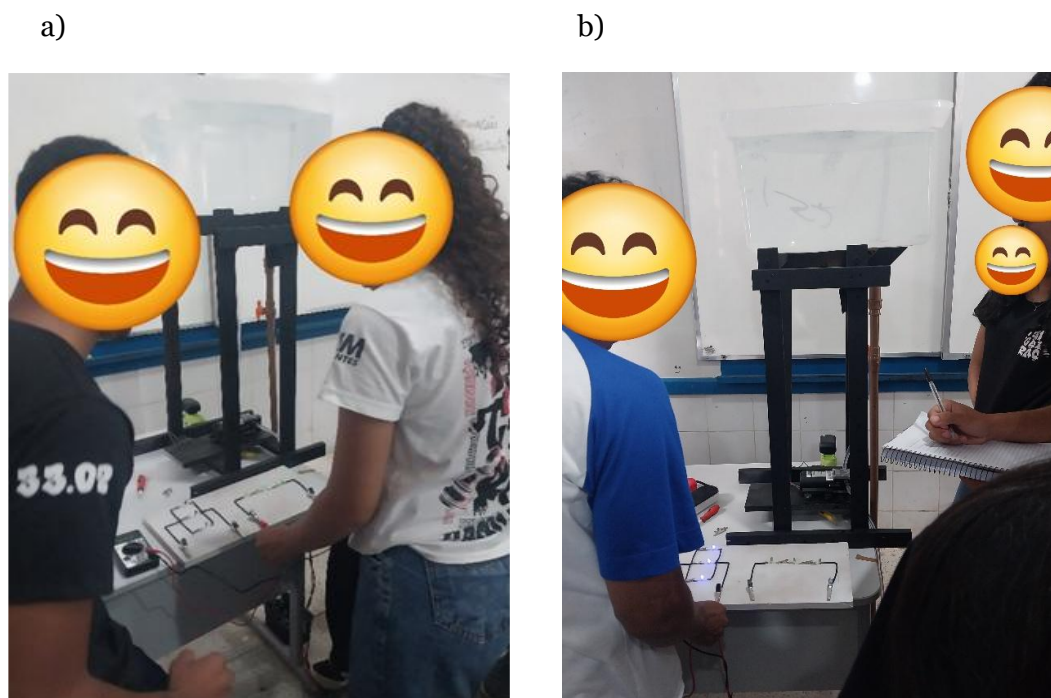
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 4.2 apresenta a medição da corrente elétrica e a tensão do gerador nas duas alturas propostas e, com os valores registrados, calcula-se a potência elétrica do gerador para cada condição experimental. O objetivo dessa etapa do estudo foi verificar, na prática, os efeitos do aumento da altura do reservatório sobre a potência elétrica produzida pelo gerador, bem como relacionar esse comportamento com o aumento da energia potencial gravitacional.

Essa atividade permitiu observar diretamente a relação entre variáveis físicas fundamentais e consolidar conceitos teóricos por meio de experimentação controlada.

Justifica-se a inclusão dessa etapa na pesquisa pela sua capacidade de promover uma compreensão mais concreta e significativa dos princípios de transformação de energia, contribuindo para que os estudantes articulem, de maneira integrada, conhecimentos sobre energia potencial gravitacional e propriedades dos circuitos elétricos, superando a abstração conceitual por meio de prática laboratorial.

Figura 4.3 – Medição da tensão elétrica e da corrente elétrica nas associações de resistores, utilizando multímetro: (a) associação em série; (b) associação em paralelo.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 4.3 apresenta os estudantes utilizando o multímetro para investigar as características das associações em série e em paralelo. Em (a) e (b), são realizadas medições de tensão elétrica e de corrente elétrica nas duas configurações de circuito. O objetivo dessa etapa foi possibilitar que os estudantes identificassem e comparassem, de forma experimental, o comportamento da corrente elétrica e da diferença de potencial nas associações, promovendo a articulação entre os modelos teóricos e os resultados obtidos nas medições.

Essa etapa investigativa justifica-se por contribuir para a construção do conhecimento em Física, uma vez que atividades experimentais envolvendo circuitos elétricos favorecem a compreensão de conceitos abstratos, como corrente elétrica, diferença de potencial e resistência, ao promoverem a articulação entre teoria e prática e ampliarem o envolvimento dos estudantes no estudo da eletricidade.

QUADRO 4.1 – Sequência didática.

ETAPAS	AULA (50 MIN)	OBJETIVOS	FÍSICA ENVOLVIDA	ATIVIDADES
Proposta do problema	1	Exibição e discussão de um vídeo sobre usina hidrelétrica (ANEEL, 2024)	Energias	Discussão sobre os conceitos de energia
	1	Apresentação do PE; divisão de grupos; e problematização	Transformações de energia e circuitos elétricos	Levantamento de hipóteses/transformações de energia e circuitos
Resolução do problema	2	Aplicação do PE	Ep, Tensão, corrente e potência	Medição das grandezas físicas envolvidas
Organização e sistematização do conhecimento	1	Comparar os circuitos em série e paralelo	Circuitos elétricos Tensão e corrente	Socialização e contextualização dos resultados/roteiro experimental

Fonte: Dados da pesquisa.

O Quadro 4.1 apresenta a organização da sequência didática utilizada na aplicação do produto educacional, desenvolvida ao longo de cinco aulas de 50 minutos cada. A organização das aulas fundamenta-se nos pressupostos da SEI, estruturando o processo de ensino-aprendizagem em etapas que favorecem a problematização, a investigação e a sistematização do conhecimento científico, alinhadas às competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o Ensino Médio, além disso, a sequência apresentada no Quadro 4.1 está fundamentada nos pressupostos da SEI, que orienta a construção do conhecimento científico a partir da problematização, da investigação e da sistematização dos conceitos, seguindo a lógica do ensino por investigação, em que os estudantes são chamados a formular hipóteses e buscar soluções evidenciadas por meio de atividades investigativas (Carvalho, 2013).

A apresentação estruturada de uma sequência didática, por meio de tabelas que organizam objetivos, competências, habilidades e orientações metodológicas, favorece a compreensão da progressão didática e articula os momentos de ensino e aprendizagem de forma

clara e sistemática (Silva; Carmo, 2022). Essa forma de apresentação favorece a compreensão da progressão didática e das relações entre os momentos da sequência, além de possibilitar maior transparência e reprodutibilidade da proposta, aspectos relevantes em pesquisas em ensino de Ciências e Física.

A organização das aulas evidencia a centralização no estudante e no processo de aprendizagem, ao valorizar a formulação de hipóteses, a coleta e análise de dados experimentais e a interpretação dos resultados obtidos com o produto educacional de geração hidrelétrica. Dessa forma, a SEI possibilita a articulação entre teoria e prática, promovendo uma melhor aprendizagem (Vilaça; Bertini, 2024).

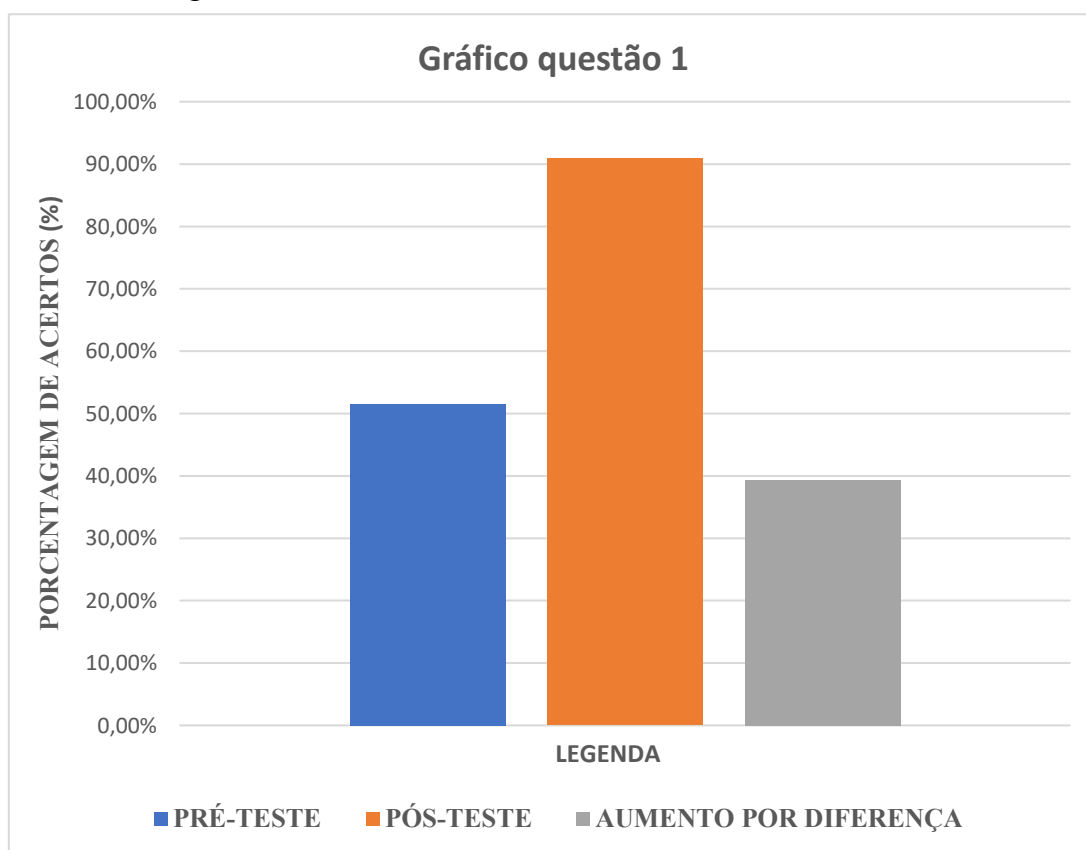
De forma integrada, a utilização de tabelas para apresentar a sequência didática não apenas organiza e torna transparentes as etapas e objetivos das atividades, como também se alinha aos princípios da SEI, que enfatiza a problematização, a investigação e a construção de conhecimentos pelos estudantes a partir de suas próprias práticas experimentais, como no caso do produto educacional de geração hidrelétrica utilizada no presente estudo (Ribeiro Guimarães et al., 2024; Carvalho, 2013).

5 RESULTADOS

Este capítulo dedica-se à apresentação e análise dos dados coletados durante a aplicação da Sequência de Ensino Investigativo (SEI), que utilizou como ferramenta central um protótipo de usina hidrelétrica. O objetivo principal é investigar as transformações de energia em um produto educacional de geração hidrelétrica, bem como a distribuição da energia gerada por ela por meio de um gerador hidráulico de 12 V a estudantes do 3º ano do Ensino Médio. Para isso, foram analisados os dados qualitativos obtidos por meio de questionários (ver Apêndice A). A análise busca não apenas medir a evolução conceitual dos estudantes, mas também compreender suas percepções sobre a atividade investigativa e o produto educacional como mediadores da aprendizagem.

A pesquisa foi desenvolvida com uma turma de 33 estudantes do 3º ano de um Colégio Público de Ensino Médio em Palmas, Tocantins, com idades entre 17 e 18 anos. Como instrumento para avaliar a aprendizagem, foi utilizado um questionário (ver Apêndice A) aplicado em dois momentos distintos: antes da atividade investigativa (pré-teste) e após a sua conclusão (pós-teste), permitindo assim uma análise comparativa da evolução conceitual dos participantes.

Figura 5.1 – Respostas referente à questão 1 do questionário: “Qual energia está presente no reservatório com água a uma certa altura?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico de colunas referente à questão 1, Figura 5.1, demonstra uma melhora na aprendizagem após a intervenção educacional com a SEI e o produto educacional de geração hidrelétrica. A coluna azul, que representa as respostas ao questionário diagnóstico antes da intervenção pedagógica, aponta que 51,5 % dos estudantes identificaram corretamente a energia presente no reservatório com água a uma certa altura, indicando que aproximadamente metade da turma já possuía o conhecimento prévio sobre a Energia Potencial Gravitacional.

Esse resultado prévio de mais de 50% de acertos reflete o conhecimento adquirido por parte dos estudantes, pela visualização de um vídeo do funcionamento de uma usina hidrelétrica, em que foram apresentadas as transformações de energia, como a energia potencial gravitacional, contida no reservatório com água. Contudo, o resultado representado na coluna laranja, que representa as respostas ao questionário diagnóstico após a intervenção pedagógica, revela um aumento, atingindo 90,9 % de acertos. Esse salto de 39,4% sugere que a atividade prática e investigativa proporciona um entendimento do conceito, superando a marca de 90%

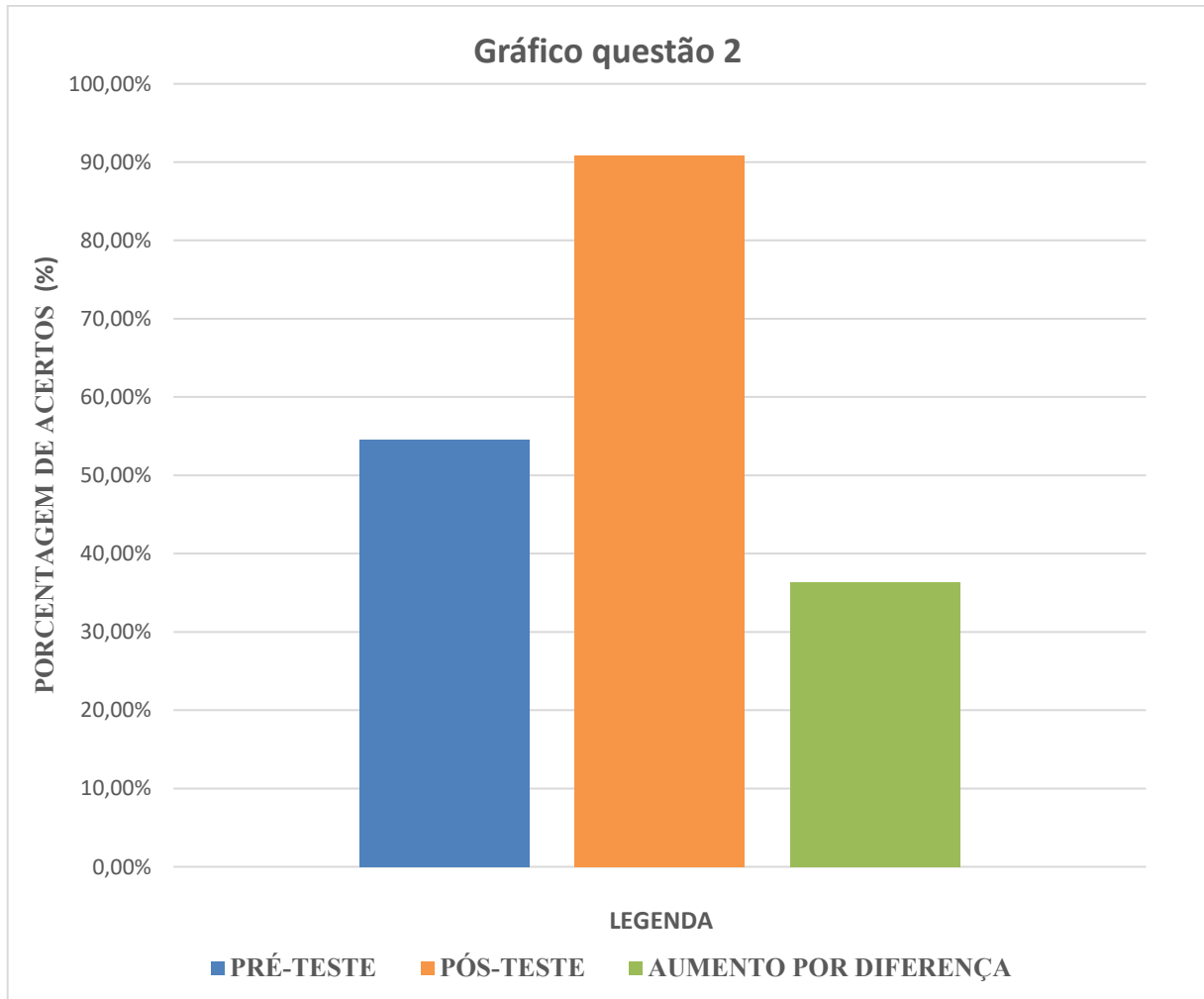
de proficiência na turma.

A coluna em cinza que representa o aumento nas respostas certas após a intervenção pedagógica mostra um aumento de 39,4 %, que sugere uma boa metodologia aplicada. Esse índice indica que a intervenção reforçou os conceitos aplicados e a aprendizagem dos que não haviam respondido corretamente no início.

Em suma, os dados da questão 1 fornecem uma forte evidência de que a SEI, centrada na investigação do protótipo, foi bem-sucedida em promover a compreensão do conceito fundamental de Energia Potencial Gravitacional no contexto de uma usina hidrelétrica. Esse aumento significativo demonstra que, mesmo com a aplicação do vídeo sobre a geração de energia em uma usina hidrelétrica, nem todos os estudantes compreenderam as transformações presentes, o que reforça ainda mais a eficácia da intervenção pedagógica.

Desse modo, os resultados obtidos nesta questão reforçam a relevância de estratégias didáticas que ultrapassam a mera exposição conceitual, evidenciando que a articulação entre investigação, experimentação e contextualização favorece a internalização de conceitos físicos abstratos. Assim, a SEI mostrou-se um elemento mediador essencial no processo de aprendizagem, ao possibilitar que os estudantes reinterpretassem conhecimentos prévios, superassem concepções parciais e construíssem explicações mais fundamentadas, consolidando o papel da prática investigativa como recurso pedagógico eficaz no ensino de Física, ao favorecer a reorganização cognitiva e a ressignificação dos conhecimentos prévios dos estudantes (Carvalho, 2013; Pozo; Crespo, 2009).

Figura 5.2 – Respostas referente à questão 2 do questionário: “Se aumentarmos a altura do reservatório em relação ao piso, o que acontece com a energia presente no reservatório?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

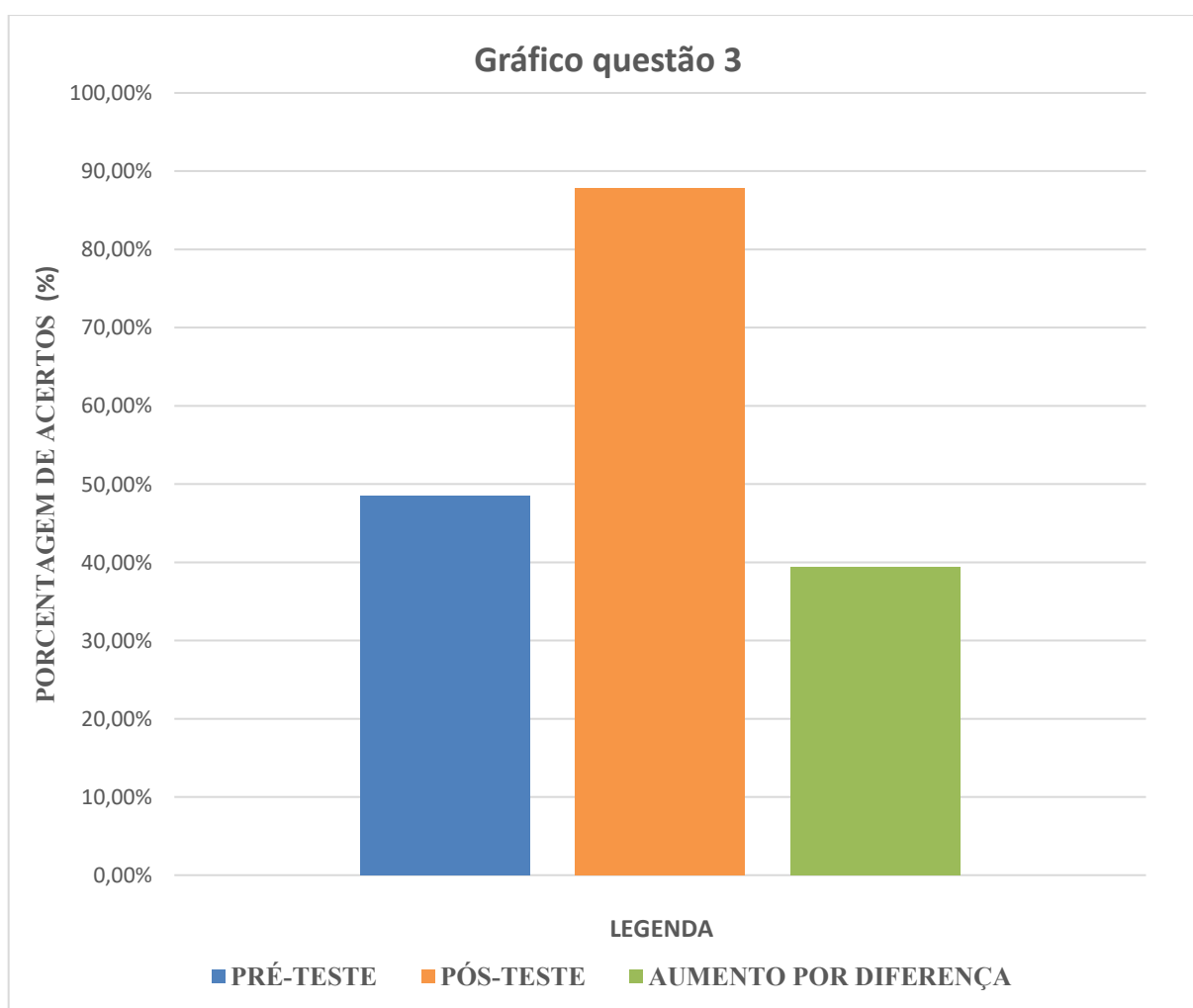
O gráfico da questão 2, Figura 5.2, que aborda a relação entre a altura do reservatório e o piso, demonstra um aumento notável na compreensão dos estudantes após a aplicação da SEI. Observa-se que 54,5% dos estudantes já demonstravam conhecimento prévio sobre o conceito, indicando que mais da metade da turma compreendia que a energia potencial gravitacional no reservatório com água está diretamente ligada à sua altura. No entanto, o resultado da taxa de acerto é de 90,9%, um crescimento de 36,4%.

Este avanço sugere que a experimentação prática com o produto educacional de geração hidrelétrica, no qual a variação da altura do reservatório é o fator investigado, foi fundamental para consolidar o entendimento da dependência da energia potencial gravitacional em relação à altura. Mais da metade da turma conseguiu demonstrar corretamente, antes da intervenção

pedagógica, a relação da altura com a variação da energia potencial gravitacional, calculando o valor da energia para duas alturas diferentes.

O aumento no número de acertos representa um resultado positivo. Este percentual robusto de 36,4% de diferença no número de acertos indica que a SEI foi eficaz, reforçando a ideia de que a manipulação e observação direta do fenômeno físico (aumento da altura do reservatório e seu impacto na energia) são estratégias pedagógicas poderosas. Em conjunto com a questão 1, os dados da questão 2 confirmam que a metodologia investigativa utilizada promoveu uma compreensão sólida e quantificável do conceito central de energia potencial gravitacional e sua aplicação no contexto de geração de energia hidrelétrica. O valor de 90,9% no número de acertos demonstra que a intervenção foi significativa e que os estudantes conseguiram incorporar a ideia da variação da altura com a variação da energia potencial.

Figura 5.3 – Respostas referente à questão 3 do questionário: “Se a quantidade de água do reservatório for reduzida, o que ocorre com a energia armazenada?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico da questão 3, Figura 5.3, que avalia a compreensão dos estudantes sobre a dependência da energia potencial gravitacional em relação à massa da água (quantidade de água no reservatório), revela um aumento significativo após a intervenção. O gráfico demonstra que 48,5% dos estudantes responderam corretamente, indicando que menos da metade da turma possuía um entendimento claro sobre a influência da massa na energia potencial. Contudo, a análise das respostas demonstrou um salto significativo, com 87,9% de acertos. Esse aumento de 39,4% demonstra que ambas, a SEI e a manipulação do produto educacional de geração hidrelétrica, foram altamente eficazes em elucidar a relação direta entre a quantidade de água (massa) e a energia potencial armazenada, um conceito fundamental para a compreensão do funcionamento de usinas hidrelétricas.

Nessa questão, menos da metade da turma conseguiu demonstrar que a massa de água está diretamente relacionada com a energia potencial gravitacional, evidenciando dificuldades na interpretação das relações proporcionais expressas na equação dessa grandeza. Ao se considerar constante o volume de água no reservatório, esperava-se que os estudantes identificassem a dependência direta da energia potencial em relação à massa; no entanto, muitos não conseguiram estabelecer essa relação, o que indica uma compreensão ainda superficial do modelo físico envolvido.

Esse resultado sugere a necessidade de estratégias didáticas que enfatizem não apenas a aplicação da equação, mas também a interpretação conceitual das variáveis e suas interdependências no contexto do fenômeno analisado.

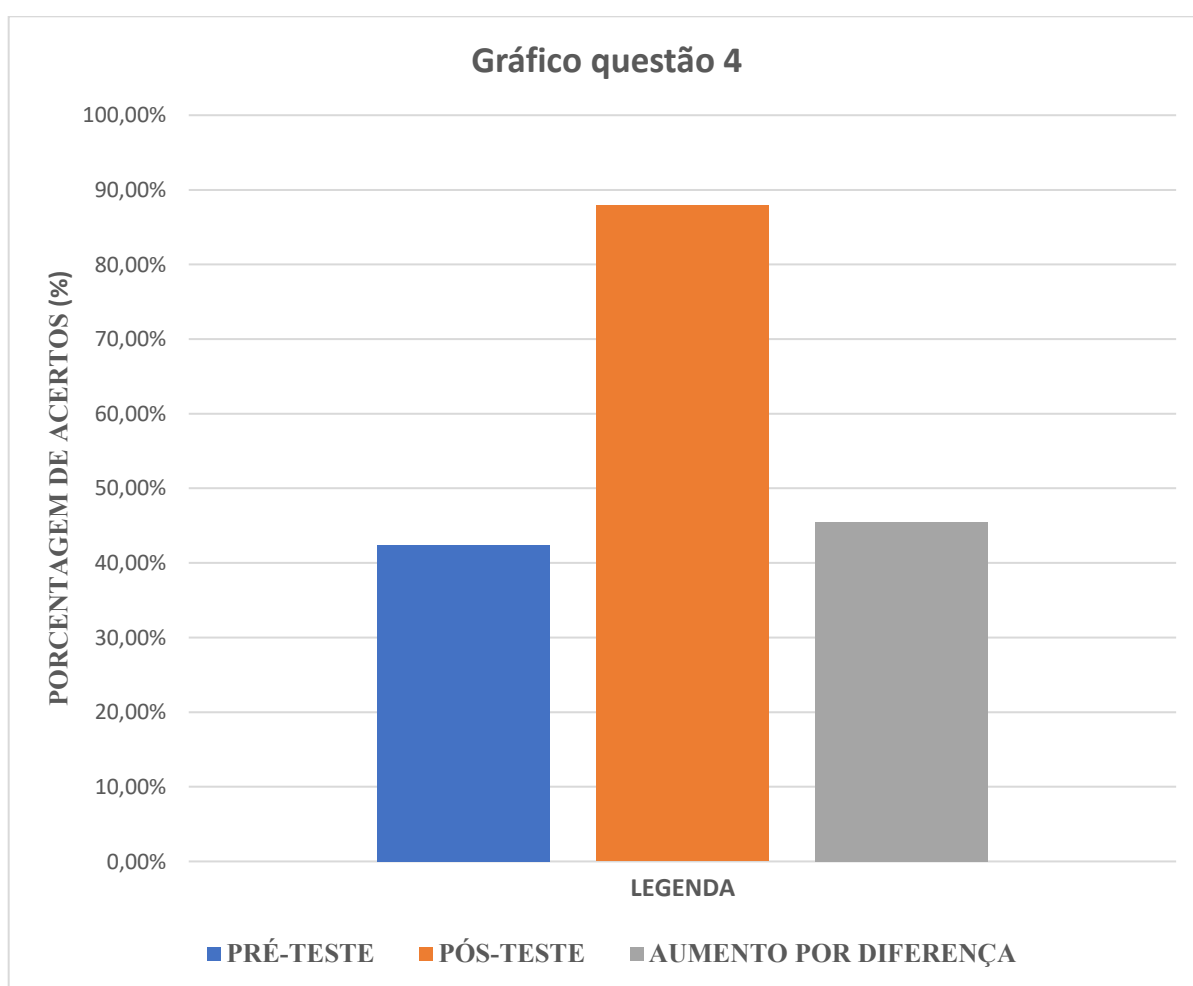
O aumento de acertos observado na questão 3 foi também significativo. Este valor expressivo não apenas reforça a eficácia da intervenção pedagógica, juntamente com o experimento. O índice de 87,9% indica que o conceito de que a energia potencial depende da massa da água foi entendido pela grande maioria dos estudantes, consolidando a compreensão dos fatores que governam a energia potencial gravitacional no contexto da hidrelétrica.

Dessa forma, os resultados da análise das respostas à Questão 3 evidenciam que a abordagem investigativa, aliada à experimentação com o produto educacional de geração hidrelétrica, foi essencial para que os estudantes compreendessem a relação entre a massa da água e a energia potencial gravitacional de maneira mais consistente.

A vivência prática possibilitou a superação de dificuldades associadas à interpretação da expressão matemática do conceito, favorecendo a transposição do formalismo da equação

para uma compreensão física do fenômeno. Assim, a SEI contribuiu para a construção de explicações mais articuladas e fundamentadas, permitindo que os estudantes reconhecessem os fatores que influenciam a energia potencial em um sistema real, o que reforça o papel da investigação e da contextualização.

Figura 5.4 – Respostas referente à questão 4 do questionário: “A água, quando escoar pelo cano, possui principalmente qual tipo de energia?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

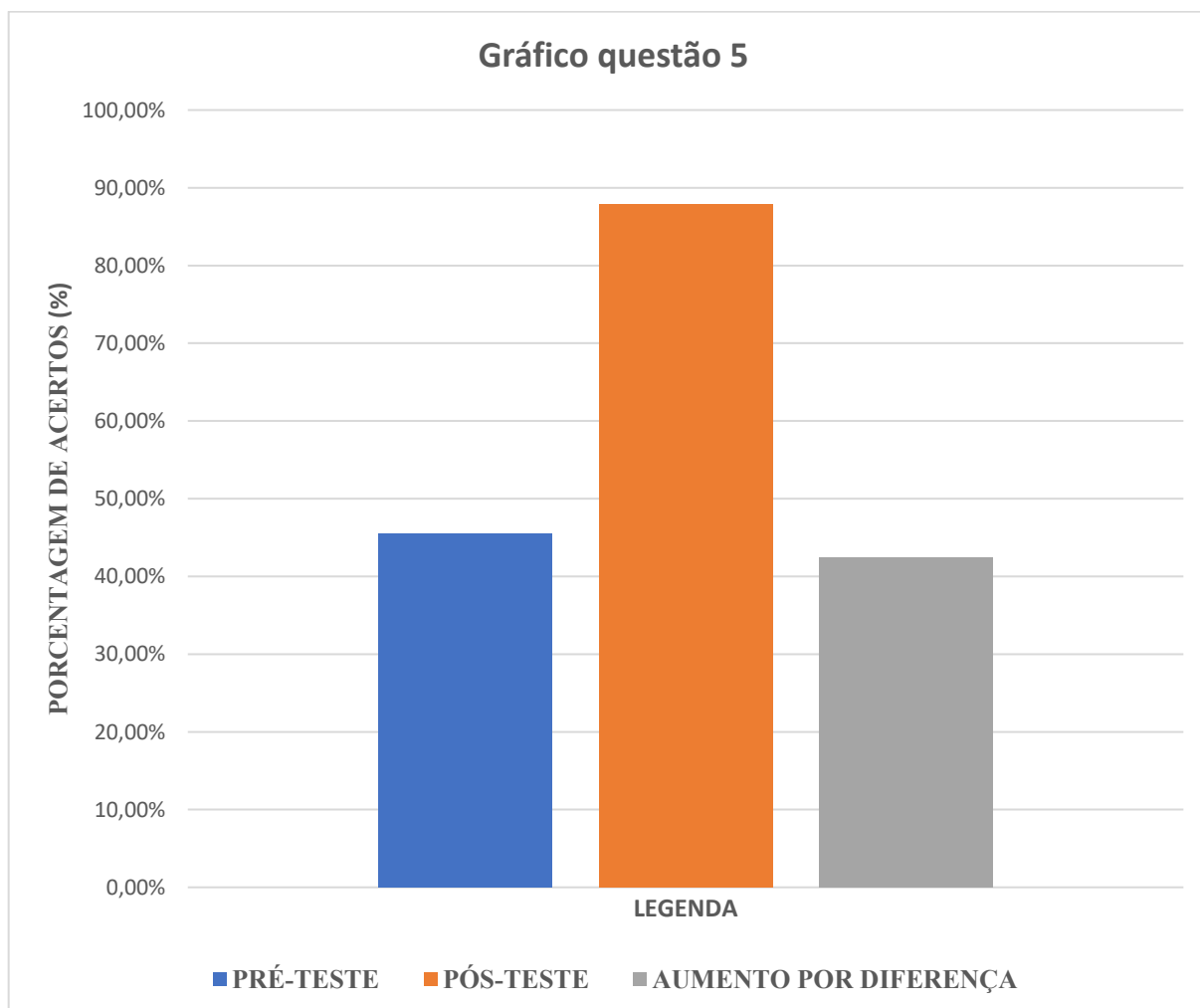
O gráfico da questão 4, Figura 5.4, que investiga a compreensão da transformação de energia potencial em energia cinética durante o escoamento da água, demonstra um salto de proficiência notável após a intervenção. Observa-se que 42,4% dos estudantes identificaram corretamente a energia cinética como o tipo predominante na água em movimento escoando pelo cano. Este índice inicial sugere que, embora os estudantes pudessem reconhecer a energia potencial (Questões 1 e 2), a compreensão da sua transformação em energia de movimento era um ponto de dificuldade.

Contudo, após a intervenção, registrou-se um aumento expressivo, atingindo 87,9% de acertos, indicando que a atividade prática com o produto educacional de geração hidrelétrica foi eficaz na compreensão da transformação de energia potencial gravitacional em energia cinética. Nessa questão, os estudantes demonstraram dificuldade em entender a transformação de energia potencial gravitacional em cinética, ou seja, que a água escoando pelo cano possui energia cinética.

O aumento representado no gráfico demonstra um crescimento de 45,5% no número de acertos. O ganho expressivo sugere que a experiência de observar a água escoando e movimentando o gerador, transformando a energia potencial em cinética e, subsequentemente, em mecânica e elétrica por meio de trabalho mecânico, foi crucial para a construção do conhecimento. Em suma, os dados da questão 4 fornecem evidências robustas de que a intervenção foi bem-sucedida em promover a compreensão da dinâmica de transformação de energia no sistema hidrelétrico.

A variação do número de acertos após a intervenção foi superior ao número de acertos antes, o que demonstra um ganho significativo. Os estudantes conseguiram compreender que se o objeto está em movimento, ele possui energia cinética, o que se esperava como resposta dos estudantes.

Figura 5.5 – Respostas referente à questão 5 do questionário: “O que acontece com a energia presente no reservatório quando a água desce pelo cano?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico da questão 5, Figura 5.5, que aborda a compreensão da primeira transformação de energia (de potencial gravitacional para cinética), demonstra um avanço na aprendizagem dos estudantes. Antes da intervenção, 45,5% dos estudantes responderam corretamente, indicando que, embora soubessem que a energia potencial estava presente (questão 1), a compreensão do processo de sua conversão em energia cinética durante a descida da água era um desafio para a maioria. Contudo, a análise demonstra que 87,9% responderam corretamente após a intervenção.

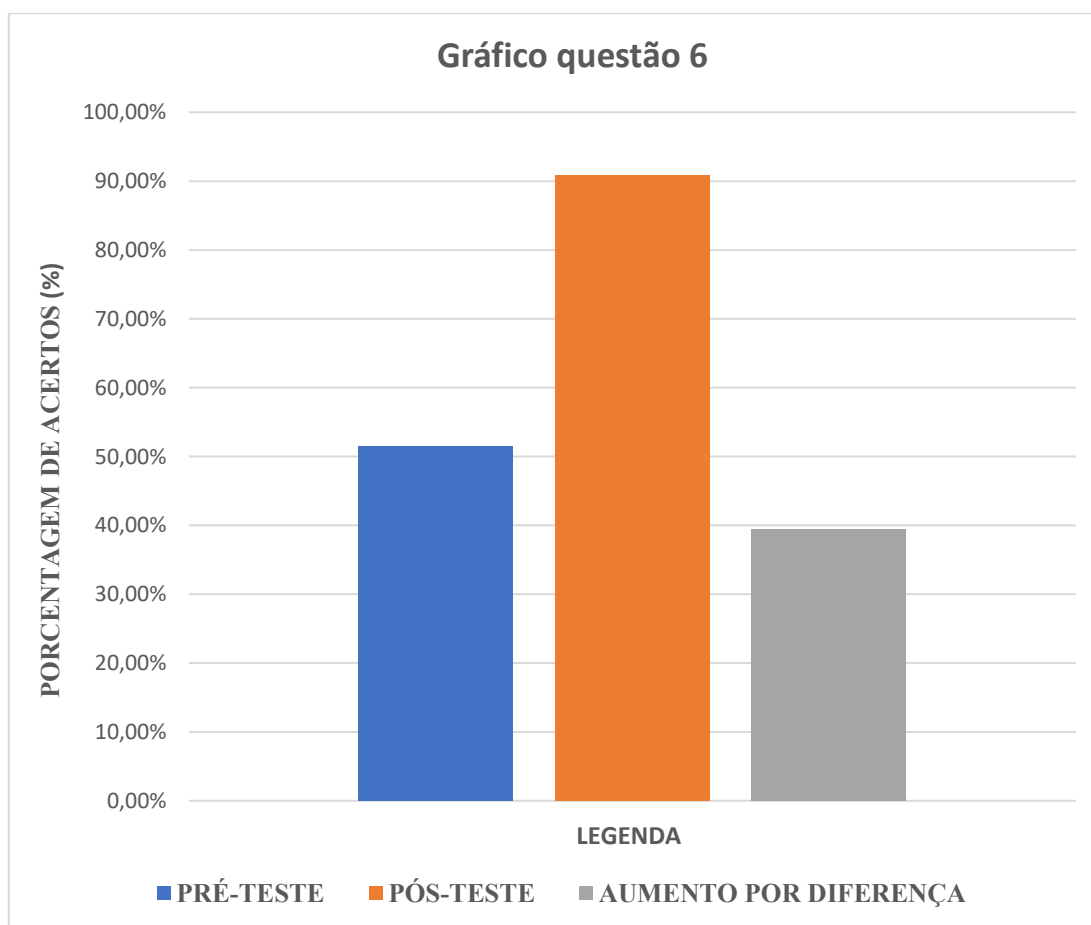
Este resultado sugere que a SEI, ao permitir a observação direta da saída da água do reservatório e do seu escoamento pelo cano da água, permitiu a ilustração e demonstração do princípio de transformação de energia. Percebe-se que, inicialmente, menos da metade dos estudantes conseguiu demonstrar que a água, ao sair do reservatório pelo cano, passa a possuir energia cinética.

No entanto, o resultado apresentado no gráfico, com um valor de 42,4%, na diferença do número de acertos, reforça a conclusão de que a metodologia investigativa foi importante para a superação das dificuldades conceituais iniciais. O alto índice de acerto (87,9%) indica que a maioria dos estudantes conseguiu internalizar o conceito de que a energia não desaparece, mas se transforma, e que ocorreu a transformação de energia potencial gravitacional em cinética, um princípio fundamental da Física.

Em conjunto com a questão 4, os dados da questão 5 evidenciam que a SEI foi e bem-sucedida em promover a compreensão da dinâmica de transformação de energia no sistema hidrelétrico, passando da energia potencial gravitacional no reservatório para a energia cinética no escoamento.

Assim, os resultados desta questão reforçam que a compreensão das transformações de energia é significativamente favorecida quando os estudantes têm a oportunidade de observar e investigar o fenômeno em um contexto concreto. A experiência com o protótipo possibilitou a articulação entre a situação física observada e os princípios teóricos da transformação de energia, promovendo uma aprendizagem mais consistente e duradoura (Moreira, 2011).

Figura 5.6 – Respostas referente à questão 6 do questionário: “Essa energia que a água possui quando esco, pode ser transformada em outro tipo de energia?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico da questão 6, Figura 5.6, que avalia a compreensão da transformação final de energia no processo hidrelétrico (de energia cinética da água em mecânica e elétrica através de um gerador), demonstra um ganho após a intervenção. Antes, 51,5% dos estudantes responderam corretamente, indicando que, embora a ideia da geração de eletricidade a partir da água seja um conhecimento comum, quase metade da turma não tinha certeza sobre o mecanismo de transformação. Contudo, após a intervenção registrou-se um aumento significativo, atingindo 90,9% de acertos.

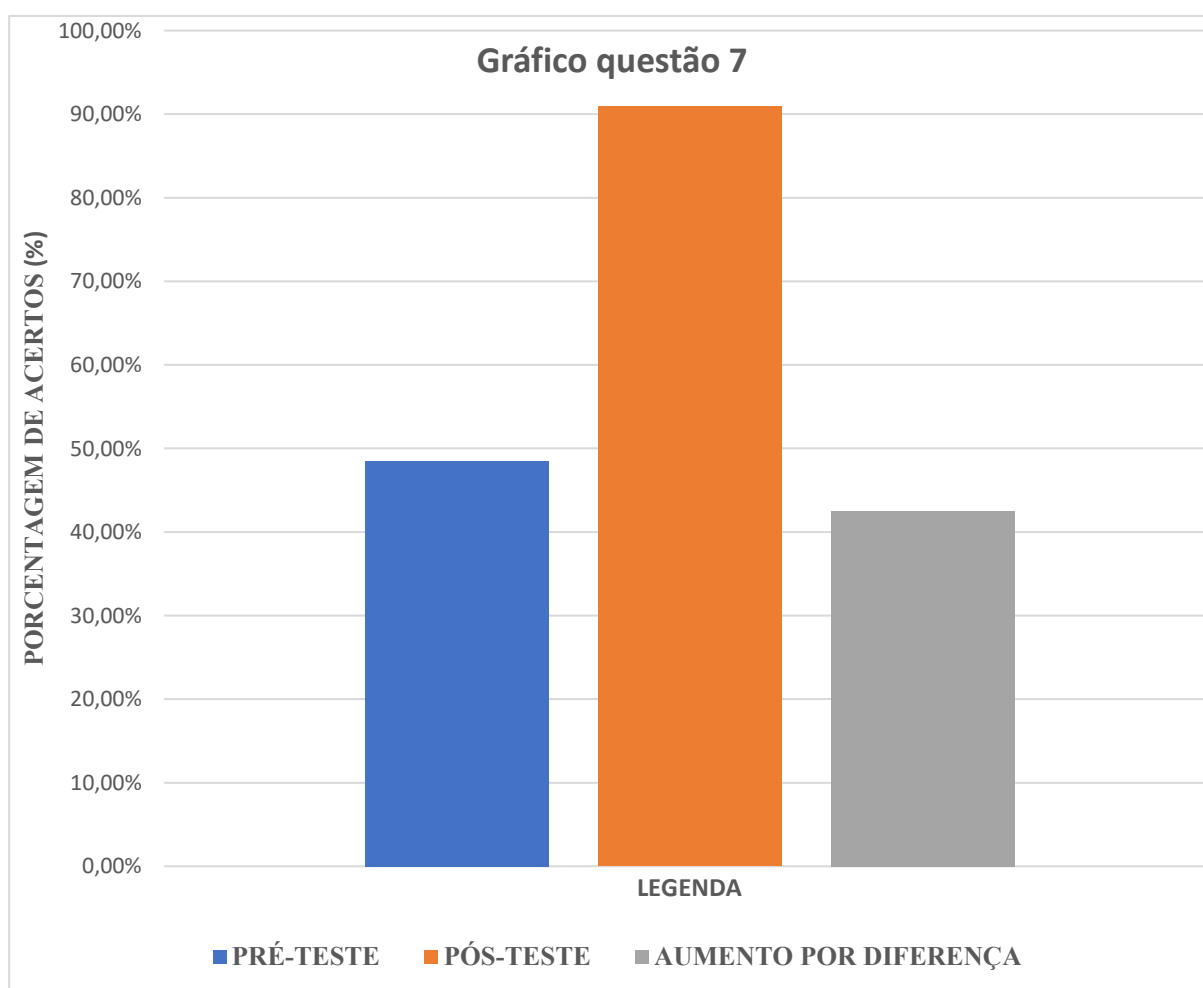
Este resultado sugere que a SEI, ao permitir que os estudantes vissem o gerador hidráulico em ação no protótipo e a consequente iluminação dos LEDs, permitiu um melhor conhecimento sobre a função do gerador como conversor de energia mecânica em elétrica por meio de trabalho. Esse resultado aponta que quase metade da turma não entendia que a água em movimento é a responsável por movimentar a turbina no gerador.

Observando o gráfico da questão 6, Figura 5.6, a diferença no número de acertos foi de

39,4%, um valor que atesta a alta eficácia pedagógica da metodologia. Este percentual de ganho, combinado com o alto índice de acerto (90,9%), indica que a intervenção foi bem-sucedida em conectar os conceitos teóricos de transformação de energia com a aplicação prática e tecnológica.

A experiência de investigar o protótipo, que culmina na geração de eletricidade, fortaleceu o conhecimento dos estudantes sobre o papel das transformações de energia, o que sugere a eficácia da SEI na promoção da compreensão dos conceitos de energia potencial, cinética, mecânica e elétrica. O índice de mais de 90% de acertos indica que os estudantes compreenderam que a água movimentada a turbina no gerador e, conseqüentemente, ocorre a produção da energia elétrica por meio de trabalho mecânico.

Figura 5.7 – Respostas referente à questão 7 do questionário: “Aumentar a altura do reservatório pode alterar a quantidade de energia elétrica produzida?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O gráfico da questão 7, Figura 5.7, que aborda a relação de causa e efeito entre a altura do reservatório (energia potencial gravitacional) e a energia elétrica produzida, demonstra um ganho de aprendizagem significativo e a consolidação de um conceito-chave da Física e da engenharia hidrelétrica. Veja que apenas 48,5% dos estudantes responderam corretamente, indicando que, embora soubessem que a energia potencial depende da altura (questão 2), a conexão direta dessa variável com o produto final (energia elétrica) não era clara para a maioria.

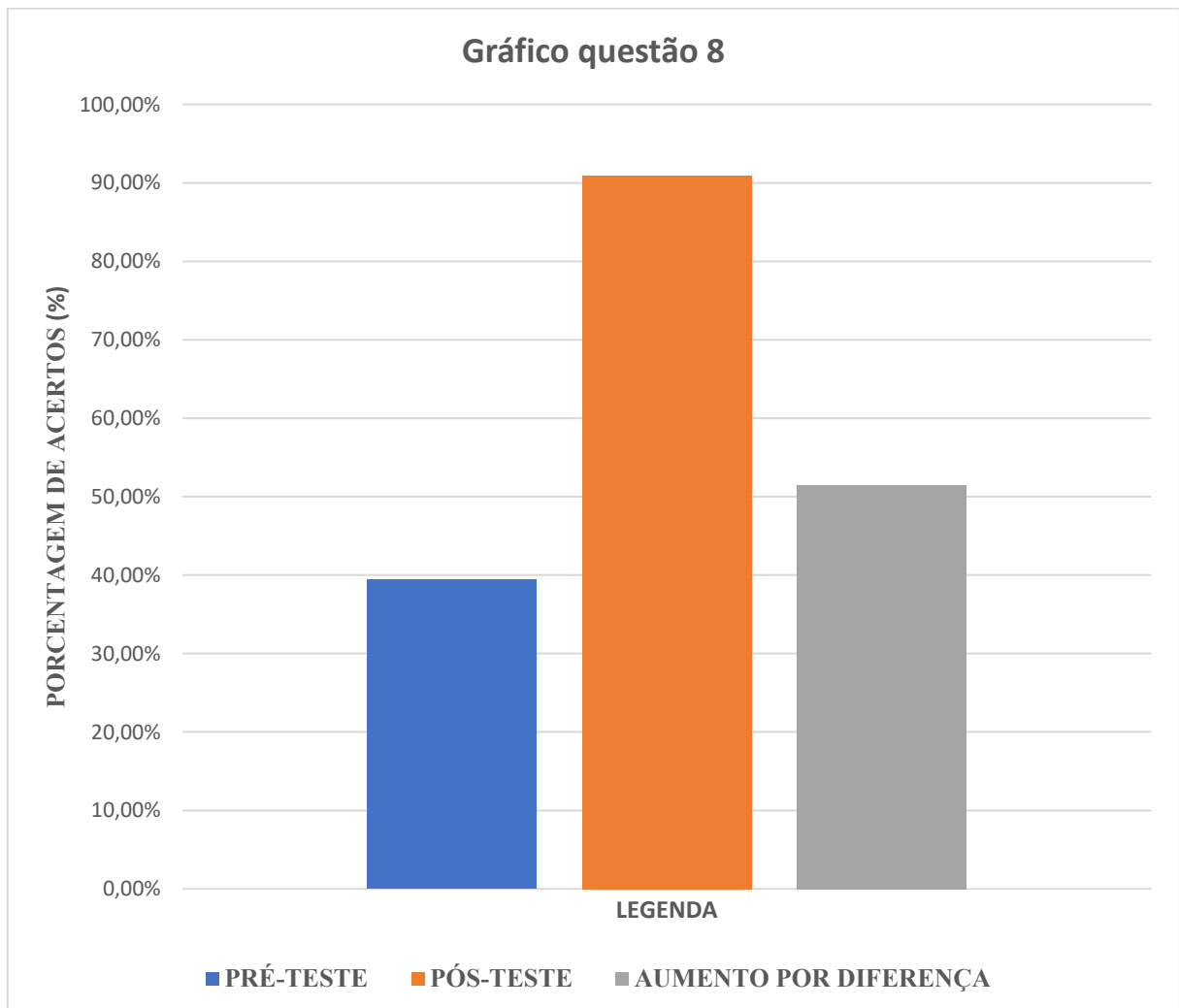
Após a intervenção, foi registrado um aumento para 90,9% de acertos. Quase metade da turma não conseguia entender que, ao alterar a altura do reservatório e, por consequência, a energia potencial gravitacional, isso alterava a quantidade de energia elétrica gerada.

Observando o gráfico da questão 7, observa-se que o aumento de acertos foi de 42,5%, um valor que indica uma boa eficácia pedagógica da intervenção. Este percentual de ganho, combinado com o alto índice de acerto no Pós-Teste (90,9%), confirma que a metodologia investigativa foi bem-sucedida em promover a compreensão da cadeia completa de transformação de energia.

A capacidade dos estudantes de relacionar o conceito de energia potencial gravitacional (altura) à produção final de energia elétrica demonstra que eles construíram uma compreensão da transformação da energia, pois, à medida que a energia potencial gravitacional aumenta, as demais energias devem aumentar, inclusive a elétrica. Essa concepção foi reforçada com a utilização do multímetro na medida da potência elétrica, relacionando a energia como o produto da tensão e corrente elétrica.

Dessa forma, os resultados da Questão 7, Figura 5.7, evidenciam que a abordagem investigativa possibilitou aos estudantes compreender a relação de causa e efeito entre as variáveis físicas envolvidas no sistema hidrelétrico, integrando conceitos de energia mecânica e elétrica em uma explicação coerente. A manipulação do protótipo, aliada à medição da grandeza elétrica por meio do multímetro, favoreceu a interpretação do fenômeno a partir de evidências experimentais, fortalecendo a compreensão do princípio da transformação da energia ao longo das diferentes etapas de geração da energia elétrica.

Figura 5.8 – Respostas referente à questão 8 do questionário: “Qual das duas associações de leds terá maior luminosidade?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

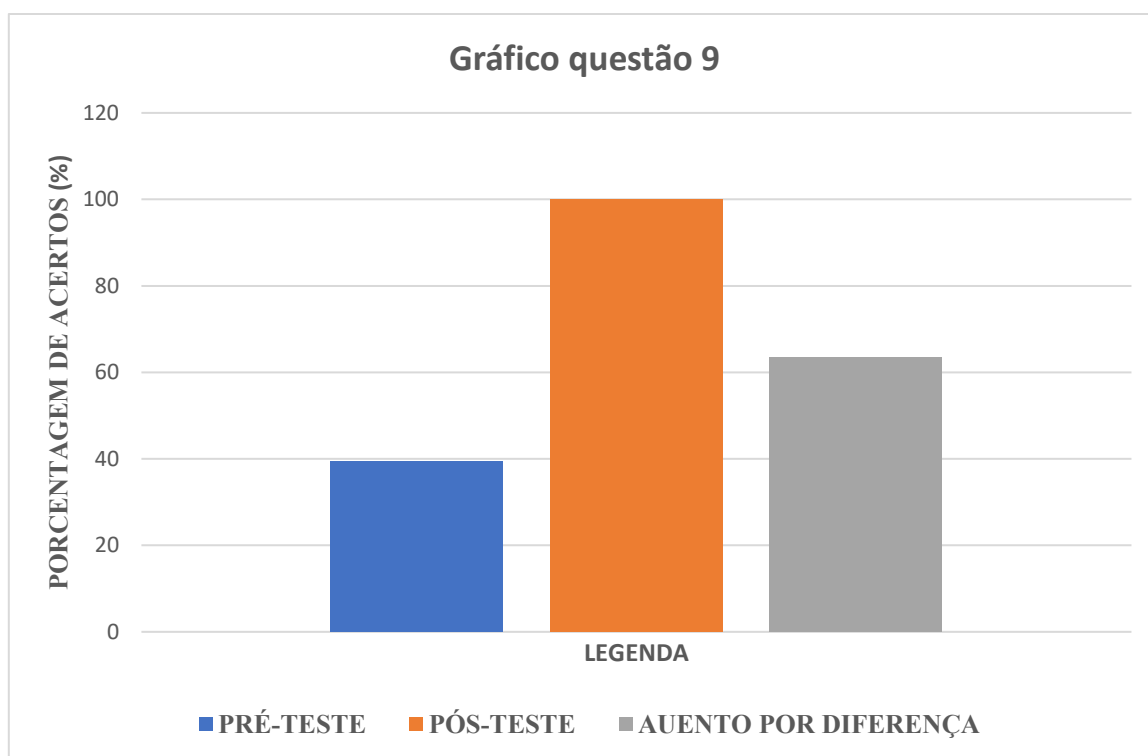
O gráfico da questão 8, Figura 5.8, que avalia a compreensão dos estudantes sobre o comportamento da corrente elétrica e da tensão em circuitos em série e em paralelo no contexto da luminosidade dos LEDs, demonstra um ganho de aprendizagem após a intervenção. Antes, apenas 39,4% dos estudantes responderam corretamente, indicando que a distinção entre as características de cada tipo de circuito era um ponto de dificuldade significativo.

Após a intervenção, ocorreu um aumento, atingindo 90,9% de acertos. Este resultado sugere que a experimentação prática com os dois circuitos de LEDs (um em série e outro em paralelo) no produto educacional de geração hidrelétrica foi significativa para demonstrar experimentalmente que a associação em paralelo resulta em maior luminosidade, pois cada LED recebe a tensão total da fonte.

O aumento representado no gráfico é de 51,5%, o maior valor percentual de aumento no número de acertos, demonstrando que a intervenção ajudou na superação das dificuldades conceituais de associações em série e paralelo.

A observação direta da diferença de luminosidade entre os circuitos em série e em paralelo, proporcionada pelas associações, atuou como um poderoso recurso didático, fomentando a compreensão dos estudantes sobre a distribuição de corrente e tensão em cada tipo de associação.

Figura 5.9 – Respostas referente à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

A análise dos resultados da Questão 9, Figura 5.9, que avalia a escolha e a justificativa da melhor associação de circuito para instalações residenciais, demonstra um ganho significativo de aprendizagem e, sobretudo, uma consolidação conceitual após a intervenção. Antes dessa etapa, apenas 39,4% dos estudantes identificaram corretamente a associação em paralelo, configurando-se como a questão com menor índice de acertos no diagnóstico inicial. Esse resultado evidencia dificuldades na compreensão de que, em uma associação em paralelo, a diferença de potencial se mantém constante em cada LED, sendo igual à da fonte. Tal limitação indica a necessidade de estratégias que envolvam intervenção pedagógica,

manipulação de materiais e atividades investigativas, de modo a favorecer a construção de modelos explicativos mais consistentes e a assimilação significativa dos conceitos envolvidos.

Com o uso do multímetro, os estudantes mediram a tensão de entrada da associação de LEDs, bem como a de cada LED, identificando que na associação em paralelo a tensão não se modificava com relação a tensão de entrada e que na associação em série a tensão de entrada se dividia entre os LEDs e que, portanto, se em uma instalação residencial os equipamentos estiveram em circuitos organizados de forma paralela, cada dispositivo ligado receberá a mesma tensão de entrada, sem ser dividida como na associação em série, permitindo que os dispositivos funcionem de acordo com sua tensão e potência. E essa assimilação de conhecimento se reflete no índice de 100% de acertos após a intervenção, com um aumento de 60,6%. Indicando um resultado significativo na aprendizagem.

Não menos significativa está a capacidade de justificativa coerente, demonstrada pelos discentes no pré-teste, apenas 6,06% dos estudantes conseguiram fundamentar sua escolha com argumentos físicos válidos, ou seja, a tensão não se divide entre os dispositivos. Após a intervenção, esse índice disparou para 78,8%, com um aumento de 72,7% de justificativas corretas. Isso sugere que a experiência prática com o produto educacional de geração hidrelétrica e associações de leds em série e paralelo foi fundamental para que os estudantes não apenas encontrassem a resposta correta, mas também compreendessem os princípios físicos (como a independência das associações). Especialmente, os indícios mostram que entenderam que a tensão fornecida à associação em série é dividida entre os LEDs e a tensão fornecida à associação em paralelo se mantém constante entre os LEDs e é a mesma da fonte, Figuras 5.10, 5.11 e 5.12.

Figura 5.10 – Respostas corretas dos estudantes com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”.

*Associação em paralelo, pois que cada lâmpada
recebe toda a tensão da energia.*

*Em paralelo, pois ele recebe a mesma tensão por igual
em todos os leds.*

Fonte: Dados da pesquisa.

Na questão dissertativa 09, Figura 5.10, observa-se que os estudantes identificaram corretamente a associação mais adequada para a situação proposta. A análise das justificativas apresentadas indica que os estudantes demonstraram compreensão do comportamento da tensão elétrica nas associações em paralelo, reconhecendo que, nesse tipo de configuração, a tensão não se divide entre os componentes.

Esses resultados sugerem que a atividade experimental contribuiu para a consolidação dos conceitos teóricos abordados, ao permitir que os estudantes relacionassem as observações empíricas realizadas durante o experimento com os modelos explicativos da eletricidade, favorecendo uma aprendizagem mais consistente e significativa sobre as associações em paralelo.

Figura 5.11 – Respostas incorretas dos estudantes com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”.

Em série, pois a corrente vai se dividir igualmente para todos os componentes de residenciais.

Associação em série, porque divide igualmente pela residência.

Fonte: Dados da pesquisa.

Na mesma questão 09, observou-se que os estudantes apresentaram respostas incorretas na Figura 5.11, contendo justificativas conceitualmente inadequadas. Estabeleceram uma relação equivocada entre a divisão da corrente elétrica e os tipos de associações de componentes. De modo recorrente, os estudantes reconheceram que a corrente elétrica se divide, porém, atribuíram esse comportamento à associação em série, quando, do ponto de vista físico, tal divisão ocorre nas associações em paralelo.

Além disso, verificou-se que os estudantes não identificaram a tensão elétrica como a grandeza determinante para a escolha mais adequada entre os tipos de associação, desconsiderando o fato de que, em uma associação em paralelo, todos os componentes estão submetidos à mesma tensão elétrica do circuito. Essa configuração, por sua vez, garante a independência entre os ramos, permitindo que o funcionamento de um componente não interfira diretamente no desempenho dos demais.

Esses resultados evidenciam dificuldades conceituais relacionadas à compreensão integrada das grandezas elétricas e das propriedades das associações em série e em paralelo, reforçando a necessidade de abordagens experimentais que possibilitem aos estudantes confrontar suas concepções prévias com os resultados observados, favorecendo a reconstrução conceitual e a consolidação dos fundamentos da eletricidade.

Figura 5.12 – Respostas do estudante I com relação à questão 9 do questionário: “Qual das associações (circuitos) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).

a) Associação em série, porque divide igualmente pela residência.

b) Em paralelo, pois, cada um recebe a tensão total, e se caso algum queimar, não acaba com a rede dos outros.

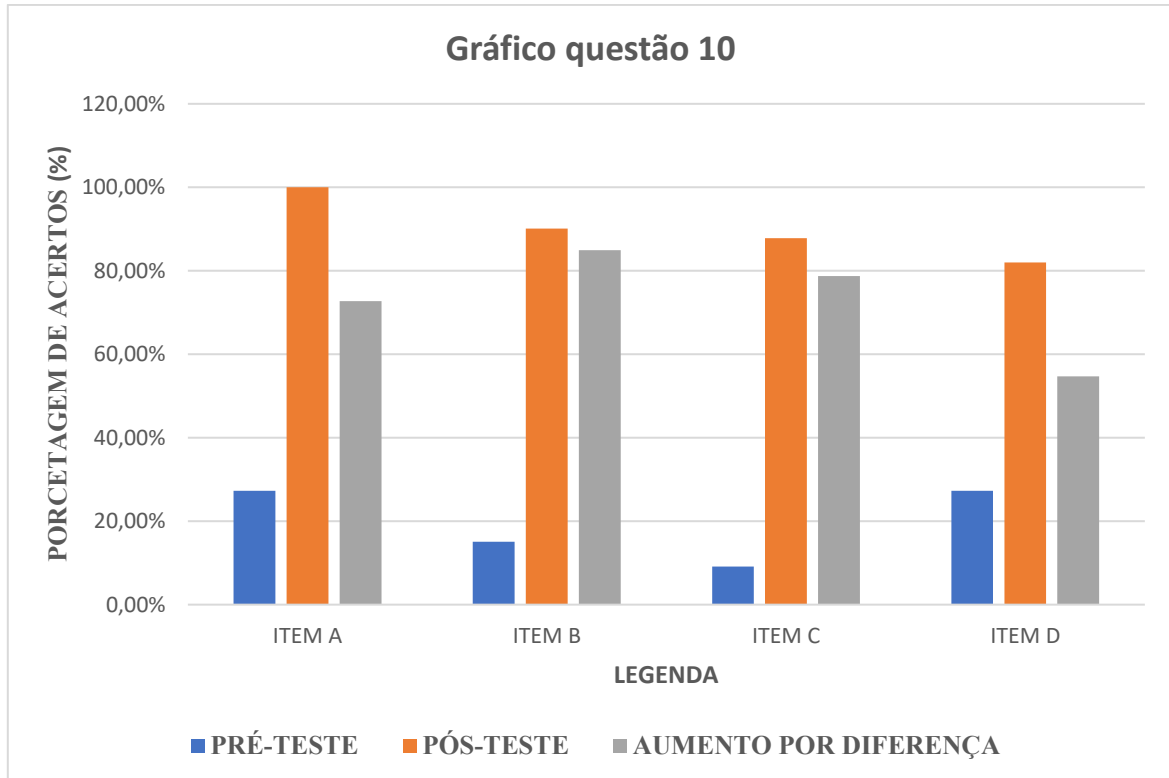
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5.12 apresenta as respostas do estudante I à Questão 9 do questionário, que investigava a compreensão sobre a associação de circuitos mais adequada para instalações residenciais. Na etapa do questionário prévio, na Figura 5.12a, observa-se que o estudante apresentou uma resposta incorreta, indicando dificuldades em relacionar os conceitos de associação de circuitos às aplicações do cotidiano. Essa resposta inicial evidencia que, antes da intervenção didática, o aluno ainda não compreendia adequadamente as características e vantagens da associação em paralelo em instalações elétricas residenciais.

Já no questionário pós-intervenção, Figura 5.12b, verifica-se uma mudança significativa na resposta do estudante, que passou a identificar corretamente a associação em paralelo como a mais adequada para instalações residenciais, apresentando uma justificativa coerente com os conceitos trabalhados durante a sequência didática. Esse resultado demonstra um avanço conceitual importante, indicando que a intervenção contribuiu para a consolidação da aprendizagem e para a capacidade do aluno de aplicar o conhecimento científico em situações práticas do cotidiano.

A comparação entre as respostas indica não apenas a evolução individual do estudante, mas também reforça a efetividade das atividades experimentais e discussões realizadas ao longo da proposta pedagógica. Dessa forma, a figura exemplifica qualitativamente os ganhos de aprendizagem observados na turma, especialmente no que se refere à compreensão funcional dos circuitos elétricos em contextos reais.

Figura 5.13 – Respostas referente à questão 10 do questionário: “a) Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água; b) Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação? c) Como é a ddp (tensão) em cada associação? d) Em qual das associações os LEDS brilham mais?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

O Gráfico da questão 10, Figura 5.13, que desdobra a avaliação em quatro subitens (A: Transformações de Energia; B: Corrente em Circuitos; C: Tensão em Circuitos; D: Brilho dos LEDS), evidencia um padrão de aprendizado positivo em todos os conceitos abordados após a intervenção, tendo em vista que antes, o conhecimento inicial dos estudantes era baixo, variando entre 9,1% (Item C), 27,3% (Itens A e D) e 15,1% (Item B) de acertos, demonstrando a necessidade da intervenção, pois mesmo os estudantes tendo visto esses conceitos de forma teórica e com resolução de problemas nas aulas de eletricidade no decorrer do primeiro e parte do segundo semestre letivos, os números representam uma baixa aprendizagem, ratificando a importância da intervenção pedagógica, por meio da SEI com o uso de experimentos.

Após a intervenção, revelou-se uma melhoria significativa, com o Item A (Transformações de Energia) atingindo 100%, ou seja, todos os estudantes conseguiram assimilar as transformações de energia potencial gravitacional em energia elétrica por meios mecânicos, percebendo que as energias não surgem do nada e que elas se transformam umas em outras.

Os demais itens também alcançaram resultados significativos. O (Item B), que abordava a questão da corrente elétrica nas associações de LEDs, 90,1% dos estudantes responderam corretamente, evidenciando compreensão que na associação em série a corrente elétrica não se divide devido à ausência de nó no circuito, enquanto na associação em paralelo a corrente elétrica se divide entre os LEDs devido a presença de nós no circuito, e que esse é um fator preponderante na diferenciação visual nas associações.

O item C apresentou 87,8% de acertos, demonstrando uma boa compreensão com relação à tensão elétrica nas associações, o que reforça a questão 8 que aborda a divisão ou não da tensão nas associações.

Por último, o item D apresenta 82% de acertos, o que reforça também a questão 8, pois ao medir a tensão elétrica com o multímetro e perceber que na associação em paralelo a tensão elétrica não se divide entre os LEDs, eles associarão esse fator com a maior luminosidade dos leds em paralelo.

O aumento de desempenho foi substancial em todos os subitens, sendo mais acentuado no Item C (Tensão nas associações) com um aumento de 78,7% e no Item B (Corrente nas associações) com um aumento de 75%, resultados que indicam que a observação prática do funcionamento dos circuitos em série e paralelo no protótipo foi eficaz para a compreensão dos conceitos físicos relevantes para circuitos em série e paralelo. Embora o Item D (Brilho dos LEDs) tenha apresentado o menor aumento (54,7%), o resultado final de 82% de acertos confirma que a maioria dos estudantes conseguiu correlacionar corretamente a tensão elétrica com o brilho dos dispositivos.

Em síntese, a análise comparativa dos resultados do pré-teste e pós-teste, abrangendo tanto as questões objetivas quanto as dissertativas, sugere uma melhora da aprendizagem nos eixos temáticos abordados.

O aumento médio no índice de acertos, aliado à expressiva elevação no percentual de justificativas coerentes nas questões abertas, sugere que a SEI, mediada pelo produto educacional de geração hidrelétrica, promoveu uma melhoria de aprendizagem.

Os dados mostram que a abordagem experimental e investigativa transformou conceitos abstratos em grandezas físicas mensuráveis e observáveis, aprimorou a compreensão dos estudantes sobre a transformação de energia e as características dos circuitos elétricos.

Figura 5.14 – Respostas corretas dos estudantes referente à questão 10a do questionário: “Quais são as seqüências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?”.

Energia potencial gravitacional, energia cinética, energia mecânica, energia elétrica e energia luminosa.

Energia potencial gravitacional, a altura do reservatório, Energia cinética, excitação pelos eixo, Energia Mecânica, movimento da água no gerador hidráulico e Energia elétrica, a conversão da energia mecânica para elétrica através do gerador.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas corretas dos alunos referentes ao item (a) da questão 10, Figura 5.14, do questionário indicam que os estudantes compreenderam adequadamente a seqüência de transformações de energia iniciada no reservatório de água. As justificativas apresentadas evidenciam o reconhecimento da energia potencial gravitacional associada à água armazenada, que, ao ser liberada, transforma-se em energia cinética e, posteriormente, por meio do trabalho mecânico, em energia elétrica fornecida pelo gerador hidráulico.

Observa-se ainda que as respostas dos estudantes vão além do esperado, uma vez que identificam corretamente a conversão da energia elétrica em energia luminosa nos LEDs conectados ao circuito. Tal identificação demonstra uma compreensão ampliada do processo, pois a representação da seqüência de transformações já estaria conceitualmente correta ao se limitar à geração de energia elétrica, sendo a inclusão da energia luminosa um indicativo de aprofundamento conceitual.

Esses resultados evidenciam que os estudantes conseguiram articular diferentes formas de energia em uma seqüência coerente, relacionando os fenômenos observados experimentalmente aos conceitos teóricos abordados. Dessa forma, a atividade contribuiu para o desenvolvimento de uma compreensão mais integrada das transformações de energia, reforçando o papel da experimentação no favorecimento das práticas de ensino experimental dos conteúdos de energia e eletricidade.

Figura 5.15 – Respostas incorretas dos estudantes referente à questão 10a do questionário: “Quais são as seqüências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?”.

Energia térmica e potencial gravitacional

Energia mecânica e energia elétrica.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas incorretas dos estudantes referentes à questão 10a, Figura 5.15, do questionário revelam dificuldades na compreensão da seqüência de transformações de energia iniciada no reservatório de água. De modo geral, observa-se que alguns estudantes não conseguiram identificar corretamente o encadeamento das transformações que conduzem da energia potencial gravitacional associada à água até a energia elétrica produzida pelo gerador hidráulico.

Em suas respostas, eles mencionaram, de forma espontânea, duas formas de energia, porém sem estabelecer a relação adequada entre elas nem indicar a seqüência lógica das transformações envolvidas no processo.

Assim, embora tenham reconhecido a presença de diferentes formas de energia no sistema, não demonstraram compreensão do caráter processual das transformações, limitando-se à enumeração isolada de conceitos.

Esse resultado evidencia que a principal dificuldade não está apenas no reconhecimento das formas de energia, mas na articulação conceitual necessária para compreender a dinâmica das transformações energéticas.

Tal constatação reforça a necessidade de estratégias didáticas que enfatizem a relação entre os fenômenos observados e a seqüência das transformações de energia, contribuindo para que os estudantes avancem de uma compreensão fragmentada para uma visão mais integrada dos processos físicos envolvidos.

Figura 5.16 – Respostas do estudante II com relação à questão 10a do questionário: “Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).

- a) Transformação elétrica
- b) Energia potencial gravitacional sendo transformada em energia cinética no escoamento e depois em energia mecânica e depois de passar pelo gerador se transformando em energia elétrica.

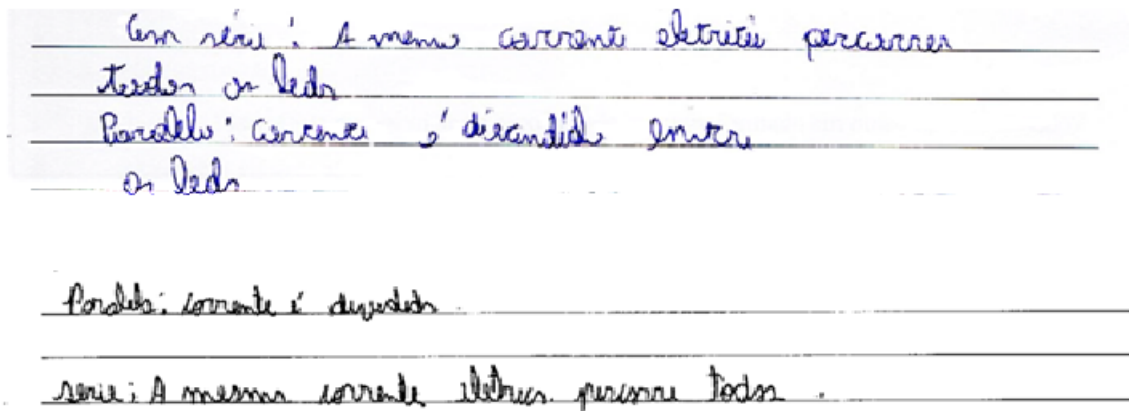
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5.16 apresenta as respostas do estudante II à Questão 10a do questionário, que abordava a identificação das sequências de transformações de energia presentes no funcionamento do experimento da mini usina hidrelétrica. Na resposta do questionário pré Figura 5.16a, observa-se que o estudante apresentou uma compreensão limitada acerca das etapas de transformação energética envolvidas no sistema, resultando em uma resposta considerada incorreta. Esse resultado inicial sugere dificuldades na articulação entre os conceitos teóricos de energia e sua aplicação no contexto experimental.

Por outro lado, na resposta do questionário pós-intervenção Figura 5.16b, o estudante passou a descrever corretamente a sequência de transformações de energia, reconhecendo a conversão da energia potencial gravitacional da água em energia cinética, posteriormente em energia mecânica e, por fim, em energia elétrica. Essa mudança evidencia um avanço na compreensão conceitual do estudante, indicando que as atividades desenvolvidas ao longo da sequência didática contribuíram para a aprendizagem dos processos físicos envolvidos no experimento.

A comparação entre as respostas permite observar uma evolução no entendimento do estudante acerca das transformações de energia, reforçando a importância das atividades práticas e investigativas para a construção de conhecimentos científicos de forma contextualizada e significativa.

Figura 5.17 – Respostas corretas referente à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”.



Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas corretas dos estudantes referentes ao item (b) da questão 10, Figura 5.17, do questionário evidenciam compreensão adequada da distribuição da corrente elétrica nas diferentes associações de LEDs. Observa-se que os estudantes reconhecem que, na associação em série, todos os componentes são percorridos pela mesma corrente elétrica, enquanto, na associação em paralelo, a corrente se divide entre os ramos do circuito.

Embora as respostas não mencionem explicitamente conceitos formais como a presença ou ausência de nós no circuito, os estudantes demonstram entendimento funcional do comportamento da corrente em cada configuração, identificando corretamente os efeitos práticos das associações sobre o fluxo de elétrons. Essa percepção indica que conseguiram relacionar a configuração do circuito com o comportamento da corrente elétrica, mesmo sem recorrer à terminologia técnica detalhada.

Os resultados sugerem que a atividade experimental contribuiu para a construção de uma compreensão consistente da distribuição de corrente, permitindo aos estudantes observar e interpretar os fenômenos elétricos de forma integrada. Além disso, evidencia que a experiência prática favoreceu a consolidação de conceitos essenciais da eletricidade, aproximando a aprendizagem do contexto experimental e da aplicação real dos princípios estudados.

Figura 5.18 – Respostas incorretas referente à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”.

É distribuída de forma igual nas duas associações.

Associação em série: Corrente se divide de forma igualitária pois a tensão é a mesma nos resistores.

Associação em paralelo: Corrente se divide conforme o nível de tensão dos resistores.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas incorretas dos estudantes referentes ao item (b) da questão 10, Figura 5.18, do questionário revelam dificuldades significativas na compreensão da distribuição da corrente elétrica nas associações em série e em paralelo. Nesses casos, os estudantes não apenas demonstram desconhecimento do comportamento esperado da corrente em cada tipo de configuração, como também afirmam, de forma genérica, que a corrente é distribuída “de forma igual”, sem especificar em que contexto essa igualdade ocorreria ou a que associação se refere.

Essa ambiguidade indica que eles não conseguiram relacionar a configuração do circuito com o comportamento das grandezas elétricas, evidenciando uma compreensão fragmentada dos princípios básicos da eletricidade. Em particular, não reconheceram que, em uma associação em série, a corrente percorre todos os componentes de forma contínua e única, enquanto, em uma associação em paralelo, a corrente se divide entre os diferentes ramos do circuito, de acordo com a resistência e a presença de nós.

Os resultados sugerem que, apesar de terem sido abordadas conceitualmente e observadas experimentalmente, as propriedades da corrente elétrica e sua distribuição não foram totalmente assimiladas, reforçando a necessidade de atividades que integrem experimentação e análise conceitual, de modo a favorecer a construção de uma compreensão mais consistente e fundamentada sobre o comportamento da corrente em diferentes tipos de associação.

Figura 5.19 – Respostas do estudante III com relação à questão 10b do questionário: “Como é a distribuição de corrente elétrica em cada associação?”: a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).

a) um circuito em série e outro em paralelo

b) Em série: a corrente é a mesma em todos
os componentes
Em paralelo: a corrente se divide entre
os ramos do circuito

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5.19 apresenta as respostas do estudante III à Questão 10b do questionário, que investigava a compreensão sobre a distribuição da corrente elétrica em diferentes associações de circuitos. Na resposta do questionário pré, Figura 5.19a, observa-se que o estudante apresentou uma resposta incorreta, demonstrando dificuldades em compreender o comportamento da corrente elétrica nas associações em série e em paralelo. Esse resultado inicial indica que o aluno ainda não relacionava adequadamente os conceitos teóricos trabalhados ao funcionamento dos circuitos elétricos.

Em contrapartida, na resposta do questionário pós, Figura 5.19b, o estudante passou a apresentar uma explicação coerente acerca da distribuição da corrente elétrica em cada associação, identificando corretamente suas características. A resposta demonstra que o aluno compreendeu que, em circuitos em série, a corrente elétrica permanece a mesma em todos os componentes, enquanto, em circuitos em paralelo, ocorre a divisão da corrente entre os diferentes ramos do circuito.

A comparação entre as respostas permite observar avanços na compreensão conceitual do estudante em relação aos circuitos elétricos, evidenciando contribuições significativas da sequência didática e das atividades experimentais para a consolidação dos conhecimentos científicos trabalhados durante a intervenção pedagógica.

Figura 5.20 – Respostas corretas referente à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?”.

Em série a tensão é dividida entre os LEDs.

Em paralelo a tensão é a mesma em cada LED

Em série? tensão dividida entre os LEDs

Paralelo? mesma tensão em cada LED

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas corretas dos estudantes referentes ao item (c) da questão 10, Figura 5.20, demonstram que eles compreenderam adequadamente o comportamento da diferença de potencial (tensão) em diferentes tipos de associação de LEDs. Eles identificaram que, em uma associação em série, a tensão fornecida pelo circuito é dividida entre os componentes, sendo cada LED submetido a uma fração da tensão total proporcional às suas características.

Por outro lado, nas respostas relacionadas à associação em paralelo, os estudantes indicaram corretamente que a tensão de entrada no circuito não se divide entre os LEDs, permanecendo igual para todos os componentes conectados aos diferentes ramos do circuito.

Essa distinção evidencia que os estudantes conseguiram relacionar a configuração do circuito com o comportamento da grandeza elétrica tensão, reconhecendo, mesmo de forma conceitual, as diferenças fundamentais entre séries e paralelos.

Além disso, tais respostas indicam que a atividade prática contribuiu para consolidar a compreensão das propriedades da tensão elétrica, permitindo que os estudantes estabelecessem relações coerentes entre a teoria e os fenômenos observados experimentalmente.

Figura 5.21 – Resposta incorreta referente à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?”.

Constante

Fonte: Dados da pesquisa.

A resposta incorreta referente ao item (c) da questão 10, Figura 5.21, do questionário revela dificuldades na compreensão da distribuição da diferença de potencial (tensão) nas associações em série e em paralelo. Neste caso específico, o aluno respondeu apenas com a palavra “constante”, sem identificar corretamente as características de cada associação. Tal resposta indica que o estudante não distinguiu a divisão da tensão na associação em série, na qual a tensão é repartida entre os componentes, nem a manutenção da tensão constante nos diferentes ramos de uma associação em paralelo.

Apesar do erro conceitual, é possível inferir que o aluno percebeu que a distribuição da tensão varia de acordo com a configuração do circuito, já que optou por uma descrição única e simplificada. Esse tipo de resposta evidencia uma compreensão parcial: o estudante reconhece que existe uma forma de distribuição da tensão, mas não consegue articular as características específicas de cada associação.

Esse resultado reforça a necessidade de estratégias didáticas que permitam aos estudantes confrontar suas concepções simplificadas com observações experimentais e com a análise conceitual detalhada, de modo a consolidar o entendimento correto do comportamento da tensão elétrica em diferentes configurações de circuito.

Figura 5.22 – Respostas do estudante IV com relação à questão 10c do questionário: “Como é a ddp (tensão) em cada associação?” : a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).

a) Constante

b) Em série a tensão se divide entre os leds e em paralelo é a mesma.

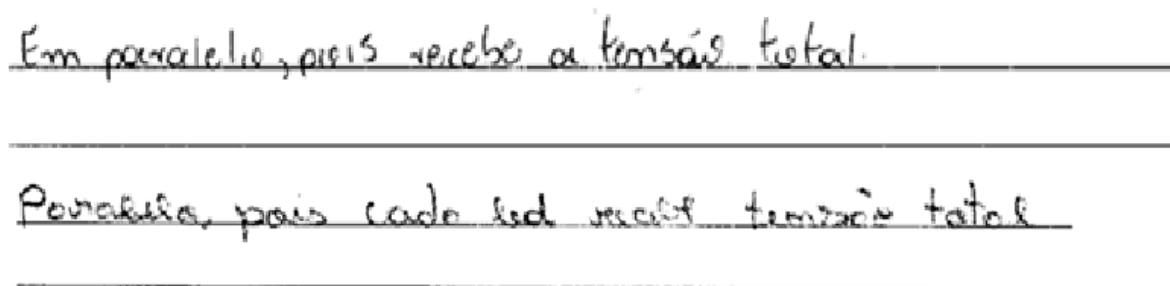
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5.22 apresenta as respostas do estudante IV à Questão 10c do questionário, que abordava a diferença de potencial (ddp) em associações de circuitos elétricos. Na resposta do questionário pré, Figura 5.22a, o estudante apresentou uma resposta incorreta, demonstrando dificuldades em compreender o comportamento da tensão elétrica nas associações em série e em paralelo. Esse resultado inicial sugere que os conceitos relacionados à distribuição da ddp ainda não estavam consolidados antes da realização da intervenção didática.

Na resposta do questionário pós, Figura 5.22b, observa-se que o estudante passou a apresentar uma compreensão mais adequada sobre o tema, identificando corretamente o comportamento da diferença de potencial em cada tipo de associação. A resposta indica que o aluno compreendeu que, em circuitos em paralelo, a tensão elétrica é a mesma em todos os ramos, enquanto, em circuitos em série, a ddp é distribuída entre os componentes do circuito.

A comparação entre as respostas permite perceber avanços na compreensão conceitual do estudante acerca da diferença de potencial em circuitos elétricos. Esses resultados reforçam as contribuições da sequência didática e das atividades experimentais para a aprendizagem dos conceitos de eletricidade, favorecendo uma compreensão mais significativa dos conteúdos trabalhados.

Figura 5.23 – Respostas corretas referente à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDs devem brilhar mais? Por quê?”.



Em paralelo, pois recebe a tensão total.

Paralelo, pois cada led recebe tensão total.

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas corretas dos estudantes referentes ao item (d) da questão 10, Figura 5.23, demonstram compreensão adequada da relação entre a configuração do circuito e o desempenho dos LEDs. Os estudantes identificaram corretamente que, na associação em paralelo, a tensão de entrada do circuito não se divide entre os componentes, permanecendo igual para todos os LEDs.

Como resultado, cada LED recebe a tensão total do circuito, o que faz com que brilhe mais intensamente quando comparado à associação em série, na qual a tensão de entrada é repartida entre os LEDs, reduzindo a intensidade luminosa de cada componente.

As justificativas apresentadas pelos estudantes evidenciam que eles não apenas reconheceram a diferença entre as associações em termos de distribuição de tensão, mas também foram capazes de relacionar essa característica diretamente ao efeito observado: o brilho dos LEDs. Tal resposta indica que os estudantes conseguiram integrar conceitos teóricos

sobre tensão elétrica com observações experimentais, consolidando a compreensão da influência da configuração do circuito sobre o desempenho dos componentes.

Esses resultados reforçam a eficácia da atividade experimental em promover o ensino por investigação, permitindo que os estudantes articulem conceitos de eletricidade com efeitos concretos observáveis, como a intensidade luminosa dos LEDs, e desenvolvam uma compreensão mais integrada e consistente das propriedades de associações em série e em paralelo.

Figura 5.24 – Respostas incorretas referente à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDs devem brilhar mais? Por quê?”.

The image shows two lines of handwritten text on a lined background. The first line reads: "em série, a tensão é a mesma nos dois circuitos." The second line reads: "Em série, pois a corrente que passa pelos dois LEDs é a mesma."

Fonte: Dados da pesquisa.

As respostas incorretas dos estudantes referentes ao item (d) da questão 10, Figura 5.24, indicam dificuldades na compreensão da relação entre a configuração do circuito e o brilho dos LEDs. Neste caso, os estudantes indicaram que a associação em série proporciona maior brilho, demonstrando que não reconheceram que, na associação em série, a tensão fornecida pelo circuito é dividida entre os LEDs, de modo que cada componente recebe apenas uma fração da tensão total, resultando em menor intensidade luminosa.

Ao mesmo tempo, embora as respostas evidenciem algum entendimento sobre a corrente elétrica, os estudantes não conseguiram relacionar corretamente o efeito da divisão de tensão com o brilho observado nos LEDs.

Essa constatação ressalta a necessidade de estratégias didáticas que promovam a articulação entre conceitos teóricos e observações experimentais, permitindo que os estudantes percebam de maneira clara a influência da configuração do circuito sobre a tensão aplicada a cada componente e, conseqüentemente, sobre o desempenho dos LEDs. A atividade prática, nesse contexto, se mostra fundamental para confrontar concepções inadequadas e consolidar o entendimento correto sobre o funcionamento de associações em série e em paralelo.

Figura 5.25 – Respostas do estudante V com relação à questão 10d do questionário: “Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os LEDs devem brilhar mais? Por quê? : a) Questionário pré (incorreta); b) Questionário pós (correta).

- a) Associação em série
- b) No circuito paralelo porque em cada LED recebe a tensão total da fonte

Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 5.25 apresenta as respostas do estudante V à Questão 10d do questionário, que investigava a compreensão sobre o brilho dos LEDs em circuitos associados em série e em paralelo. Na resposta do questionário pré, Figura 5.25a, o estudante apresentou uma resposta incorreta, indicando dificuldades em relacionar o comportamento do brilho dos LEDs às características elétricas de cada tipo de associação. Esse resultado inicial demonstra que o aluno ainda não compreendia adequadamente como a distribuição da corrente elétrica e da tensão influencia o funcionamento dos componentes do circuito.

Na resposta do questionário pós, Figura 5.25b, observa-se que o estudante passou a identificar corretamente em qual associação os LEDs apresentam maior brilho, além de apresentar uma justificativa coerente com os conceitos discutidos durante a sequência didática. A resposta evidencia uma melhor compreensão do comportamento elétrico dos circuitos, relacionando o brilho dos LEDs à distribuição da diferença de potencial e da corrente elétrica nas associações em série e em paralelo.

A comparação entre as respostas permite perceber avanços na aprendizagem do estudante em relação aos conceitos de circuitos elétricos, indicando contribuições positivas das atividades experimentais e investigativas realizadas ao longo da intervenção pedagógica. Dessa forma, a figura exemplifica a evolução conceitual observada após o desenvolvimento da proposta didática.

QUADRO 5.1 – Síntese comparativa entre o questionário de pré-teste e o roteiro experimental.

Conceito Físico	Questões do pré-teste	% de acertos no pré-teste	Evidência no roteiro experimental	Desempenho no roteiro experimental	Indícios de aprendizagem
Energia potencial gravitacional	Questões 1, 2 e 3	Q1 = 51,5% Q2 = 54,5% Q3 = 48,5%	Medição da altura; cálculo de $E_p = mgh$; comparação entre piso e mesa; análise da proporcionalidade	4 grupos com domínio completo; 2 com domínio parcial	Avanço na aplicação matemática e na compreensão da dependência da energia em relação à altura
Energia cinética e transformações iniciais	Questões 4 e 5	Q1 = 42,4% Q2 = 45,5%	Discussão sobre escoamento da água e conversão de energia potencial em cinética	5 grupos identificaram corretamente; 1 parcialmente	Superação parcial de concepções sobre transformações de energia
Transformações de energia (sequência completa)	Questões 6 e 10 (a)	Q6 = 51,5% Q10 (a) 27,3%	Identificação da sequência de energia – potencial – cinética – mecânica - elétrica	6 grupos identificaram corretamente	Evidência de integração conceitual e consolidação do princípio da conservação de energia
Relação altura x energia elétrica gerada	Questão 7	Q7 = 48,5%	Comparação da tensão e corrente nas duas alturas; cálculo da potência elétrica; análise da proporcionalidade	4 grupos compreenderam plenamente; 2 parcialmente	Ampliação da compreensão sobre relação entre variação de energia potencial e geração elétrica
Corrente elétrica nas associações	Questões 8, 9 e 10 (b)	Q8 = 39,4% Q9 = 39,4% Q10 (b) 15,1%	Medição da corrente em série e paralelo; comparação dos valores; análise da interrupção ao desconectar um LED	5 grupos responderam corretamente; 1 parcialmente	Consolidação do entendimento sobre distribuição da corrente nas associações
Tensão elétrica (ddp) nas associações	Questão 10 (c)	Q 10 (c) 9,1%	Medição da ddp nos LEDs; comparação entre tensão de entrada e nos componentes	5 grupos justificaram corretamente, 1 parcialmente	Superação de dificuldades conceituais sobre comportamento da tensão
Luminosidade e eficiência das associações	Questões 8, 10 (d)	Q8 = 39,4% Q10 (d) 27,3%	Observação da luminosidade; discussão sobre eficiência das associações	5 grupos justificaram adequadamente; 1 parcialmente	Articulação entre grandezas elétricas e efeito observável

Fonte: Dados da pesquisa.

No Quadro 5.1, a análise comparativa foi organizada por conceitos físicos contemplados tanto no questionário diagnóstico, aplicado individualmente, quanto no roteiro experimental, desenvolvido em grupos, o que possibilitou relacionar dados quantitativos e qualitativos na avaliação da aprendizagem. Essa organização permitiu examinar a progressão conceitual dos estudantes a partir da experiência investigativa, evidenciando a articulação entre os conhecimentos prévios e as atividades práticas realizadas.

Verifica-se que, embora os percentuais iniciais de acertos no pré-teste tenham sido inferiores a 50% em alguns conceitos, especialmente corrente elétrica, tensão elétrica e transformações de energia, o desempenho coletivo observado durante o experimento revelou ampliação da compreensão e maior consistência nas justificativas apresentadas pelos grupos. Esses resultados indicam indícios de reorganização conceitual e fortalecimento da capacidade de aplicação dos conteúdos em situações experimento. Além disso, pode-se observar durante a aplicação da SEI que houve mudança na postura dos estudantes, pois eles estavam mais motivados e empenhados na resolução do problema prático desenvolvido em sala de aula durante a aplicação do produto educacional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção e aplicação do produto possibilitaram a articulação entre teoria e prática, favorecendo a contextualização dos conteúdos e aproximando os estudantes de fenômenos físicos frequentemente tratados de maneira abstrata. A SEI, nesse contexto, constituiu o aporte didático-metodológico que orientou a organização das etapas investigativas, conferindo intencionalidade pedagógica às atividades propostas.

O roteiro experimental, enquanto elemento estruturante do produto educacional, promoveu situações de problematização, levantamento de hipóteses, experimentação, análise de dados e sistematização conceitual, favorecendo não apenas a compreensão dos conteúdos, mas também possibilitando o desenvolvimento de habilidades científicas, como argumentação, interpretação de resultados e raciocínio lógico.

A análise comparativa entre o pré-teste, os registros produzidos ao longo das atividades e o pós-teste evidenciou indícios de reorganização conceitual e ampliação da compreensão dos estudantes acerca das transformações de energia e das associações de circuitos elétricos, com avanços quantitativos e qualitativos nas respostas apresentadas.

Diante desses resultados, considera-se que o objetivo geral e os objetivos específicos da pesquisa foram alcançados, uma vez que a implementação do produto educacional, articulada à abordagem investigativa, contribuiu para a compreensão dos conteúdos trabalhados e para a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Conclui-se, portanto, que o produto desenvolvido, quando associado à Sequência de Ensino Investigativo, mostrou-se eficaz para promover um ambiente propício à aprendizagem mais ativa e reflexiva. Recomenda-se a ampliação de estudos que explorem essa perspectiva em outras temáticas da física e em diferentes contextos escolares.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Matheus Dias; SOUSA, Fernanda da Silva Coêlho de Sá; MACHADO, Fabrícia da Silva. O mal-estar docente no ensino de física: perspectivas e desafios. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, e106963265, 2020.
- AIRES, Nicole Maria Antunes. Aprendizagem ativa no ensino de física: uma proposta para o ensino de energia mecânica. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.
- ALBUQUERQUE, M. A. S.; BICALHO, F. S. Ensino de física por investigação: uma revisão de literatura. *Revista Comunicação Universitária*, Belém, v. 4, p. 1–17, 2024.
- ALCÂNTARA JÚNIOR, A. L. Uma proposta experimental de eletricidade com o uso de Arduino no ensino de circuitos elétricos. *Research, Society and Development*, 2021.
- ALMEIDA, Danielle Pereira de; SILVA, Ulysses Vieira da; SILVA, Oberto Grangeiro da. Índícios e reflexões da alfabetização científica a partir de uma sequência de ensino investigativa: uma experiência no Residência Pedagógica. *Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática*, 2025.
- AMARAL, C. Z. do; FIGUEIREDO, F. Análise de sistema hidrocínético como conversão de energia elétrica. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, v. 8, n. 4, p. 653-664, 2019.
- ANDRADE, Rodrigo Ronelli Duarte de. Avaliação de atividades experimentais no ensino de Física: uma revisão. *Revista do Professor de Física*, Brasília, v. 6, n. 1, p. 33-45, 2022.
- ARAUJO, A. V. R. Uma associação do método Peer Instruction com circuitos elétricos. *Revista ASSIS*, A.; TEIXEIRA, O. P. B. Algumas considerações sobre o ensino e a aprendizagem do conceito de energia. *Revista Ciência e Educação*, v. 9, n. 1, p. 41-52, 2003.
- AZEVEDO, Maria Cristina Paternostro Stella de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: Anna Maria Pessoa de Carvalho (org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p. 19-33.
- BARBOSA, J. de O.; PAULO, S. R. de; RINALDI, C. Investigação do papel da experimentação na construção de conceitos em eletricidade no ensino médio. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 105–122, 1999.
- BASSOLI, F. Atividades práticas e o ensino-aprendizagem de ciência(s). *Revista Brasileira de Educação*, 2014.
- BORGES, Cristiene Chaves; DICKMAN, Adriana Gomes; VERTCHENKO, Lev. Uma aula sobre conversão de energia utilizando bicicleta, motor, alternador e lâmpada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 2, e2504, 2018.

- BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, 2018.
- BRASIL. Resolução CNE/CEB nº 2, de 13 de novembro de 2024 – Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Diário Oficial da União: Brasília, 14 nov. 2024. Brasileira de Ensino de Física (RBEF), 2017.
- CAMARGO CASEIRO, C.; GEBRAN, R. A. *Avaliação formativa: concepção, práticas e dificuldades*. Revista Nuances, v. 16, n. 3, 2021.
- CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 765-794, dez. 2018.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. *Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura*. Ensino em Re-Vista, v. 22, n. 2, p. 249-266, 2015.
- CHIRELLI, M. Q.; NASSIF, J. V. *Avaliação critério-referenciada: acompanhamento do estudante no currículo orientado por competência*. Revista Pesquisa Qualitativa, v. 7, n. 14, 2019.
- CONCEIÇÃO, A. R. da; PRESTES DA SILVEIRA, D.; LORENZETTI, L. O ensino por investigação e a formação inicial de professores de ciências: um estudo a partir de teses e dissertações. Temas & Matizes, v. 17, n. 31, p. 57–82, 2023.
- CONCEIÇÃO, Ricardo da Encarnação. Sequência didática: uso do ensino por investigação e cooperação no ensino de circuitos elétricos na educação básica. 2018. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.
- CRESWELL, John W. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- CRUZ, Letiane Lopes da; GÜLLICH, Roque Ismael da Costa. O pensamento crítico e o ensino de ciências no cenário brasileiro: contribuições e perspectivas para o estado da arte. Revista
- DALZOTTO, Renato. Elaboração de um caderno de atividades experimentais para o estudo de circuitos elétricos de corrente contínua. 2016. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2016.

- DE SOUSA ALBUQUERQUE, Marcos André; SILVA BICALHO, Frederico. *Ensino de Física por investigação: uma revisão de literatura*. Revista Comunicação Universitária, v. 4, p. 1-17, 2024.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Martha Maria. *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez, 2002.
- DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvonna S. *Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa*. In: O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 15-41.
- e transmissão de energia elétrica por meio de uma bancada didática. Revista do Professor de Física, v. 3, especial, 2019.
- FERREIRA, Álex de Carvalho. *Experimentação no ensino de Física: enfoque no processo de ensino e aprendizagem*. Revista de Iniciação à Docência, v. 8, n. 1, 2023.
- FERREIRA, Maiara Aparecida; MÜNCHEN, Sinara. A contextualização no ensino de ciências: reflexões a partir da Educação do Campo. Revista Insignare Scientia – RIS, v. 3, n. 4, p. 380–399, 2020.
- FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da. Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) e Ensino de Ciências pela Pesquisa (ECP): interfaces a partir de uma revisão narrativa de literatura. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, e39001, 1–28, 2022.
- FILATRO, Andrea. Design instrucional contextualizado: educação e tecnologia. São Paulo: Senac, 2004.
- FONSECA, Edimar F. O estudo de tópicos de eletricidade: uma sequência didática para a educação de jovens e adultos. 2015. Dissertação (Mestrado) — Curso de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Federal do Pampa, Bagé, RS, 2015.
- GIL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GODOY, A. S. *Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades*. São Paulo: Ática, 1995. In: VIERA, C.; ZOUAIN, D. Abordagem qualitativa de pesquisa: conceitos e características. Revista ESPACIOS, v. 37, n. 05, 2016.
- GONÇALVES, André Chaul. Sequência didática para aulas experimentais voltadas ao ensino de circuitos elétricos. 2018. 209 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- GONÇALVES, Bruno Bianchi Lopes. O ensino de eletricidade no contexto escolar: circuitos elétricos e associação de componentes. Dissertação (Mestrado) — PUC-SP, 2019.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física: mecânica*.

10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HERMIDA, Raimundo Fredson Maciel. Do princípio de conservação de energia mecânica: uma proposta de ensino da física no ensino médio. 2019. 149 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2019.

KNYPPEL, G. dos S.; ALMEIDA, D. D. de; ALMEIDA, P. M. V. de; et al. Atividades experimentais de física utilizando circuitos elétricos. *Revista Amazônica de Ensino de Física*, v. 1, n. 1, p. 3, 2021.

KNYPPEL, Glad dos Santos; ALMEIDA, Davi Diego de. Atividades experimentais de física utilizando circuitos elétricos. *Revista Amazônica de Ensino de Física*, 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

LIMA, G. M. Usinas hidrelétricas e seus impactos ambientais. *Revista Exatecca*, IFSP, 2022.

LIMA, Luciele Joíne Barros; PUCINELLI, Ricardo Henrique; OLIVEIRA, Elrismar Auxiliadora Gomes. Atividades experimentais no ensino de Física: uma análise em diferentes dimensões. *Investigación Didáctica*, v. 37, n. 1, 2025.

LUCKESI, Cipriano Carlos. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. São Paulo: Cortez, 2011

MELO, Daniel Pereira de. *Experimentação no ensino de Física: estratégias investigativas para promover a aprendizagem significativa dos conceitos de Física no primeiro ano do Ensino Médio*. 2025. 220 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal do Amazonas, Coari, 2025.

MENDES, Daniel Cassimiro; LEITE, Eliane Silva; TEÓFILO, Frederico Trindade. Geração MENDONÇA, Paula Cristina; JUSTI, Rosária da Silva. Ensino-aprendizagem de ciências e argumentação: discussões e questões atuais. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 13, n. 1, p. 187-216, 2023.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde. 8. ed. São Paulo: Hucitec, 2001.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa em ciências. *ENCITEC – Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista*, v. 11, n. 2, p. 25–35, 2021.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1999.

MOREIRA, Michele Maria Paulino Carneiro; SILVA, Francisco Roberto Oliveira da;

OLIVEIRA, S. L. D. de; ROCHA, T. da C.; SILVA, J. C. da et al. *Instrumentos avaliativos em*

- metodologias ativas: revisão sistemática*. Estudos em Avaliação Educacional, v. 36, 2025.
- OMACHI, Nathalie Akie; HERNÁNDEZ-SILVA, Carla; CUNHA, Marcia Borin da. Como o tema “metodologias ativas” se constitui no discurso dos professores durante um processo de formação continuada. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 27, e53308, 2025.
- PAGANINI, É. R. Associação de resistores em série, paralelo e mista. Relatório técnico/dissertação, Instituto Federal do Espírito Santo, 2018.
- PAIVA, R. F. S. de. O ensino de ciências por investigação e a aprendizagem significativa de conceitos da física no ensino fundamental. 2023. 191 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2023.
- PESCE, Marly Kruger de; RICHTER VOIGT, Jane Mery; ROCHA ZABBOT GARCIA, Berenice. *Abordagem qualitativa em pesquisas educacionais: uma perspectiva sócio-histórica*. Revista Intersaberes, v. 17, n. 40, p. 26–39, 2022.
- PIMENTA FREIRE, Isabel; FONTENELE MACEDO, Sheyla Maria. *A investigação qualitativa em Educação – aspectos epistemológicos e éticos*. Revista Pesquisa Qualitativa, São Paulo, v. 10, n. 24, p. 276-296, 2022.
- POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. *A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico*. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- ROCHA DA SILVA, V. R. Estudo didático sobre circuitos elétricos com medições de tensão e corrente. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Pernambuco, 2017.
- ROMEU, Mairton Cavalcante. Uma proposta de sequência didática para motivar a aprendizagem significativa de eletrodinâmica. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 3, e25510313323, 2021.
- RONCATO, Lúcia Lopes Borges; SILVA, Maria Sandra Soares da. *A importância da avaliação formativa no processo de ensino-aprendizagem*. Projeto Missioneira, v. 27, n. 6, p. 87-101, 2025.
- SARAIVA, Kizzy Freitas Moreira; QUEIROZ, Diego Monteiro de; MEIRA, Janeisi de Lima. *A experimentação investigativa no ensino de Ciências: uma prática necessária*. Anais do Congresso Nacional de Pesquisas e Práticas em Educação, 2025.
- SASSERON, L.; CARVALHO, A. M. P. Sequência de ensino investigativa sobre a densidade dos corpos: desenvolvimento em uma turma de quinto ano do ensino fundamental. (base teórica sobre ensino por investigação e SEI).
- SASSERON, Lúcia Helena. *Ensino de Ciências por Investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a BNCC*. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em

Ciências, 2018.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de ciências: o que se pode aprender sobre o processo de construção do conhecimento científico. São Paulo: Moderna, 2011.

SCARPA, Daniela Lopes; SASSERON, Lúcia Helena; SILVA, Maíra Batistoni e. O ensino por investigação e a argumentação em aulas de ciências naturais. Universidade de São Paulo (USP), 2017.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana; NUNES, Antônio. O papel da experimentação no ensino de ciências. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 1-10, 2003.

SILVA, Erivanildo Lopes da; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro. Contextualização no ensino de ciências: significados e epistemologia. São Carlos: Pedro & João, 2014.

SILVA, Francisco Humberto Severiano da. Sequência didática de eletrodinâmica utilizando LEDs em circuitos elétricos simples. 2021. 95 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

SILVA, H. S. *Escala de aprendizagem cooperativa: validação para contexto educacional*. Revista Brasileira de Educação, 2024.

SILVA, João. Análise de respostas dissertativas em contextos experimentais de ensino de Física. São Paulo: Editora Acadêmica, 2020.

SILVA, Maria Imaculada. A passagem da ação manipulativa para a construção intelectual no ensino por investigação. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade de Brasília, Brasília, 2021.

SILVA, Maria Luiza Ribeiro Bastos da; SALGUEIRO, Cláudia Daniele Barros Leite; et al. Experimentação como ferramenta pedagógica no ensino de ciências e matemática. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE*, São Paulo, v. 10, n. 11, nov. 2024.

SILVA, R. F. da; BATINGA, V. T. S.; CARVALHO LOPES BARROS, I. de. *Aspectos metodológicos e didáticos das pesquisas sobre o ensino por investigação: uma análise em periódicos de Educação em Ciências e Matemática*. Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática, v. 8, n. 1, p. 25–47, 2024.

SILVA, S. H.; CARMO, A. B. do. Uma proposta de sequência didática para trabalhar a natureza da ciência: a pesquisa brasileira sobre raios cósmicos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 39, n. 1, p. 151-173, 2022.

SILVA, T. R. et al. Energia Hidrelétrica: Eficiência na Geração. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2022.

- SOARES CHESCA, Diellen Soares; BEBER, Silvia Zamberlan Costa; SANTIN, Solane Cristina Felicetti. Formação docente para atuação em Ciências: o Ensino por Investigação e a aprendizagem significativa como possibilidades. *Revista Signos*, v. 45, n. 2, 2024.
- SOARES DE AMORIM, M. C.; RESENDE DA COSTA, M. da P.; FERREIRA LOURENÇO, G. *Formação nos contextos de ensino: uma revisão sistemática sobre a aprendizagem cooperativa*. *Revista Teias*, v. 26, n. 82, 2025.
- SOUZA, Rosângela Vieira de; TOLENTINO-NETO, João. Ensino de Ciências por investigação: perspectivas curriculares e práticas pedagógicas. *Revista de Educação em Ciências e Matemática*, v. 12, n. 28, p. 395-419, 2019.
- TEIXEIRA, Diego Henrique Paulo et al. Energia que transforma: ensino de energia mecânica por meio de experimentação e jogos, com foco na produção de energia limpa acessível e renovável. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação (RInTE)*, v. 8, n. 1, 2022.
- TEIXEIRA, J. N.; MURAMATSU, M.; ALVES, L. A. Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 34, n. 1, p. 248–264, 2017.
- TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros: eletricidade e magnetismo*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- TODA MATÉRIA. *Associação de resistores: em série, em paralelo e mista com exercícios*. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/associacao-de-resistores>>. Acesso em: 2 out. 2025.
- TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo: Atlas, 2006.
- VILAÇA, Ana Paula Vieira; BERTINI, Luciana Medeiros. Sequência de Ensino Investigativa sobre Metais Pesados: uma proposta com vistas à promoção da Alfabetização Científica no Ensino Médio. *Revista Insignare Scientia – RIS*, v. 7, n. 4, p. 373–388, 2024.
- YAMAGUTI, Danilo. Uma sequência de ensino investigativo (SEI) como ferramenta motivadora para o ensino de inércia de rotação utilizando a conservação de energia mecânica. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) — Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2019.

APÊNDICE A QUESTIONÁRIO PRÉ/PÓS

01) Qual energia está presente no reservatório com água a uma certa altura?

- a) Energia elétrica
- b) Energia cinética
- c) Energia potencial gravitacional
- d) Energia nuclear

02) Se aumentarmos a altura do reservatório em relação ao piso, o que acontece com a energia da água?

- a) Ela diminui, pois está mais longe do solo
- b) Ela aumenta, pois a energia potencial depende da altura
- c) Ela se mantém constante, pois a quantidade de água não mudou
- d) Ela desaparece, pois só existe quando a água está em movimento

03) Se a quantidade de água do reservatório for reduzida, o que ocorre com a energia armazenada?

- a) Transforma-se automaticamente em energia elétrica
- b) Aumenta, porque a pressão no cano será maior
- c) Fica igual, pois só depende da altura
- d) Diminui, porque a energia potencial depende da massa da água

04) A água, quando escoar pelo cano, possui principalmente qual tipo de energia?

- a) Energia cinética
- b) Energia térmica
- c) Energia potencial gravitacional
- d) Energia solar

05) O que acontece com a energia do reservatório quando a água desce pelo cano?

- a) Continua como energia potencial gravitacional
- b) Desaparece completamente
- c) Transforma-se em energia cinética
- d) Aumenta indefinidamente

06) Essa energia que a água possui quando escoar pode ser transformada em outra forma de energia?

- a) Sim, em energia elétrica através de uma turbina ou gerador
- b) Não, a energia da água não pode mudar de forma
- c) Sim, em energia térmica se a água for aquecida
- d) Sim, em energia sonora quando cai em alta velocidade

07) Aumentar a altura do reservatório pode alterar a quantidade de energia elétrica produzida?

- a) Não, porque a altura não tem relação com a energia
- b) Sim, pois com maior altura maior energia potencial gravitacional
- c) Sim, mas apenas se a água for aquecida
- d) Sim, mas apenas se aumentar também a massa de água

08) Qual das duas associações terá maior luminosidade das lâmpadas/LEDs?

- a) Associação em série, pois a corrente elétrica se divide igualmente
- b) Associação em paralelo, pois cada lâmpada recebe a tensão total
- c) Nenhuma, pois a energia elétrica não chega às lâmpadas
- d) Associação em série, pois a tensão é a mesma em todas as lâmpadas

09) Qual das associações (circuito) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?

10) Um grupo de estudantes construiu um sistema experimental para estudar as transformações e a distribuição de energia. O sistema é composto por um reservatório com água em certa altura, que escoar por um cano até a extremidade onde está acoplado um gerador hidráulico. Esse gerador converte a energia mecânica do escoamento da água em energia elétrica, a qual é utilizada para alimentar dois circuitos de LEDs, um circuito em série e outro em paralelo. Com base no enunciado, explique:

a) Quais são as sequências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?

b) Como é a distribuição da corrente elétrica em cada associação?

c) Como é a ddp (tensão) em cada associação.

d) Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os leds devem brilhar mais? Por quê?

APÊNDICE B GABARITO DO QUESTIONÁRIO PRÉ/PÓS

01) C

02) B

03) D

04) A

05) C

06) A

07) B

08) B

09) O circuito em paralelo, pois cada dispositivo elétrico receberá a mesma ddp (tensão) da fonte.

10) Identificação dos tipos de energia em cada etapa:

a) No reservatório, a água possui energia potencial gravitacional, devido à altura em relação ao solo. Ao escoar pelo cano, a energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética (movimento da água). O gerador hidráulico converte a energia mecânica em energia elétrica.

b) Na associação em série: a corrente elétrica é a mesma em toda a associação pois não há nó para que seja dividida. Na associação em paralelo devido a presença do nó a corrente elétrica se divide entre os leds.

c) Na associação em série a ddp (tensão) se divide entre os leds de maneira igual, pois são iguais. Já na associação em paralelo a tensão é a mesma em todos os leds).

d) Devem brilhar mais na associação em paralelo, pois a ddp em cada led é a mesma da fonte, não há divisão de tensão entre os leds, como há na associação em série.

APÊNDICE C ROTEIRO EXPERIMENTAL

ROTEIRO EXPERIMENTAL	
ESTUDANTES:	
TURMA: _____ DATA: _____	

INVESTIGANDO A TRANSFORMAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM UMA REPRESENTAÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

1. OBJETIVO

Investigar as transformações de energia em um modelo de um produto educacional de geração hidrelétrica; medir e calcular valores de energia, bem como analisar o comportamento de circuitos elétricos em série e em paralelo.

2. INTRODUÇÃO

Há uma famosa frase de Lavoisier: "Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Baseados nessa frase, vamos investigar as transformações de energia que ocorrem na produção de energia elétrica com o uso de um modelo de um produto educacional de geração hidrelétrica.

Mais de 60% da energia elétrica produzida no Brasil provém de usinas hidrelétricas. As hidrelétricas são compostas por um reservatório, com maior ou menor capacidade de armazenamento de água, essa água armazenada, contém energia potencial gravitacional, essa energia, quando a água se move pelos dutos, se transforma em energia cinética, que movimenta a turbina do gerador, transformando-se em energia mecânica, que por sua vez, é transformada pelo gerador em energia elétrica, que será utilizada no funcionamento de dispositivos elétricos como por exemplo lâmpadas.

Esse experimento consiste em um reservatório com 30 litros de água, apoiado sobre uma base de madeira. A água contida no reservatório será liberada por meio de um registro ligado a um cano com duas alturas diferentes. Na extremidade do cano há um gerador hidráulico de 12 V, que irá transformar a energia mecânica em elétrica. Essa energia gerada será distribuída em dois circuitos de LEDs, um em série e outro em paralelo.

3. PROBLEMATIZAÇÃO: Se a água de um rio pode gerar eletricidade que ilumina nossas casas, como podemos compreender de que forma essa energia se transforma e se distribui, e o que isso nos revela sobre o funcionamento do mundo à nossa volta?

4. PERGUNTAS NORTEADORAS

- Como a energia da água pode ser convertida em energia elétrica?
- O que acontece com a energia da água do reservatório ao descer pelo cano?
- A altura do reservatório influencia a energia?
- As associações em série e em paralelo apresentam o mesmo comportamento elétrico quando alimentadas pela mesma fonte de tensão? Ou seja, o gerador?

5. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

1º MOMENTO: o reservatório na base estará primeiramente apoiado sobre o piso. Cada grupo deve:

1º - Medir com uma trena e anotar a altura do cano de saída de água do reservatório.

2º - Medir com o multímetro e anotar o valor da tensão e corrente elétrica para a altura considerada.

3º - Calcular o valor da energia potencial gravitacional, levando em consideração a massa da água no reservatório (30 kg), o valor da aceleração gravitacional g (10 m/s²) e a altura medida.

4º - Calcular o valor da potência elétrica com os valores de tensão e corrente elétrica encontrados.

2º MOMENTO: o reservatório na base estará sobre uma mesa. Cada grupo desse:

1º - Medir com uma trena e anotar a altura do cano de saída de água do reservatório.

2º - Medir com o multímetro e anotar o valor da tensão e corrente elétrica para a altura considerada.

3º - Calcular o valor da energia potencial gravitacional como anteriormente.

4º - O aumento da energia foi proporcional ao aumento da altura?

5º - Qual a porcentagem do aumento da energia?

6º - Calcular o valor da potência elétrica com os valores de tensão e corrente elétrica encontrados

7º - Identificar nas associações de leds, a em série e em paralelo. Justifique.

8º - Qual o valor da corrente elétrica no led na associação em série e paralelo? A corrente tem o mesmo valor nas duas associações? Justifique.

9º - Qual o valor da tensão elétrica no led associado em série e em paralelo? São as mesmas de entrada em cada circuito? Justifique.

10º - Se desconectarmos um LED em cada circuito, o que ocorre?

11º - Qual associação é mais eficiente? Justifique.

12º - Quais os conceitos de física aprendidos com o experimento?

APÊNDICE D GABARITO DO ROTEIRO EXPERIMENTAL

1º MOMENTO:

- 1º: $L : 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m}$
 2º: $U \approx 3 \text{ V}; i \approx 3,5 \text{ mA}$
 3º: $E_{pg} = mgh = 30 \times 10 \times 0,55 = 165 \text{ J}$
 4º: $P = UI = 3 \times 0,0035 = 0,0105 \text{ W}$

2º MOMENTO:

- 1º: $L : 128 \text{ cm} = 1,28 \text{ m}$
 2º: $U \approx 7 \text{ V}; i \approx 13 \text{ mA}$
 3º: $E_{pg} = mgh = 30 \times 10 \times 1,26 = 378 \text{ J}$ ou $30 \times 10 \times 1,28 = 384 \text{ J}$
 4º: Sim – Para a altura: $P = 128 - 55 = 73 \Rightarrow P = 73/55 = 1,33$
 Sim – Para e energia: $P = 384 - 165 = 219 \Rightarrow P = 219/165 = 1,33$
 5º: Porcentagem = $1,33 \times 100 = 133 \%$
 6º: $P = UI = 7 \times 0,013 = 0,091 \text{ W}$

7º: Associação em série: Na associação em série, não há nó entre os LEDs. A corrente elétrica passa por todos eles em um único caminho, sem se dividir.
 Associação em paralelo: Na associação em paralelo, há nó no circuito, ou seja, um ponto onde a corrente se divide.

8º: Em série: $i = 0,013 \text{ A}$; em paralelo: $0,0043 \text{ A}$.
 A corrente elétrica apresenta valores diferentes nas associações, pois, na associação em série, a corrente que entra no circuito não se divide, enquanto na associação em paralelo a corrente que entra no circuito se divide entre os LEDs.

9º: Em série: $U = 2,3 \text{ V}$; em paralelo:
 A tensão elétrica não é a mesma para um LED nas associações em série e em paralelo.
 Associação em série: A tensão da fonte é dividida entre os LEDs. Assim, a tensão em cada LED é menor que a tensão de entrada do circuito.
 Associação em paralelo: Cada LED está ligado diretamente à fonte. Dessa forma, a tensão em cada LED é igual à tensão de entrada do circuito.

10º: Associação em série: Ao desconectar um LED, o circuito é interrompido, pois existe apenas um caminho para a corrente elétrica.
 Associação em paralelo: Ao desconectar um LED, apenas o ramo correspondente é interrompido. Como existem outros caminhos para a corrente elétrica, os demais LEDs continuam acesos.

11º: Qual das associações é mais eficiente? Justifique.
 A associação em paralelo é mais eficiente. Na associação em paralelo, cada LED recebe a mesma tensão da fonte, funcionando de forma adequada e independente.

12º: Quais os conceitos de física aprendidos com o experimento?
 Com o experimento, foi possível aprender sobre as transformações de energia, desde a energia potencial gravitacional da água até a energia elétrica, além do funcionamento de circuitos elétricos e da diferença entre associações de LEDs em série e em paralelo.

APÊNDICE E

PRODUTO EDUCACIONAL

APARATO DIDÁTICO PARA INVESTIGAR AS TRANSFORMAÇÕES DE ENERGIA E A SUA DISTRIBUIÇÃO EM CIRCUITOS ELÉTRICOS

Whelton Corrêa do Nascimento
Fábio Matos Rodrigues
Pâmella Gonçalves Barreto Troncão

Araguaína - TO 2026

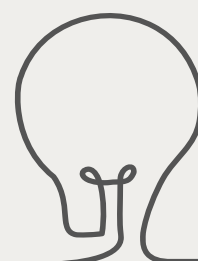
MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

SUMÁRIO

Introdução	4
Conceitos físicos envolvidos	6
Relação entre conceitos de Física e o Produto Educacional	13
Construção do aparato didático	16
Organização da aplicação em sala de aula	20
Avaliação da aprendizagem	22
Referências Bibliográficas	24
Apêndices	27



1. INTRODUÇÃO

4

O ensino de conteúdos relacionados à transformação de energia e aos circuitos elétricos pode se tornar desafiador quando trabalhado apenas de forma teórica. Muitas vezes, os estudantes apresentam dificuldades para compreender como os conceitos se manifestam em situações concretas, especialmente no que se refere à geração e à distribuição de energia elétrica, como por exemplo, em torre de linha de transmissão (Figura 1).

Com o intuito de aproximar teoria e prática, este produto educacional apresenta um aparato didático investigativo que possibilita explorar, em sala de aula, a conversão da energia potencial gravitacional da água em energia elétrica, bem como analisar o comportamento dessa energia em circuitos elétricos em série e em paralelo.

A proposta organiza-se de modo a favorecer a participação ativa dos estudantes, incentivando a formulação de hipóteses, a realização de medições, a análise de dados e a discussão coletiva dos resultados. O material inclui orientações para construção do aparato, sugestões de encaminhamento didático e possibilidades de adaptação à realidade escolar.

A fundamentação metodológica da proposta baseia-se na abordagem investigativa, estruturando as atividades em momentos de problematização, experimentação, análise e sistematização dos conhecimentos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar transformações de energia potencial em elétrica por meio de processos intermediários e sua distribuição em circuitos em série e em paralelo por meio da construção e utilização de um protótipo didático de transformação de energia.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Investigar a conversão da energia potencial gravitacional da água em energia elétrica utilizando o protótipo didático;
- Analisar a relação entre a altura do reservatório e a quantidade de energia elétrica gerada, considerando as medições de tensão e corrente elétrica;

- Comparar o comportamento da tensão e da corrente elétrica em associações de LEDs em série e em paralelo, relacionando os resultados experimentais aos conceitos teóricos de circuitos elétricos;
- Envolver os estudantes no processo de experimentação com o objetivo de proporcionar condições para aprendizagem por meio de atividades de transformação e distribuição de energia, bem como suas aplicações no cotidiano.

Figura 1 – Torre de linha de transmissão de energia elétrica.



Fonte: JOTA (2025).

2. CONCEITOS FÍSICOS ENVOLVIDOS

6

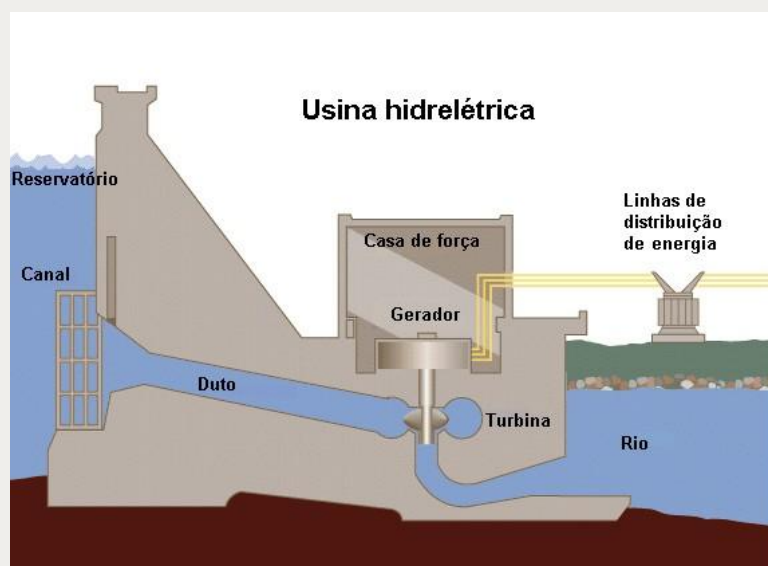
2.1 Energia potencial gravitacional

A energia potencial gravitacional corresponde à energia associada à posição de um corpo em um campo gravitacional, sendo definida em relação a um nível de referência arbitrário. Em um campo gravitacional uniforme, sua magnitude depende da massa do corpo, da aceleração da gravidade e da altura em relação ao referencial adotado, podendo ser expressa por:

$$U = m g h \quad (2.1)$$

Em que m representa a massa do corpo, g a aceleração da gravidade e h a altura em relação ao nível de referência. Essa expressão evidencia o caráter escalar da energia potencial gravitacional e sua dependência das condições do sistema considerado.

Figura 2.1 - Representação de uma usina hidrelétrica.



Fonte: Toda Matéria (2026).

A Figura 2.1 apresenta uma representação de uma usina hidrelétrica, utilizada para ilustrar o processo de conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica.

No experimento, a água armazenada no reservatório possui energia potencial gravitacional. Quanto maior a altura, maior a energia potencial.

Ao descer pelo duto, essa energia é transformada, permitindo o acionamento do gerador elétrico. Compreender esse conceito ajuda os estudantes a relacionar altura e transformação de energia no processo observado.

2.2 Energia Cinética

A energia cinética (K) é a energia que um corpo possui devido ao seu movimento. Ela depende da massa do corpo (m) e da velocidade (v), sendo calculada pela equação:

$$K = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.2)$$

No experimento, quando a água começa a se deslocar pelo sistema, parte da energia potencial gravitacional (U) é convertida em energia cinética (K).

Há transformação de energia por meio do trabalho mecânico (torque no eixo) realizado pela água sobre a turbina.

2.3 Energia Mecânica

A energia mecânica (E_m) de um sistema é a soma da energia cinética e da energia potencial gravitacional

$$E_m = K + U \quad (2.3)$$

No experimento, a água armazenada no reservatório está associada a um valor de energia potencial que depende da altura. Ao escoar pelo sistema, essa energia é progressivamente convertida em energia cinética K, evidenciando o processo de transformação de energia mecânica ao longo do movimento.

2.4 Potência Elétrica

A potência elétrica (P) representa a quantidade de energia elétrica transformada por unidade de tempo. Ela pode ser calculada pela relação:

$$P = U I \quad (2.4)$$

Em que P representa a potência elétrica, U a diferença de potencial aplicada ao circuito e I a corrente elétrica que o percorre.

U → Tensão elétrica (Volts, V)

I → Corrente elétrica (Ampères, A)

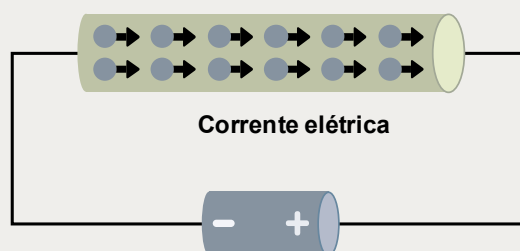
Nesse experimento, a tensão e a corrente podem ser medidas com o multímetro. A potência elétrica também pode ser associada à intensidade do brilho dos LEDs, indicando a quantidade de energia elétrica utilizada no circuito.

Esse conceito auxilia na interpretação dos resultados obtidos nas diferentes configurações de circuito.

2.5 Corrente Elétrica

A corrente elétrica (I) corresponde ao movimento ordenado de cargas elétricas em um condutor. A intensidade da corrente é medida em Ampères (A) e pode ser verificada com o auxílio de um multímetro.

Figura 2.2 - Condutor percorrido por corrente elétrica.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2.2 ilustra um condutor percorrido por corrente elétrica, representando o movimento ordenado de cargas elétricas no interior do condutor.

Nesse experimento, a medição da corrente permite:

- Comparar o comportamento dos circuitos em série e em paralelo;
- Auxiliar no cálculo da potência elétrica da equação (2.4).

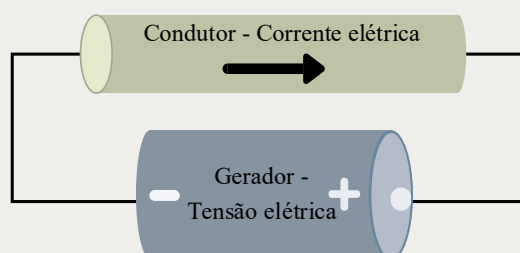
2.6 Tensão Elétrica

A tensão elétrica (U), também chamada de diferença de potencial (ddp), é a grandeza que impulsiona o movimento das cargas elétricas em um circuito. Ela é medida em volts (V).

No experimento, a medição da tensão permite:

- Compreender como a energia elétrica se distribui nas diferentes associações de circuitos (série e paralelo);
- Auxiliar no cálculo da potência elétrica dada pela equação (2.4).

Figura 2.3 – Ilustração de um gerador de tensão elétrica.



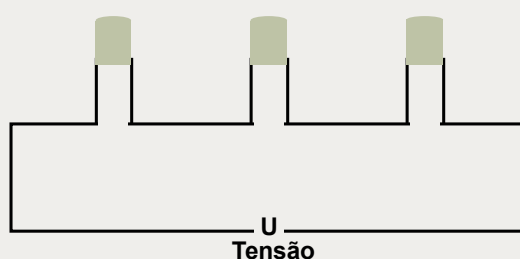
Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2.3 ilustra um gerador de tensão elétrica, dispositivo responsável por estabelecer a diferença de potencial que impulsiona o movimento das cargas elétricas em um circuito.

2.7 Circuitos Elétricos em Série

No circuito em série, os componentes são ligados um após o outro, formando um único caminho para a corrente elétrica.

Figura 2.4 - Associação de LEDs em série.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2.4 ilustra uma associação de LEDs em série, em que os componentes são conectados sequencialmente, formando um único caminho para a corrente elétrica. Nessa associação, a corrente elétrica é a mesma em todos os componentes:

$$I = I_1 = I_2 = I_3 \quad (2.5)$$

Isso acontece porque a corrente só tem um caminho possível para percorrer. Já a tensão elétrica (U) se divide entre os componentes. A tensão total da fonte é igual à soma das tensões em cada elemento:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 \quad (2.6)$$

No experimento com LEDs, essa configuração permite observar que o brilho pode ser menor quando comparado ao circuito em paralelo, pois a tensão é dividida entre os LEDs.

A resistência equivalente em série é calculada pela soma das resistências:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 \quad (2.7)$$

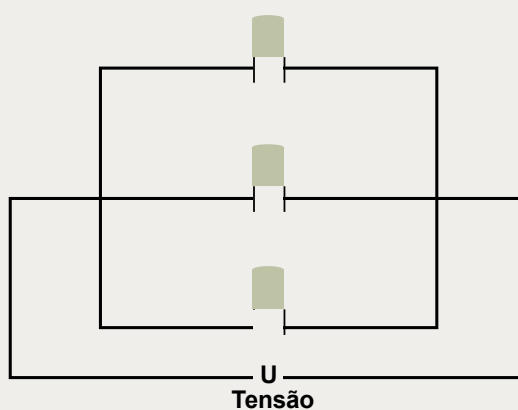
Isso mostra que, quanto mais componentes forem adicionados em série, maior será a resistência total do circuito e menor poderá ser a corrente elétrica, de acordo com a Lei de Ohm para uma fonte de tensão constante:

$$U = R I \quad (2.8)$$

2.8 Circuitos Elétricos em Paralelo

No circuito em paralelo, os componentes são ligados em ramos diferentes, ou seja, cada um tem um caminho próprio para a corrente elétrica

Figura 2.5 - Associação de LEDs em paralelo.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 2.5 ilustra uma associação de LEDs em paralelo, na qual os componentes são conectados em diferentes ramificações, possibilitando múltiplos caminhos para a corrente elétrica.

Nessa associação, todos os componentes ficam submetidos à mesma tensão elétrica (U):

$$U = U_1 = U_2 = U_3 \quad (2.9)$$

Isso significa que a diferença de potencial é igual para todos os ramos. Já a corrente elétrica (I) se divide entre os ramos do circuito. Assim, a corrente total fornecida pela fonte é igual à soma das correntes em cada ramo:

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \quad (2.10)$$

No experimento com LEDs, essa configuração permite observar que cada LED recebe a mesma tensão, mas a corrente se distribui entre eles. Por isso, o brilho pode variar de acordo com as características de cada LED (como cor e resistência interna).

Além disso, a resistência equivalente do circuito em paralelo pode ser calculada por:

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (2.11)$$

Essa relação mostra que, em paralelo, a resistência equivalente é sempre menor que a menor resistência do circuito.



3. RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS DE FÍSICA E O PRODUTO EDUCACIONAL 13

Nesta seção, são discutidos conceitos físicos relacionados à geração de energia em usinas hidrelétricas, como energia potencial, cinética, trabalho na turbina, elétrica, corrente, potência e associação de resistores, com foco no produto educacional. A análise articula o funcionamento de uma usina hidrelétrica real com a proposta experimental, em que os estudantes medem grandezas, calculam potência e investigam circuitos em série e paralelo. Estudos como os de Teixeira, Muramatsu e Alves (2017) e Araujo (2017) sustentam o uso de abordagens experimentais e contextualizadas. Essa perspectiva integra teoria e prática, favorecendo a compreensão dos conceitos.

3.1 Energia na Usina Hidrelétrica (Real) e Produto Educacional

As usinas hidrelétricas geram energia elétrica a partir da energia potencial gravitacional da água armazenada, que se transforma em energia cinética ao escoar e, posteriormente, há transferência de energia por meio do trabalho mecânico (torque no eixo) realizado pela água sobre a turbina em energia elétrica no gerador. Esse processo de conversão energética é amplamente discutido na literatura e fundamenta o funcionamento dessas usinas. No produto educacional desenvolvido, esse princípio é reproduzido em escala reduzida, permitindo aos estudantes medir a altura do reservatório e calcular a energia potencial gravitacional. Durante o experimento, a água aciona um gerador, possibilitando a observação da geração de tensão elétrica. Assim, a atividade evidencia, de forma prática, as transformações e a conservação da energia.

3.2 Energia Elétrica, Potência e Medições no Protótipo

Em usinas hidrelétricas, a energia elétrica gerada é distribuída por meio de redes que conectam diferentes consumidores, sendo fundamentais os conceitos de corrente, tensão e potência para compreender esse processo. No produto educacional, os estudantes medem tensão e corrente com multímetro e calculam a potência pela relação $P = U \cdot I$. Essas atividades experimentais são apontadas na literatura como eficazes para a compreensão de circuitos elétricos. O experimento permite relacionar a energia da água à energia elétrica no circuito. Assim, favorece a articulação entre teoria e prática e a aprendizagem sólida dos conceitos.





3.3 Associação de Resistores (Série e Paralelo) e Comparação Didática

As associações de resistores em série e paralelo influenciam diretamente a distribuição de tensão, corrente e resistência nos circuitos elétricos. Em série, a corrente é a mesma e a tensão se divide; em paralelo, a tensão é constante e a corrente se distribui. No experimento, os estudantes conectam LEDs em diferentes arranjos e medem grandezas elétricas com o gerador hidráulico. A comparação entre os circuitos permite observar como a energia se distribui em cada configuração. Assim, o protótipo favorece a compreensão prática das leis elétricas e sua relação com sistemas reais.

3.4 Contribuições Pedagógicas e Integração de Conceitos

A construção e utilização do produto educacional de geração hidrelétrica, associado a circuitos com LEDs em série e paralelo, possibilitam integrar conceitos físicos de forma contextualizada e experimental. Os estudantes medem grandezas como altura, tensão e corrente, relacionando a energia potencial gravitacional à geração de energia elétrica. A atividade promove a compreensão das transformações de energia e do comportamento de circuitos elétricos. O uso de questionários permite avaliar a articulação entre teoria e prática, analisando a compreensão dos estudantes sobre os fenômenos observados. Assim, o produto favorece a aprendizagem consistente dos conceitos de Física.

Quadro 1 – Componentes do aparato didático e sequência de montagem.

Imagem	Dispositivo	Função no sistema	Ordem de montagem
	Reservatório até 30 L	Armazenar água no sistema	1º Fixar o reservatório no suporte de madeira
	Adaptador Flange 1/3	Conectar o reservatório ao cano de saída de 3/4	2º Furar o reservatório e rosquear a flange colocando cola de silicone dentro/fora

15

Imagem	Dispositivo	Função no sistema	Ordem de montagem
	Cano de 3/4	Permitir a saída de água do reservatório	3º conectar o cano de 3/4 à flange
	Bucha de Redução 40 x 25 mm	Reduzir o diâmetro do cano de 3/4 para 1/2	4º Conectar a bucha de redução à extremidade do cano anterior de 3/4
	Cano de 1/2	Permitir a passagem da água	5º Conectar o cano de 1/2 à saída de 1/2 da bucha de redução
	Registro Esfera 1/2	Permitir abrir e fechar o fluxo de água	6º Conectar o registro de 1/2 na outra extremidade do cano anterior
	Gerador hidráulico de 12 V	Responsável por converter energia mecânica em elétrica	7º à saída do registro anterior conectar um cano de 1/2 que será conectado ao gerador
	Bomba d'água alta pressão 12 V e tubo de silicone de espessura de acordo com a bomba	Permitir que a água que passa pelo gerador retorne ao reservatório	8º Fixar a bomba no suporte de madeira, conectar as mangueiras de silicone à bomba permitindo que a água captada do gerador retorne ao reservatório

Fonte: Dados da pesquisa, com imagens retiradas do Mercado Livre (2025).

Observação: A conexão do gerador no sistema pode ser feita diretamente no cano após o registro ou com o uso de uma mangueira mais flexível. Para variar a altura, o cano deve ser substituído no registro.

O Quadro 1 apresenta os principais dispositivos necessários para a montagem do sistema de conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica. Alguns componentes, como o registro de água, a bomba d'água e o gerador, podem ser substituídos e adaptados conforme a disponibilidade de materiais. Além disso, a última coluna indica a sequência de montagem do sistema, desde o reservatório até o gerador.

4. CONSTRUÇÃO DO APARATO DIDÁTICO (MANUAL DE MONTAGEM)

Neste capítulo serão apresentados os materiais e as etapas de montagem do Produto Educacional, explorando os conceitos físicos envolvidos em circuitos elétricos (Figura 2).

Materiais principais

- Reservatório com capacidade entre 28 e 30 litros;
- Madeira e parafusos para construção do suporte;
- flange de 3/4";
- Cano de 3/4";
- Redução de 3/4" para 1/2";
- Cano(s) de 1/2" com diferentes alturas;
- registro de 1/2";
- Mangueira flexível (diâmetro inferior ao cano de 1/2");
- Gerador hidráulico 12 V;
- Bomba d'água de 12 V (vazão aproximada 5 L/min);
- Reservatório coletor inferior;
- Silicone vedante;
- Multímetro digital;
- Trena (2 m ou 3 m);
- LEDs (3 verdes e 3 azuis) de 3,5 V aproximadamente;
- Fios condutores com garras tipo jacaré.

ETAPA 1 – Construção do suporte

- 1 Construa uma base de madeira resistente utilizando parafusos;
- 2 Certifique-se de que o suporte esteja nivelado e firme;
- 3 Posicione o reservatório sobre a estrutura;
- 4 Teste a estabilidade antes de adicionar água.

ETAPA 2 – Instalação da saída de água no reservatório

- 1 Faça um furo no fundo do reservatório com diâmetro ligeiramente maior que o do cano da flange;
- 2 Encaixe a flange de 3/4" no furo do reservatório com a rosca pelo lado de fora;
- 3 Aplique silicone vedante na área de contato dentro e fora do reservatório;
- 4 Rosqueie firmemente para evitar vazamentos;
- 5 Aguarde a secagem completa do silicone antes de adicionar água.

ETAPA 3 – Montagem da tubulação

- 1 Conecte um segmento de cano de 3/4" à flange;
- 2 Instale a redução de 3/4" para 1/2";
- 3 Conecte o cano de 1/2";
- 4 Instale o registro de 1/2" na extremidade;
- 5 Conecte o cano de altura desejada ao registro.

ETAPA 4 – Variação da altura

- 1 Utilize um cano de menor altura com o reservatório apoiado no chão;
- 2 Utilize um cano de maior altura posicionando o reservatório sobre uma mesa resistente ou algo similar.

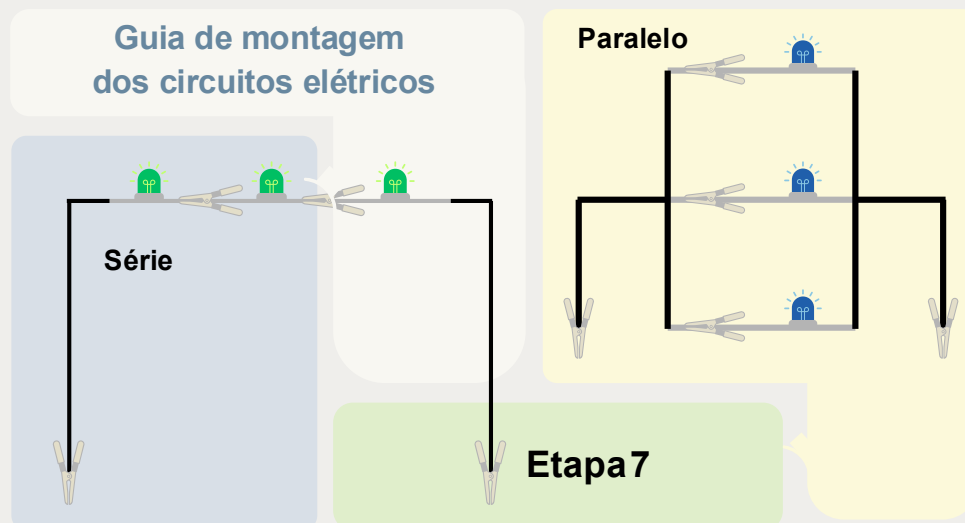
ETAPA 5 – Conexão com o gerador

- 1 Insira a mangueira flexível dentro do cano de saída;
- 2 Conecte a extremidade da mangueira à entrada do gerador hidráulico;
- 3 Posicione o gerador dentro de um reservatório coletor;
- 4 Certifique-se de que a água escoe diretamente para o coletor após passar pelo gerador.

ETAPA 6 – Sistema de recirculação

- 1 Instale uma mangueira na bomba d'água e no coletor que recebe a água que passa pelo gerador;
- 2 Conecte a mangueira de retorno ao reservatório principal;
- 3 Verifique se a vazão da bomba é compatível com o fluxo do sistema;
- 4 Teste o funcionamento contínuo antes da aplicação em sala.

Figura 2 – Circuitos de LEDs em série e paralelo.



Fonte: Dados da pesquisa.

ETAPA 7 – Montagem dos circuitos elétricos

➤ Associação em série

- 1 Conecte os LEDs formando uma associação em sériealelo;
- 2 Utilize fios com garras tipo jacaré para facilitar medições e desconexão dos LEDs;
- 3 Conecte os terminais do gerador às extremidades do circuito;
- 4 Meça tensão total e corrente.

➤ Associação em paralelo

- 1 Conecte os LEDs em ramos independentes;
- 2 Mantenha as extremidades conectadas aos terminais do gerador;
- 3 Meça a tensão em cada LED;
- 4 Meça a corrente total e, se necessário, a corrente em cada ramo.

ETAPA 8 – Medições experimentais

- 1 Abra o registro gradualmente;
- 2 Observe o funcionamento do gerador;
- 3 Registre:
 - Altura do escoamento;
 - Tensão gerada;
 - Corrente elétrica;
 - Comportamentodos LEDs.
- 4 Repita o procedimento para diferentes alturas.

5. ORGANIZAÇÃO DA APLICAÇÃO EM SALA DE AULA

20

A proposta pode ser desenvolvida em cinco aulas de 50 minutos, articulando problematização, experimentação, sistematização do conhecimento e contextualização com aplicação de questionário diagnóstico pré e pós e uso de roteiro experimental. Na primeira aula, ocorre a apresentação de um vídeo sobre o funcionamento de uma usina hidrelétrica (Figura 3), com o objetivo de contextualizar o tema e ativar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre transformações de energia, seguida de discussão orientada.

Figura 3 – Funcionamento de uma usina hidrelétrica.



Fonte: ANEE (2024).

Na aula seguinte, o aparato é apresentado sem funcionamento, estimulando a formulação de hipóteses por meio de questões como: como a energia da água pode ser transformada em energia elétrica? O que acontece com a energia ao descer pelo cano? A altura do reservatório influencia o processo? Circuitos em série e em paralelo apresentam o mesmo comportamento? Nesse momento, prioriza-se a reflexão, sem indicação de respostas corretas.

Nas três aulas seguintes, ocorre a manipulação e investigação das grandezas envolvidas. Os estudantes realizam medições da altura do reservatório, da tensão e da corrente do gerador, bem como das grandezas tensão e corrente nas associações, registrando e analisando os dados obtidos. Ao final, promove-se uma sistematização coletiva, na qual os estudantes confrontam hipóteses e resultados, analisando convergências e divergências.

Quadro 2 – Sequência didática.

Etapas	Aula (50min)	Objetivos	Física envolvida	Atividades
Propostado problema	1	Exibição e discussão de um vídeo sobre usina hidrelétrica (ANEEL, 2024)	Energias	Discussão sobre os conceitos de energia
	1	Apresentação do PE; divisão de grupos; e problematização	Transformações de energia e circuitos elétricos	Levantamento de hipóteses/transformações de energia e circuitos
Resolução do problema	2	Aplicação do PE	U, tensão, corrente e potência	Medição das grandezas físicas envolvidas
Organização e sistematização do conhecimento	1	Comparar os circuitos em série e paralelo	Circuitos elétricos Tensão e corrente	Socialização e contextualização dos resultados/roteiro experimental

Fonte: Dados da pesquisa.



1. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM

22

A avaliação ocorre em três momentos articulados: questionário prévio, roteiro experimental e questionário pós-aplicação. O objetivo é identificar conhecimentos prévios, acompanhar o desenvolvimento conceitual e verificar possíveis avanços na aprendizagem.

6.1 Questionário Prévio (Diagnóstico)

Antes da realização do experimento, o professor deve aplicar o questionário para identificar concepções iniciais dos estudantes sobre:

- Energia potencial gravitacional;
- Transformações de energia;
- Relação entre altura, massa e energia;
- Comportamento da corrente elétrica e da tensão em associações em série e em paralelo.

Na análise, recomenda-se:

- Calcular o percentual de acertos por questão;
- Observar as alternativas incorretas mais assinaladas;
- Analisar as justificativas abertas, identificando concepções alternativas.

Essa etapa orienta a condução das discussões durante a atividade experimental

6.2 Roteiro Experimental (Avaliação Formativa)

O roteiro também funciona como instrumento de avaliação, pois os registros realizados pelos estudantes permitem acompanhar a construção do conhecimento. O professor deve observar se os estudantes:

- Relacionam corretamente altura e energia potencial gravitacional ($U = m g h$);
- Aplicam adequadamente os cálculos de potência elétrica ($P = U I$);
- Interpretamos resultados obtidos, e não apenas realizam os cálculos;
- Diferenciam corretamente associação em série e em paralelo;
- Justificamos comportamento da corrente, da tensão e do brilho dos LEDs.

As justificativas e explicações apresentadas são mais relevantes do que o simples acerto.

6.3 Questionário Pós - aplicação (Verificação de Avanço)

Após o experimento, o mesmo questionário deve ser reaplicado. O professor deve comparar os resultados com o diagnóstico inicial, observando

- Aumento no percentual de acertos;
- Maior precisão na linguagem científica;
- Explicações mais completas e fundamentadas;
- Superação de concepções alternativas;

6.4 Resultados esperados

Espera-se que a aplicação do produto educacional possibilite aos estudantes uma melhor compreensão dos conceitos fundamentais relacionados às transformações de energia e à eletricidade, especialmente tensão elétrica, corrente elétrica e associações em série e em paralelo. A proposta pode favorecer a compreensão desses conceitos por meio da observação e da análise das transformações de energia envolvidas no processo de geração e utilização da energia elétrica.

Nesse sentido, a atividade busca tornar os fenômenos físicos mais perceptíveis aos estudantes contribuindo para que estabeleçam relações entre os conceitos teóricos trabalhados em sala de aula e situações observáveis favorecendo a compreensão dos conteúdos abordados.

Além disso, espera-se que a atividade experimental estimule a participação ativa dos estudantes durante as aulas, promovendo a investigação, a formulação de hipóteses e a análise dos resultados obtidos.

A manipulação do aparato experimental e a observação do funcionamento do circuito podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento científico permitindo que os alunos relacionem os conceitos teóricos discutidos em sala de aula com situações práticas.

Por fim, espera-se que a proposta contribua para tornar o ensino de Física mais contextualizado e dinâmico, incentivando o interesse dos estudantes pelos conteúdos abordados. A utilização de experimentos de fácil construção e baixo custo também pode favorecer a reprodução da atividade em diferentes contextos escolares, ampliando as possibilidades de utilização do produto educacional por outros professores.

Contato: wheltonfisico@gmail.com

REFERÊNCIAS

24

Adaptador flange 3/4–25 mm para caixa d'água Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/adaptador-flange-34-25mm-p-caixa-d-agua/up/MLBU1406351619>. Acesso em: 8 nov. 2025.

AIRES, Nicole Maria Antunes. Aprendizagemativa no ensino de física: uma proposta para o ensino de energia mecânica. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2021.

ANEE, 2024. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2024. Como funciona uma usina hidrelétrica? Disponível em: [https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=videos+de+hidre% c3%a9tricas&&mid=39C658AD94983995F09C39C658AD94983995F09C&FORM=VAMGZC](https://www.bing.com/videos/riverview/relatedvideo?q=videos+de+hidre%c3%a9tricas&&mid=39C658AD94983995F09C39C658AD94983995F09C&FORM=VAMGZC). Acesso em: 10 out. 2025.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291–313, 2002.

Bucha de redução soldável 40 × 25 mm longa – Amanco. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/bucha-de-reducao-soldavel-40-x-25-mm-longa-amanco/up/MLBU2995403413>. Acesso em: 9 nov. 2025.

Caixa organizadora transparente de plástico 30 L Uninjet. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/caixa-organizadora-transparente-de-plastico-30l-uninjet/p/MLB24122914>. Acesso em: 9 nov. 2025.

Cano PVC marrom soldável 6 metros 20 mm 12 Tigre (10 peças). Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/cano-pvc-marrom-soldavel-6-metros-20mm-12-tigre-10-pecas/up/MLBU2387648563>. Acesso em: 9 nov. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por investigação condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de Ciências por investigação condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

Gerador Hidráulico 12V. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/12v-10w-dc-electric-micro-hydroelectric-hydro-water/p/MLB2024935133> Acesso em: 08 nov. 2025.

MERCADO de energia tem boom de debêntures incentivadas. JOTA, 11 mar. 2025. Disponível em: <https://www.jota.info/energia/mercado-de-energia-experimenta-boom-de-debentures-incentivadas>. Acesso em: 28 abr. 2026.

Mini bomba diafragma 12v. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/mini-bomba-diafragma-12-v-130psi-80w-pulverizador-eletrico/up/MLBU1963353736> Acesso em: 08 nov. 2025.

NASCIMENTO, Flávia Soares; SILVA, Leia Soares da; SOUSA, José Moreira de; MOURA, Ana Paula Monteiro de. Materiais de baixo custo para experimentação no ensino de física em São Raimundo Nonato-PI. Práticas Educativas Memórias e Oralidades – Rev. Pemo, v. 7, p. e12367, 2025.

PAIVA, Raissa Freire Santos de. O Ensino de Ciências por investigação e a aprendizagem significativa de conceitos da física no ensino fundamental 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, 2021.

Registro esfera soldável 50 mm Krona. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/registro-esfera-soldavel-50mm-krona/p/MLB27797550> Acesso em: 9 nov. 2025.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica uma revisão bibliográfica Investigações em Ensino de Ciências, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SILVA, Diego de Oliveira; SALES, Gilvandenys Leite. O ensino conceitual de Física e a aprendizagem significativa uma revisão atualizada da produção acadêmica. Educere et Educare, v. 13, n. 30, 2018.

SILVA, Edson Araujo da. O ensino de física embasado na aprendizagem significativa e no uso de energias renováveis 2019. 50 f. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2019.

SILVA, Jonnathan da. Aprendizagem significativa em uma abordagem no ensino de circuitos elétricos no ensino médio. 2020. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2020.

TEIXEIRA, Jonny Nelson; MURAMATSU, Mikiya; ALVES, Luis Augusto. Um modelo de usina hidrelétrica como ferramenta no ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 248–264, 2017. Tubo 3/4–25 mm soldável barra cano marrom 2 metros Akato. Mercado Livre, 2025. Disponível em: <https://www.mercadolivre.com.br/tubo-34-25mm-soldavel-barra-cano-marrom-2-metros-akato/up/MLBU1459471751>. Acesso em: 9 nov. 2025.

TODA MATÉRIA. Usina hidrelétrica. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/usina-hidreletrica/>. Acesso em: 14 abr. 2026.

APÊNDICE A - Imagens do produto educacional

A Figura A1 apresenta o produto educacional organizado em duas configurações experimentais (a) com o reservatório apoiado no piso (menor altura) e (b) com o reservatório sobre a mesa (maior altura), permitindo calcular a variação da energia potencial gravitacional em função da altura e possibilitando a medição da tensão e da corrente elétrica geradas em cada configuração.

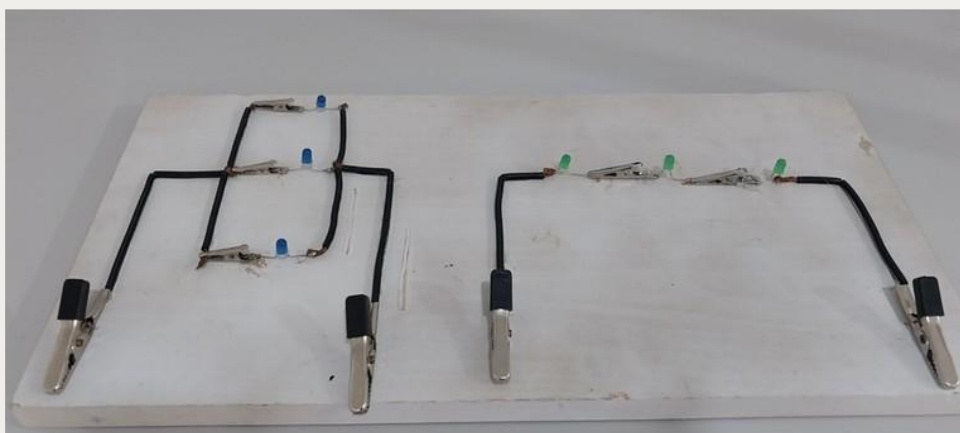
Figura A1 – Medidas de tensão e corrente para: a) menor altura; e b) maior altura.



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura A2 apresenta a configuração de LEDs em série e em paralelo utilizada no protótipo do aparato didático, que recebe a energia do gerador hidráulico, permitindo investigar as características desses circuitos.

Figura A2 - Circuitos de LEDs em paralelo e série.



Fonte: Dados da pesquisa.

APÊNDICE B - Questionário Pré/Pós

01) Qual energia está presente no reservatório com água a uma certa altura?

- a) Energia elétrica
- b) Energia cinética
- c) Energia potencial gravitacional
- d) Energia nuclear

02) Se aumentarmos a altura do reservatório em relação ao piso, o que acontece com a energia da água?

- a) Ela diminui, pois está mais longe do solo
- b) Ela aumenta, pois a energia potencial depende da altura
- c) Ela se mantém constante, pois a quantidade de água não mudou
- d) Ela desaparece, pois só existe quando a água está em movimento

03) Se a quantidade de água do reservatório for reduzida, o que ocorre com a energia armazenada?

- a) Transforma-se automaticamente em energia elétrica
- b) Aumenta, porque a pressão no cano será maior
- c) Fica igual, pois só depende da altura
- d) Diminui, porque a energia potencial depende da massa da água

04) A água, quando escoar pelo cano, possui principalmente qual tipo de energia?

- a) Energia cinética
- b) Energia térmica
- c) Energia potencial gravitacional
- d) Energia solar

05) O que acontece com a energia do reservatório quando a água desce pelo cano?

- a) Continua como energia potencial gravitacional
- b) Desaparece completamente
- c) Transforma-se em energia cinética
- d) Aumenta indefinidamente

06) Essa energia que a água possui quando escoar pode ser transformada em outra forma de energia?

- a) Sim, em energia elétrica através de uma turbina ou gerador
- b) Não, a energia da água não pode mudar de forma
- c) Sim, em energia térmica se a água for aquecida
- d) Sim, em energia sonora quando cai em alta velocidade

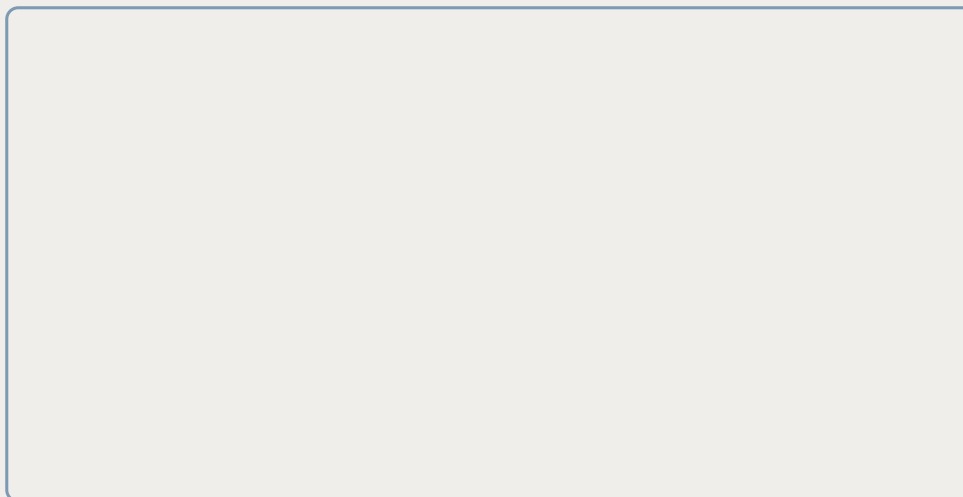
07) Aumentar a altura do reservatório pode alterar a quantidade de energia elétrica produzida?

- a) Não, porque a altura não tem relação com a energia
- b) Sim, pois com maior altura maior energia potencial gravitacional
- c) Sim, mas apenas se a água for aquecida
- d) Sim, mas apenas se aumentar também a massa de água

08) Qual das duas associações será maior luminosidade das lâmpadas/LEDs?

- a) Associação em série, pois a corrente elétrica se divide igualmente
- b) Associação em paralelo, pois cada lâmpada recebe a tensão total
- c) Nenhuma, pois a energia elétrica não chega às lâmpadas
- d) Associação em série, pois a tensão é a mesma em todas as lâmpadas

09) Qual das associações (circuito) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?



06) Essa energia que a água possui quando escoar pode ser transformada em outra forma de energia?

- a) Sim, em energia elétrica através de uma turbina ou gerador
- b) Não, a energia da água não pode mudar de forma
- c) Sim, em energia térmica se a água for aquecida
- d) Sim, em energia sonora quando cai em alta velocidade

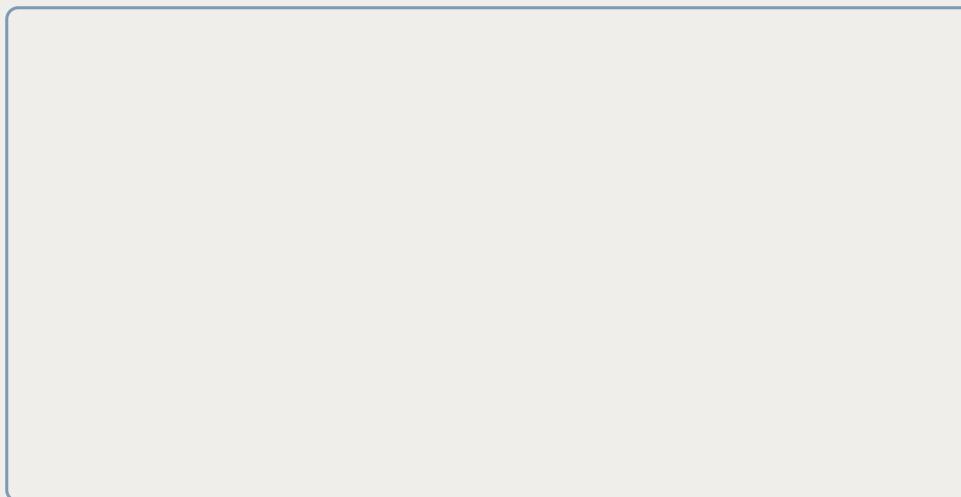
07) Aumentar a altura do reservatório pode alterar a quantidade de energia elétrica produzida?

- a) Não, porque a altura não tem relação com a energia
- b) Sim, pois com maior altura maior energia potencial gravitacional
- c) Sim, mas apenas se a água for aquecida
- d) Sim, mas apenas se aumentar também a massa de água

08) Qual das duas associações será maior luminosidade das lâmpadas/LEDs?

- a) Associação em série, pois a corrente elétrica se divide igualmente
- b) Associação em paralelo, pois cada lâmpada recebe a tensão total
- c) Nenhuma, pois a energia elétrica não chega às lâmpadas
- d) Associação em série, pois a tensão é a mesma em todas as lâmpadas

09) Qual das associações (circuito) você acredita ser melhor para uma instalação residencial? Por quê?



10) Um grupo de estudantes construiu um sistema experimental para estudar as transformações e a distribuição de energia. O sistema é composto por um reservatório com água em certa altura, que escoar por um cano até a extremidade onde está acoplado um gerador hidráulico. Esse gerador converte a energia mecânica do escoamento da água em energia elétrica, a qual é utilizada para alimentar dois circuitos de LEDs, um circuito em série e outro em paralelo. Com base no enunciado, explique

a) Quais são as seqüências de transformações de energia iniciando no reservatório com água?

b) Como é a distribuição da corrente elétrica em cada associação?

c) Como é a ddp (tensão) em cada associação?

d) Em qual dos circuitos em série ou paralelo, os leds devem brilhar mais? Por quê?

APÊNDICE C – Gabarito do questionário Pré/Pós

01) C 02) B 03) D 04) A 05) C 06) A 07) B 08) B

09) O circuito em paralelo, pois cada dispositivo elétrico receberá a mesma ddp (tensão) da fonte.

10) Identificação dos tipos de energia em cada etapa:

a) No reservatório, a água possui energia potencial gravitacional, devido à altura em relação ao solo. Ao escoar pelo cano, a energia potencial gravitacional é transformada em energia cinética (movimento da água). O gerador hidráulico converte a energia mecânica em energia elétrica.

b) Na associação em série: a corrente elétrica é a mesma em toda a associação pois não há nó para que seja dividida. Na associação em paralelo devido a presença do nó a corrente elétrica se divide entre os leds.

c) Na associação em série a ddp (tensão) se divide entre os leds de maneira igual, pois são iguais. Já na associação em paralelo a tensão é a mesma em todos os leds).

d) Devem brilhar mais na associação em paralelo, pois a ddp em cada led é a mesma da fonte, não há divisão de tensão entre os leds, como há na associação em série.

APÊNDICE D - Roteiro Experimental

INVESTIGANDO A TRANSFORMAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA COM UMA REPRESENTAÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA

1. OBJETIVO

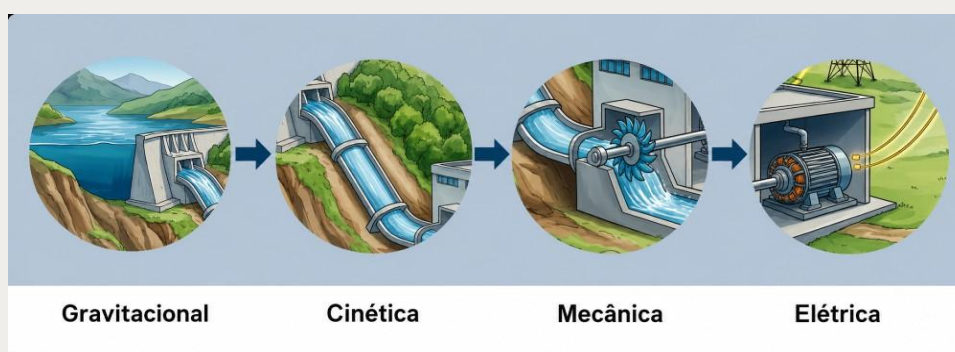
Investigar as transformações de energia em um modelo de um produto educacional de geração hidrelétrica; medir e calcular valores de energia, bem como analisar o comportamento de circuitos elétricos em série e em paralelo.

1. INTRODUÇÃO

Há uma famosa frase de Lavoisier: "Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma". Baseados nessa frase, vamos investigar as transformações de energia que ocorrem na produção de energia elétrica com o uso de um modelo de um produto educacional de geração hidrelétrica.

Mais de 60% da energia elétrica produzida no Brasil provém de usinas hidrelétricas. As hidrelétricas são compostas por um reservatório, com maior ou menor capacidade de armazenamento de água, essa água armazenada, contém energia potencial gravitacional, essa energia, quando a água se move pelos dutos, se transforma em energia cinética, que movimenta a turbina do gerador, transformando-se em energia mecânica, que por sua vez, é transformada pelo gerador em energia elétrica (Figura D1), que será utilizada no funcionamento de dispositivos elétricos como por exemplo lâmpadas.

Figura D1 - Etapas da transformação de energia em uma usina hidrelétrica.



Fonte: Dados da pesquisa com auxílio de inteligência artificial (2026).

Esse experimento consiste em um reservatório com 30 litros de água, apoiado sobre uma base de madeira. A água contida no reservatório será liberada por meio de um registro ligado a um cano com duas alturas diferentes. Na extremidade do cano há um gerador hidráulico de 12 V, que irá transformar a energia mecânica em elétrica. Essa energia gerada será distribuída em dois circuitos de LEDs, um em série e outro em paralelo.

3. PROBLEMATIZAÇÃO

Se a água de um rio pode gerar eletricidade que ilumina nossas casas, como podemos compreender de que forma essa energia se transforma e se distribui, e o que isso nos revela sobre o funcionamento do mundo à nossa volta?

4. PERGUNTAS NORTEADORAS

- Como a energia da água pode ser transformada em energia elétrica?
- O que acontece com a energia da água do reservatório ao descer pelo cano?
- A altura do reservatório influencia a energia?
- As associações em série e em paralelo apresentam o mesmo comportamento elétrico quando alimentadas pela mesma fonte de tensão? Ou seja, o gerador?

5. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

1º MOMENTO - O reservatório na base estará primeiramente apoiado sobre o piso. Cada grupo deve:

- Medir com uma trena e anotar a altura do cano de saída de água do reservatório;
- Medir com o multímetro e anotar o valor da tensão e corrente elétrica para a altura considerada;
- Calcular o valor da energia potencial gravitacional, levando em consideração a massa da água no reservatório (30 kg), o valor da aceleração gravitacional g (10 m/s^2) e a altura medida;
- Calcular o valor da potência elétrica com os valores de tensão e corrente elétrica encontrados.

2º MOMENTO - O reservatório na base estará sobre uma mesa. Cada grupo deve:

- a) Medir com uma trena e anotar a altura do cano de saída de água do reservatório;
- b) Medir com o multímetro e anotar o valor da tensão e corrente elétrica para a altura considerada;
- c) Calcular o valor da energia potencial gravitacional como anteriormente;
- d) O aumento da energia foi proporcional ao aumento da altura?
- e) Qual a porcentagem do aumento da energia?
- f) Calcular o valor da potência elétrica com os valores de tensão e corrente elétrica encontrados;
- g) Identificar nas associações de leds, a em série e em paralelo. Justifique;
- h) Qual o valor da corrente elétrica no led na associação em série e paralelo? A corrente tem o mesmo valor nas duas associações? Justifique;
- i) Qual o valor da tensão elétrica no led associado em série e em paralelo? São as mesmas de entrada em cada circuito? Justifique;
- j) Se desconectarmos um LED em cada circuito, o que ocorre?
- k) Qual associação é mais eficiente? Justifique;
- l) Quais os conceitos de física aprendidos com o experimento?

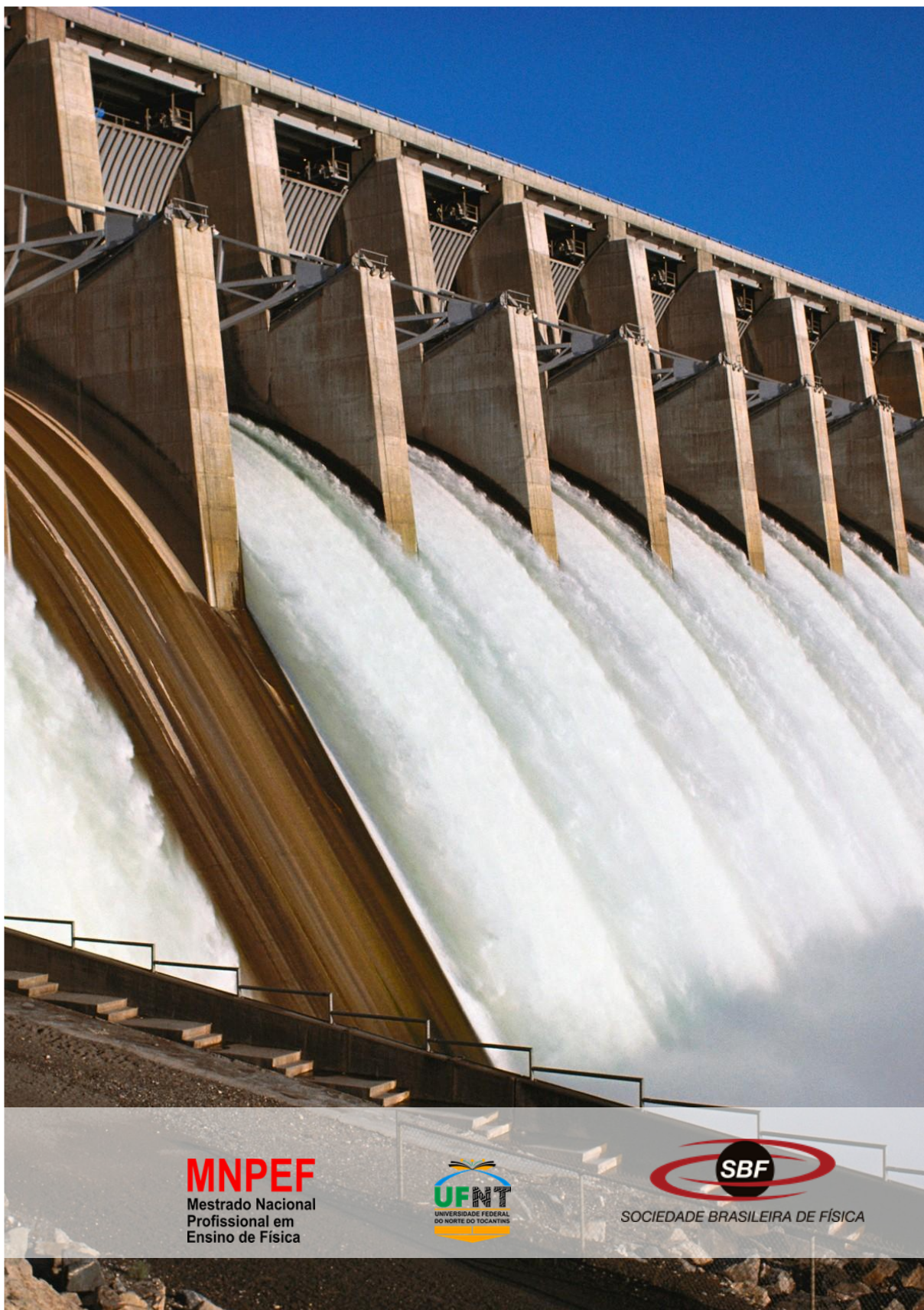
APÊNDICE E - Gabarito do Roteiro Experimental

1º MOMENTO:

- a) $L : 55 \text{ cm} = 0,55 \text{ m}$
- b) $U \approx 3 \text{ V}; i \approx 3,5 \text{ mA}$
- c) $E_{pg} = mgh = 30 \times 10 \times 0,55 = 165 \text{ J}$
- d) $P = UI = 3 \times 0,0035 = 0,0105 \text{ W}$

2º MOMENTO:

- a) $L : 128 \text{ cm} = 1,28 \text{ m}$
- b) $U \approx 7 \text{ V}; i \approx 13 \text{ mA}$
- c) $E_{pg} = mgh = 30 \times 10 \times 1,26 = 378 \text{ J}$ ou $30 \times 10 \times 1,28 = 384 \text{ J}$
- d) Sim – Para a altura: $P = 128 - 55 = 73 \Rightarrow P = 73/55 = 1,33$
 Sim – Para e energia: $P = 384 - 165 = 219 \Rightarrow P = 219/165 = 1,33$
- e) Porcentagem = $1,33 \times 100 = 133 \%$
- f) $P = UI = 7 \times 0,013 = 0,091 \text{ W}$
- g) Associação em série: Na associação em série, não há nó entre os LEDs. A corrente elétrica passa por todos eles em um único caminho, sem se dividir. Associação em paralelo: Na associação em paralelo, há nó no circuito, ou seja, um ponto onde a corrente se divide.
- h) Em série: $i = 0,013 \text{ A}$; em paralelo: $0,0043 \text{ A}$. A corrente elétrica apresenta valores diferentes nas associações, pois, na associação em série, a corrente que entra no circuito não se divide, enquanto na associação em paralelo a corrente que entra no circuito se divide entre os LEDs.
- i) Em série: $U = 2,3 \text{ V}$; em paralelo: A tensão elétrica não é a mesma para um LED nas associações em série e em paralelo. Associação em série: A tensão da fonte é dividida entre os LEDs. Assim, a tensão em cada LED é menor que a tensão de entrada do circuito. Associação em paralelo: Cada LED está ligado diretamente à fonte. Dessa forma, a tensão em cada LED é igual à tensão de entrada do circuito.
- j) Associação em série: Ao desconectar um LED, o circuito é interrompido, pois existe apenas um caminho para a corrente elétrica. Associação em paralelo: Ao desconectar um LED, apenas o ramo correspondente é interrompido. Como existem outros caminhos para a corrente elétrica, os demais LEDs continuam acesos.
- k) A associação em paralelo é mais eficiente. Na associação em paralelo, cada LED recebe a mesma tensão da fonte, funcionando de forma adequada e independente.
- l) Com o experimento, foi possível aprender sobre as transformações de energia, desde a energia potencial gravitacional da água até a energia elétrica, além do funcionamento de circuitos elétricos e da diferença entre associações de LEDs em série e em paralelo.



MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA