



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA POLO 09

AMANCIO HENRIQUE COSTA DE OLIVEIRA

**ENERGIA EÓLICA NO ENSINO DE FÍSICA: DA
PROBLEMATIZAÇÃO À APLICAÇÃO COM ARDUINO**

AMANCIO HENRIQUE COSTA DE OLIVEIRA

**ENERGIA EÓLICA NO ENSINO DE FÍSICA: DA
PROBLEMATIZAÇÃO À APLICAÇÃO COM ARDUINO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Polo 09 do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Federal Rural do Semiárido, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física. Orientadora: Erlania Lima de Oliveira. Coorientador: Antonio Marques dos Santos.

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

H48e Henrique Costa de Oliveira, Amancio.
Energia Eólica no Ensino de Física: da
Problematização à Aplicação com Arduino / Amancio
Henrique Costa de Oliveira. - 2026.
139 f. : il.

Orientadora: Erlania Lima de Oliveira .
Coorientador: Antonio Marques dos Santos.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2026.

1. Ensino de Física. 2. Energia Eólica. 3.
Arduino. I. Lima de Oliveira , Erlania, orient.
II. Marques dos Santos, Antonio, co-orient. III.
Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

AMANCIO HENRIQUE COSTA DE OLIVEIRA

**ENERGIA EÓLICA NO ENSINO DE FÍSICA: DA
PROBLEMATIZAÇÃO À APLICAÇÃO COM ARDUINO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Polo 09 do Programa de Mestrado Profissional de Ensino de Física da Universidade Federal Rural do Semiárido, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dra. Erlania Lima de Oliveira
Orientadora Universidade Federal Rural do Semiárido

Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins
Examinador interno Instituição

Prof. Dra. Denise Andrade do Nascimento - UFRR
Examinador Externo

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, minha fonte inesgotável de força, coragem e sabedoria, por ter guiado cada passo desta jornada, possibilitando a realização de mais um sonho na minha vida.

Com profunda gratidão e um sentimento eterno de saudade, dedico este trabalho à lembrança da minha amada mãe, e do meu querido pai, que, mesmo não estando mais entre nós fisicamente, continuam iluminando o meu caminho com seu amor e seus ensinamentos.

Também agradeço à minha família, minha base, que sempre acreditou em mim, oferecendo carinho e apoio incondicional em todos os momentos. Sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço também aos professores do programa MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física), que compartilharam seus conhecimentos e me desafiaram a crescer academicamente e pessoalmente.

Em especial, agradeço aos meus orientadores, Dr.^a Erlania Lima de Oliveira e Dr. Antônio Marques dos Santos, cujas orientações, apoio e confiança foram indispensáveis para a realização deste trabalho. A dedicação e a paciência de ambos foram verdadeiras inspirações.

Por fim, agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo apoio financeiro, por meio do Código de Financiamento 001, que possibilitou a continuidade dos meus estudos e contribuiu de forma decisiva para a concretização deste projeto.

RESUMO

A crescente demanda global por fontes de energia renováveis e sustentáveis tem impulsionado a busca por alternativas energéticas menos impactantes ao meio ambiente, destacando a energia eólica como uma das principais opções nesse cenário. Nesse contexto, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver e aplicar uma sequência didática voltada ao estudo da energia eólica, abordando conceitos fundamentais da eletricidade, como tensão elétrica, corrente elétrica e resistência, por meio de atividades experimentais mediadas pela plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto Arduino. A proposta foi implementada com estudantes da 2ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Francisco de Assis Pinheiro e fundamenta-se na necessidade de promover uma educação científica alinhada aos desafios contemporâneos da sustentabilidade, contribuindo para a formação de sujeitos críticos e socialmente conscientes. Ademais, a sequência didática buscou articular teoria e prática, favorecendo a investigação científica e a compreensão das implicações da produção de energia no cotidiano. Os resultados obtidos evidenciam uma reorganização conceitual, caracterizada por maior articulação entre vento, energia cinética, rotação das pás e grandezas elétricas, como tensão, corrente e resistência. Observou-se, ainda, o desenvolvimento de habilidades investigativas relacionadas à coleta, organização e interpretação de dados, bem como à análise de resultados experimentais e à compreensão do erro como elemento constitutivo do processo científico. A experimentação mediada pelo Arduino contribuiu para a materialização de conceitos abstratos da eletricidade, favorecendo a construção de explicações fundamentadas em evidências.

Palavras-chave: Ensino de Física, Energia Eólica, Arduino.

ABSTRACT

The growing global demand for renewable and sustainable energy sources has intensified the search for alternatives with lower environmental impact, highlighting wind energy as one of the main options in this context. In this scenario, this study aims to develop and implement a didactic sequence focused on wind energy, addressing fundamental concepts of electricity—such as electric voltage, electric current, and resistance—through experimental activities mediated by the open-source electronic prototyping platform Arduino. The proposal was implemented with students from the second year of high school at the Francisco de Assis Pinheiro State School and is grounded in the need to promote scientific education aligned with contemporary sustainability challenges, contributing to the formation of critical and socially conscious individuals. Furthermore, the didactic sequence sought to articulate theory and practice, fostering scientific investigation and enhancing students' understanding of the implications of energy production in everyday contexts. The results reveal a conceptual reorganization, characterized by stronger articulation between wind, kinetic energy, blade rotation, and electrical quantities such as voltage, current, and resistance. Additionally, the development of investigative skills related to data collection, organization, and interpretation was observed, as well as the analysis of experimental results and the understanding of error as an inherent element of the scientific process. Experimentation mediated by the Arduino platform contributed to the materialization of abstract electrical concepts, supporting the construction of evidence-based explanations.

Keywords: Physics education, Wind energy, Arduino.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Capacidade instalada e número de parques por estado	12
Figura 2 – Modelo de circulação geral e Movimentos Atmosféricos terrestre.....	19
Figura 3 – Processo de conversão de energia eólica em energia elétrica	21
Figura 4 – Variação do fluxo magnético em função do tempo.....	23
Figura 5 – Laboratório didático construído a partir de uma maquete de aerogerador integrada à plataforma Arduino	44
Figura 6 – Mapa conceitual inicial	53
Figura 7 – Mapa conceitual final	54
Figura 8 – Experimento I.....	62

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação da tensão elétrica medida pelo Arduino ao longo de leituras sucessivas.....	63
Gráfico 2 - Valores de resistência elétrica determinados experimentalmente pelos grupos a partir do circuito divisor de tensão.....	64
Gráfico 3 - Valores da corrente elétrica obtidos pelo cálculo teórico a partir da lei de Ohm	65
Gráfico 4 - Média da corrente elétrica por grupo	66
Gráfico 5 - Dispersão entre os valores de corrente elétrica	67
Gráfico 6 - Avaliação dos estudantes quanto à contribuição da sequência didática para a compreensão da conversão da energia eólica em energia elétrica	68
Gráfico 7 - Percentual de respostas da questão objetiva 2.....	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Representatividade de cada região brasileira na geração de energia	12
Tabela 2 - Artigos encontrados na temática Arduino e energia.....	34
Tabela 3 - Artigos que se enquadram nos critérios adotados.....	35
Tabela 4 - Estrutura da Sequência Didática	45
Tabela 5 - Distribuição dos estudantes por nível.....	55
Tabela 6 - Respostas representativas das categorias conceituais identificadas no questionário diagnóstico	57
Tabela 7 - Respostas representativas dos aspectos conceituais identificados no questionário final	59

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Objetivo Geral	14
1.2 Objetivos Específicos	15
CAPÍTULO 2 - FUNDAMENTOS FÍSICOS DA ENERGIA EÓLICA.....	16
2.1.1 Energia Eólica na Transição Energética	17
2.1.2 Formação dos Ventos e a Origem da Energia Eólica	18
2.1.3 Estrutura e Funcionamento dos Aerogeradores	20
2.2 Grandezas Elétricas Fundamentais no Contexto da Energia Eólica	22
CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO E ESTADO DA ARTE.....	25
3.1 Fundamentos Pedagógicos do Ensino de Física	25
3.1.1 Fundamentos Freirianos no Ensino de Ciências	25
3.1.2 Os Três Momentos Pedagógicos (TMP)	28
3.1.3 Problemática	28
3.1.4 Organização do Conhecimento.....	29
3.1.5 Aplicação do Conhecimento.....	30
3.2 Tecnologias digitais e experimentação no Ensino de Física: panorama da literatura	30
3.3 O Arduino como Recurso Pedagógico Investigativo	32
3.4 Estado da Arte	33
3.5 Educação Ambiental e Energia Sustentável	37
3.6 Competências e Habilidades Articuladas ao Arduino	39
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	42
4.1 Abordagem da Pesquisa.....	42
4.2 Contexto e Participantes	42
4.3 Instrumentos de Coleta de Dados	43
4.4 Recursos Utilizados	44
4.5 Estrutura Geral da Sequência Didática (SD).....	45
4.6 Desenvolvimento da Sequência Didática Segundo os Três Momentos Pedagógicos	46
4.6.1 Investigação Inicial	46
4.6.2 Organização do Conhecimento.....	47
4.6.3 Aplicação do Conhecimento.....	49
CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	52
5.1 Evolução da Compreensão Conceitual	52
5.2 Desenvolvimento de Habilidades Investigativas e Interpretação de Dados Experimentais	62
5.3 Engajamento, Protagonismo Estudantil e Dialogicidade	68
5.4 Articulações com o Referencial Teórico	69
CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
REFERÊNCIAS.....	74
APÊNDICE A (PRODUTO EDUCACIONAL).....	79

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas, em especial o aquecimento global, ocupam posição central no debate científico contemporâneo em razão de seus profundos impactos sobre os sistemas naturais e a vida humana. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), há consenso científico de que esse fenômeno é indiscutível e decorre predominantemente das atividades humanas, sobretudo da queima de combustíveis fósseis que sustentam os atuais sistemas de geração de energia (IPCC, 2023). Paralelamente, o crescimento populacional e a intensificação dos padrões de consumo energético têm ampliado significativamente a demanda por eletricidade, evidenciando a necessidade de reestruturação da matriz energética em escala global e nacional.

Nesse contexto, a diversificação das fontes de geração, com ênfase nas energias renováveis, assume papel estratégico na transição para modelos energéticos mais sustentáveis e ambientalmente responsáveis (DINÇER, 2011; OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020). Entre as alternativas renováveis, destaca-se a energia eólica, obtida a partir da energia cinética dos ventos, resultante do movimento das massas de ar. Esse movimento tem origem nas diferenças de temperatura, altitude e pressão atmosférica, vinculadas à energia potencial da atmosfera (ANEL, 2008). Trata-se de uma fonte renovável confiável e promissora, que vem se consolidando como uma das principais opções entre os recursos energéticos limpos, especialmente em função de sua baixa emissão de gases de efeito estufa (BOHME, 2020).

Segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias (Abeeólica), o país atingiu 33,7 gigawatts (GW) de capacidade operacional em 2024, reafirmando sua posição de destaque no cenário global no que se diz respeito a fontes de energia renovável.

Nesse cenário, a região Nordeste se destaca como a principal liderança na geração de energia eólica, concentrando mais de 88,7% da produção nacional. Nesse contexto, os quatro estados líderes do ranking são Bahia, Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. Em contrapartida, embora distante, a Região Sul apresenta participação de 8,7% do total

gerado, como mostra a Tabela 1, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica e Novas Tecnologias

Tabela 1 - Representatividade de cada região brasileira na geração de energia

Região	Geração (TWh)	Representatividade (%)
Sudeste	0,06	0,1
Sul	6,20	8,7
Nordeste	63,20	88,7
Norte	1,76	2,5
Total	71,22	100,0

(Fonte: ABEEólica 2022)

Atualmente, o Rio Grande do Norte é o primeiro estado do Brasil em número de aerogeradores, conforme a Figura 1. Esse destaque valoriza o estado ao impulsionar a inovação tecnológica, o desenvolvimento regional, especialmente em zonas rurais, e a geração de empregos.

Figura 1: Capacidade instalada e número de parques por estado



(Fonte: ABEEólica 2022)

O avanço da energia eólica no país foi fortemente impulsionado por políticas públicas e programas governamentais estruturantes. Após a crise energética de 2001, iniciativas como o Programa Emergencial de Energia Eólica (PROEÓLICA) e, posteriormente, o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

(PROINFA) desempenharam papel decisivo ao garantir contratos de longo prazo e maior segurança regulatória aos investidores (DUTRA, 2001).

Sob a perspectiva do Ensino de Física, esse contexto configura uma oportunidade privilegiada para aproximar os conteúdos escolares da realidade vivenciada pelos estudantes. A temática da energia eólica permite a abordagem contextualizada de conceitos fundamentais, como energia cinética, movimento de rotação, potência, tensão elétrica, corrente, resistência, transformações de energia e geração de eletricidade, articulando fenômenos naturais, tecnologia e questões sociais (PICOLO et al., 2014; RODRIGUES; SANTOS, 2023). Dessa forma, os conceitos físicos deixam de ser tratados de maneira abstrata e passam a adquirir significado a partir de aplicações concretas do cotidiano, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

Essa perspectiva encontra respaldo em fundamentos epistemológicos e pedagógicos consolidados. Para Gaston Bachelard (1996), o problema constitui a gênese da ciência, pois é a partir dele que o conhecimento científico se constrói e se reorganiza. Tal concepção dialoga com o pensamento de Paulo Freire (1996; 2011), segundo o qual o desenvolvimento do pensamento crítico decorre da problematização e da análise das situações vividas. Nessa perspectiva, leis, teorias e modelos científicos adquirem sentido quando são mobilizados para a explicação de fenômenos naturais; caso contrário, o ensino tende a permanecer em um nível superficial de compreensão. Assim, o Ensino de Física deve estruturar-se em torno de questões orientadoras, investigação fundamentada em evidências e práticas dialógicas (SOLINO; GEHLEN, 2015).

Esse movimento converge com a perspectiva da educação crítica e intercultural, que demanda revisão curricular, participação docente qualificada e práticas pedagógicas capazes de integrar saberes sem hierarquizá-los (CANDAU; KOFF, 2015). Entre as estratégias didáticas alinhadas a essa visão, destaca-se a organização do ensino por meio de sequências didáticas investigativas, que articulam teoria e prática e favorecem a construção do conhecimento científico, em consonância com as competências da Base Nacional Comum Curricular (BRASIL, 2018).

Considerando o exposto, a energia eólica configura-se como um tema particularmente relevante para o ensino de Física, ao evidenciar a aplicação do conhecimento científico na compreensão de problemas sociais e na formação para a

cidadania ambiental (ALVES; DUARTE, 2025; MOURA; PACHECO, 2022). Nesse sentido, a experimentação assume papel central, uma vez que possibilita a articulação entre teoria e prática; contudo, seu valor pedagógico não reside no experimento em si, mas na forma como é integrado ao processo de ensino, com intencionalidade didática claramente definida (ARAÚJO; ABIB, 2003).

Entre as tecnologias educacionais emergentes, destaca-se o Arduino, uma plataforma aberta, programável e versátil, de uso acessível a professores e estudantes, que possibilita o registro de grandezas físicas, o controle de atuadores e a construção de protótipos experimentais. No contexto escolar, seu uso favorece a experimentação científica de baixo custo, permitindo a construção de instrumentos didáticos e a exploração de princípios físicos por meio de atividades práticas (CAVALCANTE; TAVOLARO; MOLISANI, 2011; MOREIRA et al., 2018). Além disso, o Arduino contribui para a inserção dos estudantes em ambientes de programação e robótica, ampliando as possibilidades de aprendizagem ativa e investigativa no ensino de Física (GARCÍA-TUDELA; MARÍN-MARÍN, 2023; SIQUEIRA; BEDIN; LIMA, 2024).

Diante desse panorama, esta dissertação apresenta uma proposta pedagógica voltada ao ensino de energia eólica, mediada pelo uso do Arduino como recurso experimental e investigativo. Por meio da utilização de maquetes funcionais, sensores e motores, a proposta busca possibilitar a observação concreta do processo de conversão da energia do vento em energia elétrica, favorecendo a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. Ancorada nos princípios freireanos e na abordagem dos Três Momentos Pedagógicos, a proposta busca articular ciência, tecnologia e sociedade por meio de práticas que problematizam a realidade, favorecem a investigação de fenômenos físicos e incentivam a análise crítica de evidências (DELIZOICOV, 1991). Desse modo, pretende-se contribuir para o fortalecimento da compreensão conceitual em Física e para a formação de estudantes mais autônomos, críticos e conscientes frente aos desafios contemporâneos relacionados à produção e ao uso da energia.

1.1 Objetivo Geral

Analisar a aplicação de uma sequência didática sobre energia eólica, mediada pelo uso da plataforma Arduino e fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos, buscando

promover a problematização, a investigação e a compreensão crítica dos conceitos de Física relacionados à conversão da energia do vento em energia elétrica.

1.2 Objetivos Específicos

- Utilizar uma maquete funcional de aerogerador, integrada à plataforma Arduino, como recurso experimental para representar, em escala reduzida, o funcionamento de uma turbina eólica real.
- Possibilitar a medição, o monitoramento e o registro de grandezas elétricas, tais como tensão e corrente elétrica, permitindo o acompanhamento em tempo real do comportamento do sistema gerador.
- Investigar as relações entre as variáveis físicas envolvidas no processo de geração de energia eólica, analisando o desempenho do aerogerador a partir dos dados experimentais obtidos.
- Analisar aspectos físicos associados à aerodinâmica das pás e aos princípios fundamentais da geração de eletricidade.
- Favorecer a concretização de conceitos físicos frequentemente abordados de forma abstrata, promovendo uma aprendizagem de caráter investigativo e experimental.
- Estimular a autonomia, a curiosidade científica e a capacidade de análise crítica dos estudantes, articulando ciência, tecnologia e sociedade no contexto dos desafios energéticos contemporâneos.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTOS FÍSICOS DA ENERGIA EÓLICA

2.1 Energia e Sua Conversão no Contexto da Física

O conceito de energia acompanha a história da humanidade desde os primórdios, inicialmente vinculado às atividades indispensáveis à manutenção da vida humana. Um exemplo disso são as embarcações a vela, que já utilizavam a energia cinética do vento para a locomoção, muito antes de esses processos serem descritos formalmente pela Física moderna. Na contemporaneidade, o termo está presente em múltiplos contextos, desde o funcionamento de dispositivos tecnológicos até os debates ambientais, econômicos e políticos, o que evidencia sua centralidade nas dinâmicas sociais e tecnológicas.

Apesar dessa ampla utilização, a energia não possui uma definição única e universal, o que decorre do fato de que diferentes áreas do conhecimento a abordam sob perspectivas distintas, enfatizando aspectos específicos conforme seus objetos de estudo (BURATTINI, 2008). Embora essa diversidade de significados enriqueça o debate científico, ela também pode gerar obstáculos no ensino e na aprendizagem, especialmente quando o conceito é apresentado de forma fragmentada ou excessivamente abstrata.

De forma clássica, HALLIDAY, RESNICK E WALKER (2012) tratam a energia como uma grandeza física relacionada ao estado de um sistema e às transformações que nele ocorrem, podendo ser transferida entre sistemas e convertida em diferentes formas. Nesse sentido, para compreender esse conceito, é fundamental reconhecer como a energia se transforma, se transfere e se manifesta em situações concretas, indo além de definições formais. Embora não seja diretamente observável, suas transformações podem ser identificadas em diferentes fenômenos físicos, permitindo a construção de significados mais consistentes.

Essas transformações, por sua vez, manifestam-se tanto em fenômenos cotidianos quanto em sistemas naturais e em aplicações tecnológicas amplamente presentes na sociedade contemporânea, especialmente nos debates relacionados às questões ambientais e energéticas (ALVES; DUARTE, 2025; GOMES SANTOS et al., 2024).

Portanto, restringir o ensino da energia à apresentação de equações matemáticas mostra-se insuficiente. É necessário promover abordagens que favoreçam a compreensão conceitual e a construção de significados pelos estudantes, articulando diferentes representações e contextos de aplicação. Nessa perspectiva, o ensino de Física deve possibilitar a análise de fenômenos, a interpretação de situações e a mobilização de conceitos em diferentes contextos, contribuindo para uma compreensão mais integrada do conhecimento científico.

Essa abordagem contribui para superar uma visão meramente mecanicista da Física, aproximando o conhecimento científico da realidade vivenciada pelos alunos e reconhecendo o estudante como sujeito ativo da aprendizagem, capaz de construir significados a partir da interação com o meio, com os objetos de estudo e com outros sujeitos (NOVAK; GOWIN, 1984; KOZULIN, 2003; DELIZOICOV, 2008).

Sob essa perspectiva, a adoção de estratégias didáticas que integrem experimentação, interdisciplinaridade e problematização, tem se mostrado eficaz para favorecer a compreensão conceitual e o desenvolvimento do pensamento crítico. Tais estratégias também contribuem para a formação da autonomia intelectual e da consciência ambiental, aspectos fundamentais para a formação cidadã. No Ensino Médio, propostas que abordam as energias renováveis, especialmente a energia eólica, apresentam grande potencial para articular conteúdos de Física à educação ambiental e à cidadania, promovendo uma formação crítica e socialmente comprometida (CRUZ, 2022; MÜLLER; SILVA, 2023; MOURA; PACHECO, 2022).

2.1.1 Energia Eólica na Transição Energética

As fontes de energia tradicionalmente utilizadas em escala global são, majoritariamente, os combustíveis fósseis, como petróleo, carvão mineral e gás natural, que desempenharam papel central no desenvolvimento industrial e econômico ao longo dos séculos XX e XXI. Contudo, essas fontes apresentam limitações significativas, cujas implicações ambientais, econômicas e sociais tornaram-se cada vez mais evidentes nas últimas décadas (GOLDEMBERG, 2007; IPCC, 2023).

Essas fontes são recursos naturais finitos, e sua exploração intensiva acelera o esgotamento das reservas disponíveis, tornando-os progressivamente mais escassos e sujeitos a instabilidades econômicas e geopolíticas. Esse cenário contribui para o aumento

dos custos energéticos e para a dependência de mercados externos, comprometendo a segurança energética de diversos países. Diante dessas limitações, reforça-se a necessidade de diversificação da matriz energética e de investimentos em fontes renováveis, entre as quais a energia eólica se destaca como uma alternativa promissora (DUTRA, 2001; DINÇER, 2011).

Além da questão da escassez, a queima de tais combustíveis constitui uma das principais fontes de emissão de gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono (CO₂), intensificando o aquecimento global e as mudanças climáticas. Ademais, o transporte e o armazenamento desses combustíveis envolvem riscos ambientais significativos, como vazamentos e derramamentos de óleo, capazes de causar danos severos aos ecossistemas e à saúde humana (IPCC, 2023).

Mesmo com os avanços tecnológicos associados às fontes convencionais, essas matrizes ainda apresentam limitações importantes em termos de eficiência energética e impacto ambiental. Usinas termelétricas, por exemplo, possuem eficiência relativamente baixa, emitem grandes volumes de poluentes atmosféricos e demandam elevados custos operacionais e de manutenção ao longo de sua vida útil (GOLDEMBERG, 2007).

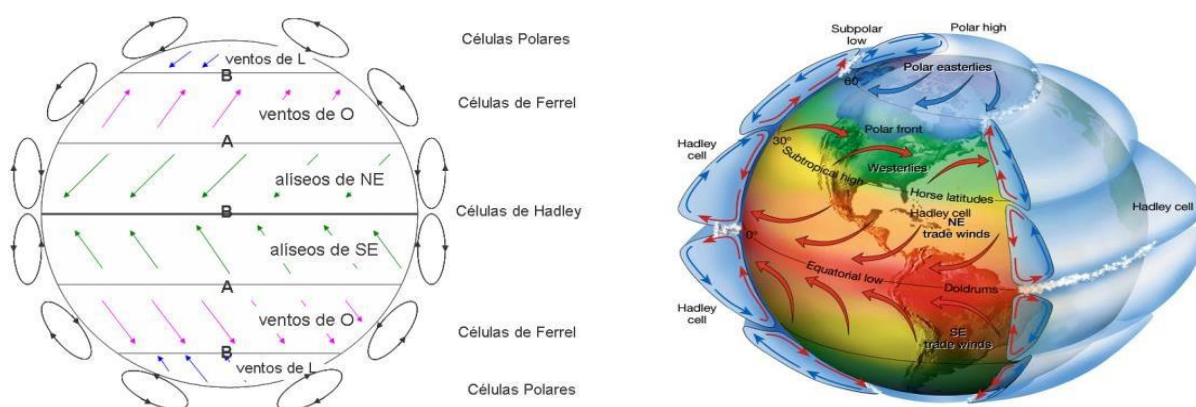
Diante deste cenário, a energia eólica destaca-se como uma alternativa natural, limpa e renovável, capaz de mitigar os impactos negativos associados ao uso de combustíveis fósseis. Por utilizar um recurso abundante e inesgotável em escala humana, o vento, essa fonte contribui para a redução das emissões de gases poluentes e para a construção de uma matriz energética mais diversificada, favorecendo uma transição energética sustentável e ambientalmente equilibrada (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020; SIMAS; PACCA, 2012).

2.1.2 Formação dos Ventos e a Origem da Energia Eólica

A compreensão da energia eólica exige a análise da origem dos ventos enquanto fenômeno atmosférico. A principal fonte energética do sistema climático terrestre é o Sol, cuja radiação aquece a superfície do planeta de forma desigual, em função de fatores como latitude, relevo e características de absorção do solo e dos oceanos. Esse aquecimento não uniforme gera variações de temperatura, densidade e pressão no ar atmosférico, criando regiões com diferentes condições termodinâmicas (BURATTINI, 2008; RAMOS; ARAÚJO, 2020).

Nas regiões mais aquecidas, o ar se expande, torna-se menos denso e tende a ascender. Em contrapartida, o ar mais frio, por ser mais denso, desloca-se horizontalmente para ocupar o espaço deixado pelo ar quente em ascensão. Esse movimento contínuo das massas de ar caracteriza o processo de circulação atmosférica e dá origem aos ventos (BURATTINI, 2008). A Figura 2 ilustra esse mecanismo de circulação atmosférica decorrente das diferenças de aquecimento da superfície terrestre.

Figura 2 - Modelo de circulação geral e Movimentos Atmosféricos



(Fonte: (CORREA 2007) e (SENTELHAS; ANGELOCCI, 2007))

Esse processo evidencia que o vento não constitui um fenômeno isolado, mas resulta diretamente de processos de transferência e redistribuição de energia na atmosfera, configurando-se como uma fonte de energia renovável e inesgotável em escala humana.

De maneira geral, a energia pode apresentar-se sob diferentes formas, como cinética, potencial, térmica e elétrica, entre outras. No caso dos ventos, a forma predominante é a energia cinética, associada ao movimento das massas de ar. Em uma análise atmosférica mais ampla, esse movimento está relacionado a diferenças de temperatura e pressão na atmosfera, resultantes do aquecimento desigual da superfície terrestre, que impulsionam a circulação do ar.

No Sistema Internacional de Unidades, todas as formas de energia são expressas em joules (J), o que permite sua comparação e conversão entre diferentes fenômenos físicos. No contexto da energia eólica, predomina a energia cinética do ar, determinada pela massa da parcela de ar e por sua velocidade.

$$Ec = \frac{1}{2}mv^2$$

(equação 1)

Onde E_c representa a energia cinética (J), m a massa (kg) e v a velocidade (m/s). Essa relação evidencia que pequenos aumentos na velocidade do vento resultam em acréscimos significativos na energia disponível, o que justifica a relevância de regiões com ventos intensos e constantes para a geração de energia eólica (CHESF; COELCE, 1996; DUTRA, 2001).

2.1.3 Estrutura e Funcionamento dos Aerogeradores

O aerogerador é um sistema eletromecânico projetado para converter a energia cinética do vento em energia elétrica por meio de uma sequência contínua de transformações físicas. Esse processo ocorre de forma integrada entre seus componentes mecânicos e elétricos, garantindo a captação, a conversão e o aproveitamento da energia disponível no escoamento do ar.

O funcionamento do aerogerador depende da atuação coordenada de seus principais componentes, cada um responsável por uma etapa específica do processo de conversão energética:

- **Pás:** captam a energia cinética do vento e a convertem em movimento de rotação;
- **Rotor:** transmite o movimento ao eixo principal;
- **Caixa multiplicadora:** ajusta a velocidade de rotação;
- **Gerador:** converte energia mecânica em energia elétrica;
- **Sistema de controle:** monitora e otimiza o funcionamento;
- **Transformador:** adapta a tensão para transmissão;
- **Rede elétrica:** distribui a energia gerada.

Inicialmente, a interação do vento com as pás do aerogerador promove a transferência de energia para o sistema mecânico, resultando na rotação do rotor e do eixo principal. Essa etapa caracteriza a transformação da energia cinética do vento em energia

cinética de rotação. A energia armazenada nesse movimento pode ser descrita pela energia cinética de rotação:

$$E_{rot} = 1/2 I \omega^2$$

(equação 2)

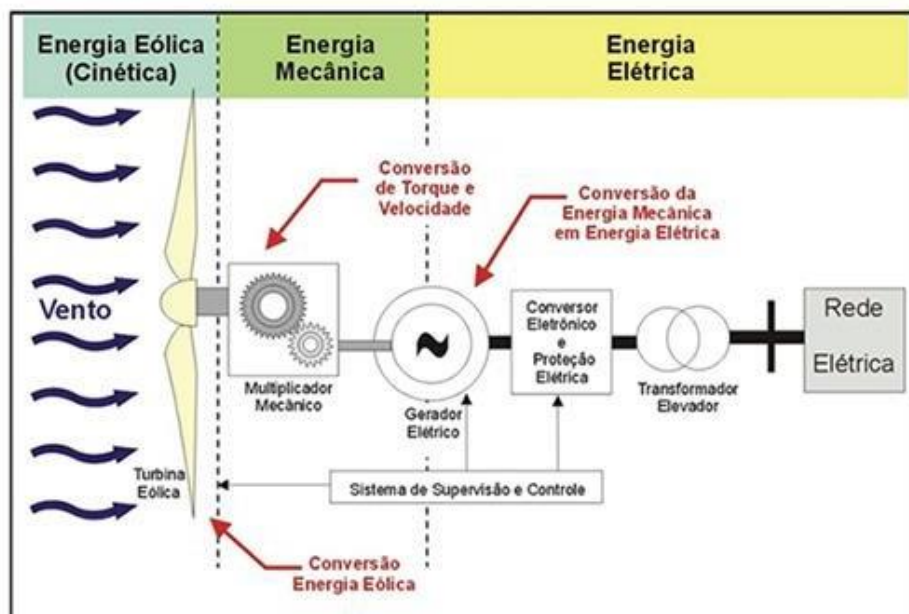
onde I representa o momento de inércia do sistema ($\text{kg}\cdot\text{m}^2$) e ω é a velocidade angular do rotor (rad/s). Essa energia mecânica de rotação é transmitida ao gerador, onde ocorre sua conversão em energia elétrica, em conformidade com o Princípio da Conservação da Energia, segundo o qual a energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada (FEYNMAN, 2008).

Dessa forma, o aerogerador pode ser compreendido como um sistema integrado de conversão energética, no qual a energia cinética do vento é convertida em energia mecânica de rotação e, posteriormente, em energia elétrica (BRASIL, 2008).

$$E_{\text{cinética do vento}} \rightarrow E_{\text{mecânica (rotação)}} \rightarrow E_{\text{elétrica}}$$

A Figura 3 ilustra a conversão da energia cinética do vento em energia mecânica de rotação e, posteriormente, em energia elétrica para a rede de distribuição.

Figura 3 - Processo de conversão de energia eólica em energia elétrica



(Fonte: PICOLO, 2014)

2.2 Grandezas Elétricas Fundamentais no Contexto da Energia Eólica

Para compreender o processo de conversão da energia mecânica do vento em energia elétrica nos aerogeradores, faz-se necessário considerar algumas grandezas físicas fundamentais associadas aos circuitos elétricos, entre elas a tensão elétrica (V), a corrente elétrica (I), a resistência elétrica (R) e a potência elétrica (P). Essas grandezas constituem a base conceitual da eletricidade clássica e são utilizadas para descrever o comportamento dos circuitos elétricos e as relações entre energia, corrente e diferença de potencial em diferentes sistemas elétricos (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012). Nesse contexto, tais conceitos tornam-se essenciais para a compreensão do funcionamento de dispositivos de geração e transmissão de energia elétrica (SILVA; LIRA, 2025).

A relação entre tensão (V), corrente (I) e resistência (R) é formalizada pela Lei de Ohm, válida para condutores ôhmicos sob condições físicas aproximadamente constantes, como a temperatura. Essa lei é expressa por:

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

(Equação 3)

Essa relação indica que, em um condutor ôhmico, a corrente elétrica é diretamente proporcional à diferença de potencial aplicada e inversamente proporcional à resistência do material. Tal formulação é essencial para a análise de circuitos elétricos e para a compreensão de fenômenos como o efeito Joule, responsável pela dissipação de energia na forma de calor em sistemas reais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A geração de energia elétrica nos aerogeradores não ocorre por condução elétrica, mas por meio do fenômeno da indução eletromagnética, que ocorre no interior do gerador acoplado ao eixo do sistema. Esse fenômeno depende da variação do fluxo magnético, definido por:

$$\Phi_B = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

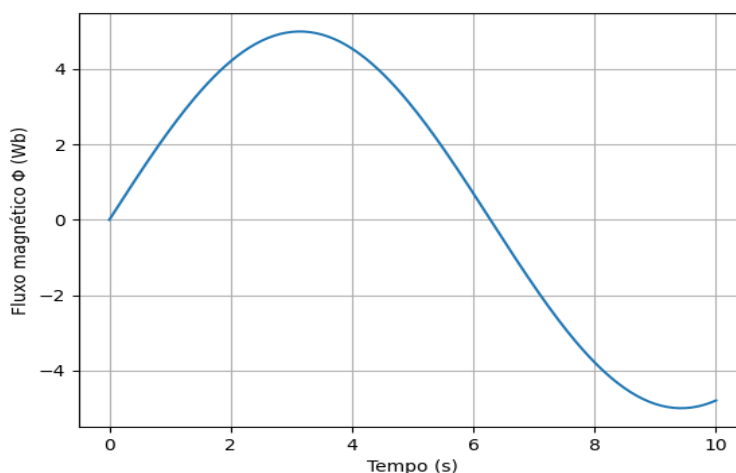
(Equação 4)

Onde B é a intensidade do campo magnético, A é a área da superfície e θ é o ângulo entre o campo magnético e a normal à superfície, sendo sensível à orientação da

bobina em relação ao campo. Quando o sistema entra em funcionamento, essa grandeza deixa de ser constante, passando a variar no tempo devido ao movimento relativo entre o campo magnético e a bobina no interior do gerador.

A Figura 4 evidencia exatamente esse comportamento: a variação do fluxo magnético com o tempo, condição essencial para a ocorrência do fenômeno de indução eletromagnética.

Figura 4 - Variação do fluxo magnético em função do tempo.



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Os dados indicam, que a variação temporal do fluxo magnético constitui o elemento físico responsável pela indução de uma força eletromotriz no circuito, conforme estabelece a Lei de Faraday da indução eletromagnética:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

(equação 5)

Onde, ε é a força eletromotriz induzida (fem) (V), $\Delta\Phi$ é a variação do fluxo magnético (Wb) e Δt é o intervalo de tempo (s). Essa expressão mostra que a geração de tensão elétrica depende diretamente da taxa de variação do fluxo magnético, sendo este o princípio fundamental da conversão eletromecânica em geradores.

Nos aerogeradores, essa variação ocorre devido à rotação do conjunto mecânico, que faz a bobina girar dentro de um campo magnético no interior do gerador, induzindo uma força eletromotriz capaz de estabelecer corrente elétrica em circuito fechado. Essa

corrente elétrica pode ser direcionada para sistemas de controle, armazenamento ou injeção na rede elétrica.

Dessa forma, o gerador pode ser compreendido como um dispositivo eletromecânico que converte energia mecânica de rotação em energia elétrica por meio da indução eletromagnética, constituindo o princípio físico central da energia eólica.

CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO E ESTADO DA ARTE

3.1 Fundamentos pedagógicos do Ensino de Física

A abordagem pedagógica adotada neste trabalho fundamenta-se nos princípios da pedagogia freireana e em sua operacionalização por meio dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), proposta amplamente utilizada em pesquisas e práticas voltadas ao ensino investigativo, crítico e contextualizado em Ciências (DELIZOICOV, 2008; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002). A escolha desses referenciais visa assegurar que o estudo da energia eólica ultrapasse um tratamento meramente conceitual ou técnico, promovendo a compreensão crítica dos fenômenos físicos, bem como sua articulação com dimensões sociais, ambientais e tecnológicas associadas à produção e ao uso da energia (BURATTINI, 2008; CRUZ, 2022).

Essa fundamentação pedagógica orienta a organização das atividades propostas ao longo da sequência didática, garantindo coerência entre os conteúdos físicos trabalhados e as estratégias metodológicas adotadas. Dessa forma, busca-se favorecer uma aprendizagem investigativa e socialmente relevante, em consonância com pressupostos contemporâneos do ensino de Ciências.

3.1.1 Fundamentos Freireanos no Ensino de Ciências

O ensino tradicional de Ciências tem sido historicamente marcado por abordagens transmissíveis e fragmentadas, nas quais leis, equações e conceitos científicos são apresentados de forma descontextualizada, desvinculados das experiências sociais, culturais e históricas dos estudantes. Tal modelo aproxima-se do que Paulo Freire denomina *educação bancária*, caracterizada pela concepção de ensino como um ato de transferência de conteúdos prontos, no qual o educador deposita conhecimentos nos educandos, compreendidos como sujeitos passivos do processo educativo (FREIRE, 1987).

Em oposição a essa lógica, a pedagogia freireana propõe uma educação crítica, centrada no protagonismo dos educandos e fundamentada na dialogicidade, na problematização da realidade e na investigação como princípios estruturantes da prática

pedagógica. Ao criticar o modelo transmissivo, Freire afirma que “não há criatividade, não há transformação, não há saber” (FREIRE, 1987, p. 68), evidenciando o caráter acrítico e mecanicista das práticas baseadas exclusivamente na memorização de conteúdo. O autor também destaca que o ensino desvinculado da realidade concreta compromete o sentido social do aprendizado e limita a formação crítica dos sujeitos (FREIRE, 1996).

No campo do ensino de Ciências, essa crítica impulsionou a adoção de abordagens que valorizam a contextualização dos conteúdos científicos e sua articulação com problemáticas ambientais, tecnológicas e sociais relevantes, promovendo uma educação científica comprometida com a compreensão crítica da realidade. Nesse sentido, a pedagogia freiriana oferece fundamentos teóricos consistentes ao compreender o diálogo não apenas como estratégia didática, mas como princípio ético-político da relação pedagógica.

Para Freire, o diálogo só se efetiva quando os sujeitos envolvidos se transformam mutuamente no ato de dialogar (FREIRE, 1996). Isso implica a superação da transmissão unidirecional do conhecimento e o reconhecimento de educadores e educandos como sujeitos ativos e coautores do processo educativo. No ensino de Ciências, essa perspectiva exige o reconhecimento dos saberes do cotidiano dos estudantes como ponto de partida legítimo para a construção dos conceitos científicos.

OLIVEIRA (2017) destaca que a dialogicidade freiriana pressupõe a participação ativa do educando, de modo que o ensino se realize com o estudante e não para ele. Essa concepção reforça que um ensino de Ciências orientado pela dialogicidade não pode se limitar à repetição mecânica de equações, mas deve articular conhecimentos cotidianos e explicações científicas sistematizadas, em consonância com os princípios da aprendizagem significativa propostos por NOVAK E GOWIN (1984).

Sob esse enfoque, o diálogo assume um papel metodológico central ao possibilitar que os estudantes confrontem suas concepções intuitivas com explicações fundamentadas em evidências científicas, favorecendo a construção de significados próprios. Essa prática contribui para a formação de sujeitos críticos, capazes de compreender a ciência como instrumento de análise e compreensão da realidade socioambiental, tanto em temas

relacionados à energia quanto à sustentabilidade (ALVES; DUARTE, 2025; GOMES SANTOS et al., 2024).

Outro elemento central da pedagogia freireana é a problematização, entendida como o processo de identificação de situações concretas da realidade que apresentam contradições e conflitos, os quais se tornam ponto de partida para a investigação e a reflexão crítica. Para Freire, ensinar exige criar possibilidades para a produção ou construção do conhecimento, e não sua simples transmissão (FREIRE, 1996). Assim, o conhecimento científico deve ser apresentado como resultado de um processo investigativo coletivo, e não como um conjunto de verdades prontas e acabadas.

Nesse sentido, a problematização requer que o docente selecione problemas socialmente significativos e relacionados ao cotidiano dos estudantes, tornando o aprendizado contextualizado e relevante. Essa abordagem mostra-se particularmente adequada ao ensino de temas como energia renovável e sustentabilidade, que envolvem dimensões científicas, sociais, econômicas e ambientais interdependentes (SOLINO; GEHLEN, 2015; CRUZ, 2022; DUTRA, 2001).

Outro princípio freiriano fundamental é a formação da autonomia do educando. Para Freire, a autonomia intelectual não é um estado dado, mas um processo construído ao longo da prática educativa, que prepara os sujeitos para agir criticamente sobre sua realidade (FREIRE, 1996). No ensino de Ciências, isso implica promover situações em que os estudantes investiguem, formulem hipóteses, analisem dados e tomem decisões fundamentadas.

Dessa forma, os fundamentos freireanos discutidos neste trabalho valorizam a participação ativa dos estudantes, integram problemas reais ao currículo e fomentam práticas investigativas significativas. Essa abordagem supera as limitações das metodologias exclusivamente tradicionais e promove uma educação científica crítica e socialmente comprometida (KOZULIN, 2003; MÜLLER; SILVA, 2023). Pesquisas sobre o ensino de energia eólica no contexto escolar reforçam o potencial dessa temática para favorecer a contextualização dos conceitos físicos e a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade (PICOLO; BÜHLER; RAMPINELLI, 2014; CRUZ, 2022).

3.1.2 Os Três Momentos Pedagógicos (TMP)

Os Três Momentos Pedagógicos (TMP) constituem uma proposta metodológica desenvolvida com o objetivo de incorporar os pressupostos da pedagogia freireana ao ensino de Ciências. Essa abordagem fundamenta-se na identificação de temas geradores e socialmente relevantes para os educandos, e na pesquisa temática, possibilitando uma exploração crítica da realidade a partir do diálogo entre saberes cotidianos e conhecimentos científicos sistematizados (DELIZOICOV, 2008).

Segundo DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO (2002, p. 8), a produção e a apropriação do conhecimento não ocorrem de forma neutra, mas estão imersas em concepções de mundo que precisam ser analisadas no processo educativo. Essa compreensão reforça a necessidade de um ensino que vá além da transmissão de conteúdos, promovendo a construção coletiva do conhecimento por meio da dialogicidade (FREIRE, 1996).

A implementação dos TMP requer um planejamento pedagógico que considere a realidade sociocultural dos estudantes e estimule a interação dialógica. Os temas geradores não constituem um fim em si mesmos, mas funcionam como mediadores para a introdução, organização e aplicação dos conhecimentos científicos.

Os TMP estruturam-se em três etapas articuladas: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Essa dinâmica transforma o ensino em um processo investigativo, contextualizado e significativo, favorecendo a articulação entre teoria e prática (NOVAK; GOWIN, 1984).

Desenvolvidos para integrar conhecimentos científicos às contradições sociais, ambientais e econômicas do contexto educacional, os TMP mostram-se especialmente adequados ao ensino de temas como energia, sustentabilidade e tecnologias contemporâneas (BURATTINI, 2008; CRUZ, 2022). Nas seções seguintes, esses três momentos serão detalhados, evidenciando sua contribuição para a construção de uma aprendizagem relevante, crítica e integrada ao contexto de vida dos estudantes.

3.1.3 Problematização

O processo educativo inicia-se com a identificação de temas ou problemas significativos para o cotidiano dos educandos, os quais são utilizados como ponto de

partida para o diálogo entre professor e alunos. O objetivo central desse primeiro momento pedagógico é promover a reflexão crítica, estimular a curiosidade científica e mobilizar os saberes do dia a dia dos educandos, criando condições para a construção de novos conhecimentos (FREIRE, 1996; DELIZOICOV, 2008).

Como estratégias pedagógicas, podem ser utilizados exemplos do cotidiano, debates orientados, questionamentos problematizadores e situações-problema que evidenciem lacunas conceituais ou provoquem contradições nos conhecimentos prévios dos estudantes. Esse movimento favorece o surgimento de dúvidas genuínas e a percepção da necessidade de explicações científicas mais elaboradas, abrindo espaço para a introdução dos conteúdos curriculares situada em situações reais.

Ao articular o cotidiano à ciência, a problematização rompe com a lógica da transmissão mecânica de conteúdos e possibilita que os estudantes reconheçam os fenômenos estudados como parte de sua realidade social, ambiental e tecnológica. Essa perspectiva está em consonância com a pedagogia freireana, que compreende o ensino como um processo dialógico e investigativo, no qual o conhecimento emerge da interação crítica entre sujeitos e realidade (FREIRE, 1996; DELIZOICOV, 2008).

3.1.4 Organização do Conhecimento

Após a problematização inicial, o foco do processo educativo desloca-se para a organização do conhecimento, momento dedicado à sistematização dos conhecimentos científicos necessários à compreensão e análise dos problemas levantados na etapa anterior. Nessa fase, o professor assume o papel de mediador do processo de construção do conhecimento, orientando os estudantes na apropriação de conceitos, princípios e modelos científicos (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Para isso, podem ser empregadas diferentes metodologias, tais como aulas dialogadas, atividades experimentais, simulações computacionais, propostas investigativas e discussões orientadas, conforme apontam MOURA E ANJOS (2024). Essas estratégias favorecem a articulação entre teoria e prática, possibilitando uma compreensão mais aprofundada dos fundamentos científicos subjacentes aos fenômenos estudados.

A organização do conhecimento desempenha papel central na estruturação lógica e conceitual dos conteúdos, contribuindo para que os estudantes compreendam as relações

entre os conceitos científicos e suas aplicações práticas. Ao sistematizar o conhecimento, essa etapa contribui para a consolidação da aprendizagem significativa, conforme proposto por NOVAK E GOWIN (1984), ao permitir que novas informações sejam integradas de forma não arbitrária aos conhecimentos prévios dos alunos.

3.1.5 Aplicação do Conhecimento

O terceiro momento pedagógico corresponde à aplicação do conhecimento, fase em que os estudantes utilizam os conceitos científicos sistematizados para resolver problemas, analisar situações práticas e refletir criticamente sobre questões reais. Essa aplicação deve manter relação direta com o contexto apresentado na problematização inicial, reforçando a compreensão de que o conhecimento científico não é isolado, mas intrinsecamente vinculado à realidade social.

Nessa etapa, espera-se que os alunos mobilizem os conhecimentos construídos para interpretar fenômenos, propor soluções, avaliar implicações sociais, ambientais e tecnológicas e tomar decisões fundamentadas. Esse movimento contribui para o fortalecimento da autonomia intelectual dos estudantes e para a consolidação de uma postura crítica diante dos desafios contemporâneos.

Ao final desse processo, a aprendizagem tende a apresentar maior durabilidade e significado, uma vez que os estudantes passam a compreender a ciência como ferramenta de análise e transformação da realidade. Reafirma-se, assim, o caráter emancipador da educação defendido por FREIRE (1996), bem como por estudos recentes no campo da educação científica e ambiental (ALVES; DUARTE, 2025; GOMES SANTOS et al., 2024).

3.2 Tecnologias digitais e experimentação no Ensino de Física: panorama da literatura

No contexto contemporâneo, marcado pela crescente presença das tecnologias digitais nas práticas sociais e educacionais, a pesquisa em Ensino de Física tem aprofundado reflexões críticas acerca do uso das tecnologias no ambiente escolar. NETO (2020) apresenta um panorama teórico da literatura da área, discutindo mitos associados às supostas potencialidades das tecnologias digitais, bem como desafios relacionados à

formação docente e às condições concretas de uso das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC).

Para essa análise, o autor adota o referencial do Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo (TPACK), o que possibilita identificar componentes fundamentais envolvidos na integração das TDIC às práticas pedagógicas. Os resultados indicam que determinados mitos associados às tecnologias geram insegurança nos docentes, dificultando sua incorporação efetiva ao ensino. Por outro lado, destacam-se vantagens pedagógicas relevantes, como a possibilidade de visualizar fenômenos impossíveis ou perigosos de serem reproduzidos em sala de aula, a exemplo de simulações envolvendo radioatividade ou a propagação de vírus.

Além disso, as tecnologias digitais possibilitam o planejamento, a construção e o teste de modelos, favorecendo a interação dos estudantes com dados experimentais de modo semelhante às práticas científicas. Esse processo contribui para o desenvolvimento de habilidades como análise de dados, argumentação e colaboração, inclusive em ambientes remotos, aproximando os alunos do modo de produção do conhecimento científico.

Apesar dessas potencialidades, a consolidação de uma educação mediada por tecnologias digitais ainda representa um desafio significativo para muitos docentes. Tal dificuldade relaciona-se, em grande medida, à ausência histórica dessas tecnologias na formação inicial e continuada de professores, bem como a limitações de acesso a interfaces e softwares de aquisição de dados, frequentemente inviabilizados por custos elevados.

Nesse sentido, as TDIC devem ser compreendidas como instrumentos culturais mediadores da ação docente, cuja utilização exige intencionalidade pedagógica e articulação com objetivos conceituais claramente definidos. As dificuldades enfrentadas pelos professores evidenciam lacunas formativas e reforçam a necessidade de propostas que integrem as tecnologias digitais aos currículos da formação docente (CAVASSANI; ANDRADE; MARQUES, 2024).

3.3 O Arduino como Recurso Pedagógico Investigativo

Diante das lacunas formativas e dos desafios discutidos na literatura, a adoção de tecnologias que favoreçam a apropriação pedagógica e a integração intencional das TDIC ao ensino torna-se fundamental. Nessa direção, o Arduino destaca-se no ensino de Física por reunir características como baixo custo, acessibilidade e elevada versatilidade experimental. Segundo SOUZA (2024), a plataforma possibilita superar limitações estruturais historicamente associadas ao ensino tradicional de Física, especialmente em escolas públicas com acesso restrito a laboratórios didáticos.

A relevância do Arduino, contudo, extrapola seu aspecto técnico. A plataforma atua como instrumento mediador do processo investigativo, aproximando os estudantes das práticas científicas e incentivando a construção ativa do conhecimento. COUTINHO JÚNIOR ET AL. (2025) destacam que o Arduino estabelece uma interface direta entre sensores, programação e análise de dados, promovendo uma aprendizagem investigativa que integra teoria, prática e tecnologia de forma acessível e interdisciplinar.

Ao permitir a construção de dispositivos experimentais, a coleta automatizada de dados e a modificação de variáveis em tempo real, o Arduino cria condições para que os estudantes formulem hipóteses, analisem resultados, identifiquem inconsistências e validem modelos físicos. Assim, a experimentação deixa de assumir um caráter meramente ilustrativo e passa a configurar-se como espaço de produção de sentido e construção de explicações científicas.

Entretanto, é fundamental destacar que a coleta automatizada de dados, por si só, não garante a produção de conhecimento científico. A aprendizagem em Física exige interpretação crítica dos dados, análise de incertezas, confronto entre previsões teóricas e resultados empíricos e discussão de possíveis fontes de erro. Nesse sentido, o Arduino não substitui o raciocínio científico, mas pode atuar como mediador cognitivo, desde que integrado a atividades que estimulem reflexão, argumentação e diálogo.

SILVA E LIRA (2025) evidenciam que o uso do Arduino favorece a aprendizagem investigativa e ativa, especialmente no ensino de eletrodinâmica, ao promover interações significativas entre estudantes e professor. CHITOLINA E SANTOS (2024) reforçam que atividades experimentais mediadas por Arduino

aumentam a motivação, a persistência e a participação dos estudantes, frequentemente associadas à sensação de autoria e protagonismo.

Contudo, é necessário problematizar a relação entre motivação e aprendizagem conceitual. O engajamento inicial não garante, por si só, a compreensão profunda dos conceitos físicos envolvidos. Assim, o desafio pedagógico consiste em orientar o interesse dos estudantes para processos reflexivos e conceituais consistentes.

Nessa perspectiva, SOUZA (2024) enfatiza que o potencial pedagógico do Arduino depende de planejamento didático e de atividades alinhadas aos objetivos de aprendizagem. O professor assume, portanto, o papel de mediador epistemológico, responsável por organizar situações-problema e promover a articulação entre teoria e prática.

Além das competências científicas, o Arduino tem sido utilizado no desenvolvimento de habilidades digitais e do pensamento computacional, especialmente quando integrado a metodologias que estimulam a resolução de problemas reais, o trabalho colaborativo e a interdisciplinaridade (GARCÍA-TUDELA; MARÍN-MARÍN, 2023; SIQUEIRA; BEDIN; LIMA, 2024).

Dessa forma, o Arduino não deve ser compreendido apenas como um recurso tecnológico inovador, mas como uma ferramenta pedagógica que, sob condições didáticas adequadas, contribui para a construção de uma postura investigativa por parte dos estudantes. Quando integrado de maneira consistente ao currículo e articulado a abordagens problematizadoras e dialógicas, seu uso favorece práticas educativas mais significativas, alinhadas aos objetivos da educação científica contemporânea.

3.4 Estado da Arte

Foi realizada uma revisão sistemática com o objetivo de analisar como a plataforma Arduino e a temática da energia vêm sendo abordadas no Ensino de Física. A partir de uma análise cuidadosa da produção científica, buscou-se levantar, de forma sistemática, o maior número possível de informações confiáveis disponíveis na literatura sobre o tema investigado. O levantamento bibliográfico foi realizado no portal de Periódicos da CAPES, utilizando o termo “Arduino e energia”, no qual foram identificados 12 artigos publicados nas seguintes revistas: Revista Brasileira de Ensino

de Física (RBEF), Gestão & Sustentabilidade Ambiental (RG&SA), Revista Foco (FOCO), Revista Caribeña (RCCS), Revista Brasileira de Engenharia de Produção (BJPE), Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais (RICA), Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação (REASE), Brazilian Journal of Development (BJD), Revista Educação Pública (REP), Revista Observatório de La Economía Latino-americana (OLEL), Blucher Social Sciences Proceedings (BSSP) e Revista Contemporânea (RC).

Posteriormente, os 12 artigos encontrados foram submetidos aos seguintes critérios de exclusão:

1. Artigos que não estão relacionados ao ensino de física.
2. Artigos que utilizam a plataforma Arduino exclusivamente com fins técnicos, sem intencionalidade pedagógica ou potencial de aplicação didática no contexto do Ensino de Física.

Após a aplicação desses critérios, apenas quatro artigos mostraram-se diretamente alinhados ao foco investigativo deste estudo. Esse resultado evidencia não apenas uma lacuna quantitativa, mas, sobretudo, uma lacuna teórica e metodológica na literatura, marcada pela ausência de propostas didáticas sistematizadas que articulem o ensino de energia, o uso de tecnologias digitais e referenciais pedagógicos críticos. Tal cenário reforça a relevância e a originalidade da presente pesquisa, que se propõe a contribuir para o campo ao desenvolver uma sequência didática estruturada, articulada a fenômenos do cotidiano e pedagogicamente fundamentada.

Na tabela 2 a seguir, apresentaremos o resultado da nossa pesquisa sistemática, descrevendo o número de artigos encontrados por ano bem como, o número de artigos por revista.

Tabela 2 – Artigos encontrados na temática Arduino e energia.

Revistas	Ano				
	2021	2022	2023	2024	2025
RBEF	1				
RG&SA	1				
FOCO			1		
RCCS			1		
BJPE				1	

RICA	1				
REASE			1		
BJD				1	
REP		1			
OEL			1		
BSSP				1	
RC			1		
Número de artigos por ano					
	3	1	5	3	0
Totais					
	12				

(Fonte: elaborado pelo autor 2026))

A Tabela 3 apresenta os 3 (três) artigos que estão de acordo com os critérios mencionados anteriormente, dentro da pesquisa realizada por meio da busca do termo “Arduino e energia”, e apresentam abordagens que podem e devem ser utilizadas no ensino de física. Estes, serão analisados e utilizados como fonte de pesquisa para contribuir na produção e construção do presente trabalho.

Tabela 3 – Artigos que se enquadram nos critérios adotados

TÍTULO	AUTOR	REVISTA	ANO
(a) Parâmetros cinéticos e elétricos observados em bicicletas modificadas	BORGES, Heloiza Santos; NUNES, Lucas Mateus Coelho; NASCIMENTO, Leonardo Silva do; AMAZONAS, Jarlesson Gama.	Revista Observatório de La Economia Latino-americana	2023
(b) M.E ² .L. – Um projeto de divulgação científica sobre o consumo de	ABREU, Willian Vieira de; GOMES, Gabriela Orenbuch; PRÁ, Daniel Hafim	Revista Educação Pública	2022

energia elétrica em um ambiente escolar e na comunidade	Dal; RIBEIRO, Eduardo Sperandio.		
(c) Conceitos fundamentais sobre incidência solar e estudo de seguidores utilizando dispositivos com prototipagem livre	FILHO, Marcos Camargo Lima; ROCHA, Paulo Alexandre Costa; FERNADÉZ, Marcial Porto; PIMENTEL, Luciana Oliveira.	Revista Caribeña	2023
(d) Desenvolvimento de um sismógrafo empregando sensores piezoelétricos em plataforma Arduino	AMORIM, Cleber Alexandre de; VILLAS-BOAS, Lúcia Adriana; MORAIS, Flávio José de; MATULOVIC, Mariana.	Revista Brasileira de Ensino de Física	2021

(Fonte: elaborado pelo autor (2026))

O artigo (a) investiga a conversão de energia mecânica em energia elétrica por meio de bicicletas adaptadas, utilizando medições de grandezas físicas como tensão, corrente elétrica e potência. A proposta possibilita a discussão de conceitos relacionados às transformações de energia e à indução eletromagnética, apresentando potencial para aplicações educativas em contextos experimentais. Entretanto, o estudo não se estrutura como uma aplicação pedagógica sistematizada para o Ensino de Física.

Já o artigo (b) atua como um projeto de divulgação científica, que visa analisar e compreender o consumo de energia elétrica em um ambiente escolar. Considerando também que essa temática abordada neste artigo, vai de encontro as discussões que serão realizadas na nossa sequência didática no que se diz respeito a importância da conscientização na utilização da energia e do consumo energético.

No artigo (c), os conceitos fundamentais sobre incidência solar serão trabalhados com a plataforma Arduino, e que componentes como resistores também serão utilizados na aplicação do conhecimento em nossa sequência, servirá de fonte de estudo.

Por fim, o artigo (d) apresenta um sismógrafo empregando sensores na plataforma Arduino, que também aborda os conceitos de energia e suas transformações, além de utilizar componentes como LEDS (Diodo Emissor de Luz), que também serão vistos nos roteiros da presente sequência.

A análise dos trabalhos selecionados evidencia que, embora a plataforma Arduino seja empregada em diferentes propostas relacionadas à temática da energia, sua utilização no Ensino de Física ocorre, em geral, de maneira pontual e circunscrita a projetos específicos. Os estudos analisados concentram-se em abordagens isoladas, como a discussão do consumo de energia elétrica em contextos escolares e comunitários, a exploração de conceitos associados à incidência solar por meio de dispositivos de prototipagem livre e o desenvolvimento de instrumentos experimentais para análise de fenômenos físicos, como a construção de um sismógrafo.

Em comum, essas propostas apresentam potencial educativo e relevância conceitual, porém não se organizam como sequências didáticas sistematizadas que articulem, de forma integrada, fundamentos conceituais da Física, problematização social e experimentação mediada por tecnologias digitais. Além disso, verifica-se que o uso do Arduino, nesses trabalhos, assume predominantemente um papel instrumental ou contextual, sem explicitação de referenciais pedagógicos que orientem a mediação docente e o processo de aprendizagem. Nesse sentido, identifica-se a ausência de propostas que integrem explicitamente abordagens pedagógicas críticas, como os Três Momentos Pedagógicos, ao uso da plataforma Arduino no ensino de conceitos de energia. Tal lacuna evidencia a necessidade de investigações que ultrapassem o caráter experimental ou de divulgação científica, avançando para a construção de propostas didáticas estruturadas e pedagogicamente fundamentadas.

3.5 Educação Ambiental e Energia Sustentável

A discussão acerca do uso de tecnologias no ensino de Física adquire maior relevância quando articulada a temas socialmente significativos, como a sustentabilidade e a produção de energia. No contexto contemporâneo, marcado por desafios ambientais globais e pela urgência da transição para matrizes energéticas mais limpas e sustentáveis,

a escola assume um papel estratégico na formação de sujeitos capazes de compreender criticamente essas questões e de posicionar-se de maneira responsável diante delas.

Nessa perspectiva, a educação ambiental ultrapassa a simples transmissão de informações relacionadas à preservação do meio ambiente e passa a configurar-se como um processo formativo que integra conhecimentos científicos, valores éticos e práticas sociais. Tal abordagem amplia o papel da escola na formação cidadã, ao promover reflexões críticas sobre as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, favorecendo a construção de atitudes conscientes frente aos problemas socioambientais contemporâneos.

Ao articular conteúdos científicos à discussão sobre energia sustentável, o ensino de Física contribui para a compreensão dos impactos ambientais associados às diferentes formas de produção de energia, bem como para a análise crítica das escolhas tecnológicas que orientam o desenvolvimento da sociedade.

A formação voltada à sustentabilidade configura-se, na atualidade, como um processo que articula conhecimentos científicos, valores éticos e práticas sociais, contribuindo de maneira significativa para a formação cidadã. ALVES E DUARTE (2025) destacam que a educação para a sustentabilidade deve ir além da aquisição de informações, promovendo a compreensão crítica das inter-relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente, bem como incentivando a participação ativa dos sujeitos na transformação da realidade em que estão inseridos.

Estudos recentes indicam que a formação cidadã é fortalecida quando o ensino da sustentabilidade ocorre ancorado em problemas reais. GOMES SANTOS et al., 2024). evidenciam que atividades pedagógicas fundamentadas em problemas reais favorecem o desenvolvimento da consciência ambiental e estimulam reflexões sobre práticas de cuidado, responsabilidade socioambiental e uso racional dos recursos naturais.

Apesar dos avanços observados, ainda persistem desafios na consolidação da educação ambiental como eixo estruturante do currículo escolar. MÜLLER E SILVA (2023) apontam que, em muitas instituições de ensino, a temática ambiental permanece fragmentada, frequentemente restrita a projetos pontuais ou ações isoladas, o que limita seu potencial formativo. A efetividade da educação ambiental depende, portanto, de sua

incorporação contínua às práticas pedagógicas e de sua articulação sistemática com os conteúdos científicos desenvolvidos em sala de aula.

Nesse cenário, a integração entre experimentação, tecnologias educacionais e temas relacionados à sustentabilidade revela-se particularmente potente. Ao investigar a conversão da energia do vento em energia elétrica por meio de atividades experimentais mediadas pelo Arduino, os estudantes têm a oportunidade de compreender, de forma concreta, os fundamentos físicos envolvidos no processo de geração de energia, ao mesmo tempo em que refletem criticamente sobre os impactos ambientais e sociais associados às diferentes matrizes energéticas.

Dessa forma, a educação voltada à sustentabilidade assume um papel central na formação de sujeitos críticos, capazes de compreender, questionar e intervir de maneira consciente na realidade socioambiental. Ao articular ciência, tecnologia e valores éticos, o ensino de Física contribui para a construção de uma cidadania ambientalmente responsável, alinhada aos princípios da educação científica crítica e às demandas contemporâneas por um modelo de desenvolvimento mais sustentável.

3.6 Competências e Habilidades Articuladas ao Arduino

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orienta o currículo da Educação Básica e estabelece as competências e habilidades essenciais para a formação dos estudantes. Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o documento enfatiza a necessidade de promover uma aprendizagem investigativa, capaz de articular conhecimentos científicos, tecnológicos e sociais (BRASIL, 2018).

Para o Ensino Fundamental, a BNCC define que o ensino de Ciências da Natureza deve ir além da simples memorização de conteúdos, promovendo uma aprendizagem voltada para a compreensão do mundo. Nesse sentido, a primeira competência específica da área afirma que o estudante deve compreender as Ciências da Natureza como empreendimento humano, e o conhecimento científico como provisório, cultural e histórico (BRASIL, 2018, p. 321).

Essa orientação destaca a importância de reconhecer a ciência como uma construção humana, sujeita a transformações ao longo do tempo e influenciada por contextos sociais, culturais e históricos. Outra competência explicitada no documento estabelece que os estudantes devem compreender conceitos fundamentais e estruturas

explicativas das Ciências da Natureza, bem como dominar processos, práticas e procedimentos da investigação científica, de modo a sentir segurança no debate de questões científicas, tecnológicas, socioambientais e do mundo do trabalho (BRASIL, 2018, p. 321).

Tal diretriz evidencia a centralidade da investigação científica no processo de ensino e aprendizagem, valorizando o desenvolvimento do pensamento crítico, argumentativo e responsável.

Já no Ensino Médio, a BNCC destaca que os alunos devem compreender a ciência como um empreendimento humano, histórico e cultural, reconhecendo que o conhecimento científico é provisório e passível de reformulações. Essa perspectiva encontra fortemente alinhamento com o uso do Arduino como recurso pedagógico, uma vez que o desenvolvimento de projetos com essa plataforma possibilita aos alunos vivenciar processos reais de investigação, testagem de hipóteses, análise de erros e reformulação de soluções, características próprias da prática científica (BRASIL, 2018).

A BNCC orienta que os estudantes sejam capazes de dominar conceitos fundamentais e processos de investigação científica, utilizando-os para analisar e discutir questões científicas, tecnológicas e socioambientais. Nesse contexto, o Arduino se apresenta como uma ferramenta didática potente, pois permite a integração entre teoria e prática por meio da construção de protótipos, coleta e análise de dados, programação e automação de sistemas. Essas atividades favorecem o desenvolvimento do pensamento crítico, da autonomia intelectual e da capacidade argumentativa dos estudantes, competências centrais para a formação no Ensino Médio (BRASIL, 2018).

O documento também enfatiza a importância de analisar e explicar fenômenos naturais e tecnológicos, incluindo aqueles relacionados ao mundo digital, estabelecendo conexões com o cotidiano e com problemas reais. A utilização da plataforma Arduino no ensino de Física e demais componentes das Ciências da Natureza possibilita essa articulação ao permitir que os estudantes investiguem fenômenos como eletricidade, energia, movimento, sensores e controle de sistemas, promovendo uma aprendizagem contextualizada e interdisciplinar, em consonância com as competências gerais e específicas previstas na BNCC.

Portanto, a inserção do Arduino no Ensino Médio contribui diretamente para o desenvolvimento das competências da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ao favorecer práticas investigativas, o uso crítico de tecnologias digitais e a construção ativa do conhecimento. Assim, o ensino mediado por essa plataforma tecnológica amplia

as possibilidades pedagógicas, fortalecendo a formação científica, tecnológica e cidadã dos estudantes, conforme orienta a BNCC.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA E DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

4.1 Abordagem da Pesquisa

A sequência didática desenvolvida nesta pesquisa fundamenta-se na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), cujo referencial teórico foi discutido no capítulo anterior. Nesta seção, apresenta-se a operacionalização dessa metodologia no contexto da sala de aula, explicitando as ações pedagógicas desenvolvidas, as estratégias de mobilização dos estudantes, os instrumentos de coleta de dados e o percurso de construção conceitual ao longo do processo formativo.

A abordagem metodológica adotada privilegia o caráter investigativo, dialógico e experimental do ensino de Física, articulando o uso de tecnologias educacionais de baixo custo, com destaque para a plataforma Arduino, à problematização crítica da temática da energia eólica. Buscou-se promover uma aprendizagem ancorada em situações do cotidiano dos estudantes e alinhada aos desafios contemporâneos relacionados à sustentabilidade e à transição das matrizes energéticas.

A presente sequência didática constitui o produto educacional desta pesquisa (APÊNDICE A) de mestrado, tendo sido posteriormente sistematizada e divulgada em formato de artigo científico. Nesse artigo, descrevem-se a implementação das atividades experimentais com uso da plataforma Arduino e seus desdobramentos no ensino de Física, em uma abordagem investigativa e integrada ao contexto de vida dos estudantes (OLIVEIRA, A H. C. de; OLIVEIRA, E. L. de; MARTINS, R. C. G.; MEDEIROS, L. D. da S.; SANTOS, A. M. Desenvolvimento de um recurso didático para o ensino de física utilizando um gerador eólico baseado em plataforma Arduino. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, v. 21, n. 1, 2026.).

4.2 Contexto e Participantes

A aplicação da sequência didática ocorreu em uma escola localizada no interior do estado do Rio Grande do Norte, no município de Itaú, situado a aproximadamente 362 km da capital Natal, com população estimada em 5.320 habitantes.

A Escola Estadual em Tempo Integral Francisco de Assis Pinheiro assumiu, de forma pioneira no município, a implantação do modelo de Escola em Tempo Integral, inspirado em uma proposta educacional desenvolvida no estado de Pernambuco. Essa concepção pedagógica compreende a educação como um processo voltado ao desenvolvimento integral dos sujeitos, contemplando dimensões intelectuais, físicas, emocionais, sociais e culturais, e entende a escola como um projeto coletivo, construído com a participação de estudantes, famílias, educadores, gestores e da comunidade local.

Atualmente, a instituição atende oito turmas, sendo cinco na modalidade Ensino Médio Integral e três na modalidade Ensino Médio Potiguar, no turno noturno. Destaca-se que esta é a única escola de ensino médio do município, o que evidencia sua relevância social e educacional para a região.

O produto educacional foi aplicado em uma turma da 2ª série A do Ensino Médio Integral, composta por 33 estudantes, sendo 24 do sexo feminino e 9 do sexo masculino, com idades entre 16 e 18 anos. Apenas um estudante reside na zona rural, enquanto os demais moram na zona urbana do município.

4.3 Instrumentos de Coleta de Dados

Foram utilizados diferentes instrumentos de coleta de dados, com o objetivo de acompanhar a evolução conceitual dos estudantes e analisar a forma como mobilizaram conhecimentos científicos ao longo das atividades desenvolvidas. O corpus de análise desta pesquisa é constituído por:

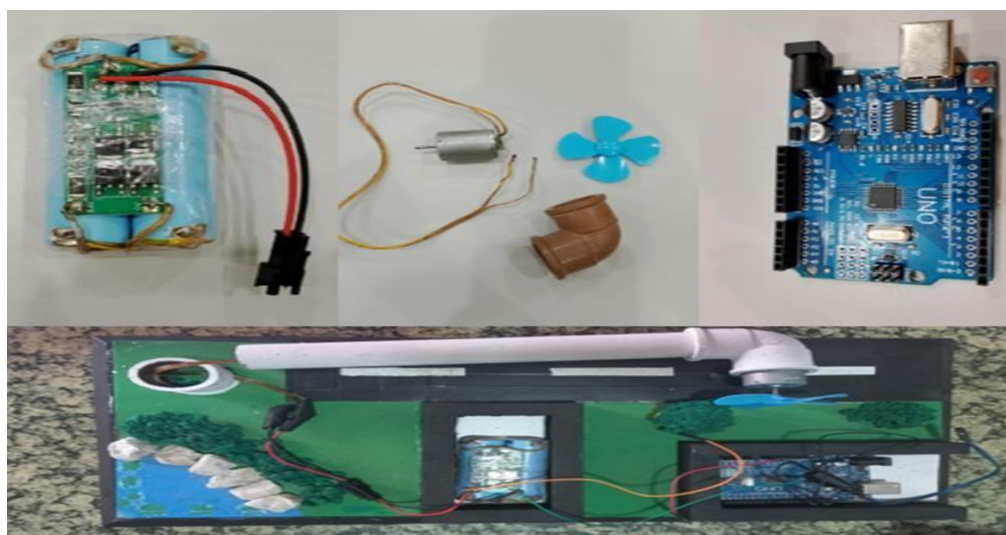
- Mapas conceituais elaborados no início e ao final da sequência didática;
- Questionário diagnóstico, composto por questões abertas sobre energia eólica e conceitos básicos de eletricidade;
- Registros escritos produzidos pelos estudantes durante as atividades experimentais;
- Questionário reflexivo final, abordando compreensões relacionadas à ciência, tecnologia e sustentabilidade;
- Observações do professor-pesquisador, registradas em diário de campo.

A triangulação desses dados possibilitou analisar não apenas os avanços conceituais, mas também aspectos relacionados ao engajamento, à argumentação e à autonomia dos estudantes ao longo do processo formativo.

4.4 Recursos Utilizados

A implementação da proposta demandou recursos materiais e tecnológicos acessíveis, compatíveis com a realidade da escola pública. Entre os principais recursos utilizados destacam-se: maquete didática de aerogerador, ventilador, *protoboard*, resistores, LEDs, multímetro, kit Arduino Uno, computador com a plataforma Arduino IDE e materiais para registro dos dados experimentais. A maquete do aerogerador, integrada à plataforma Arduino, constituiu o ambiente experimental da sequência didática, funcionando como um laboratório didático no qual foram realizadas medições de grandezas elétricas. Esse arranjo experimental possibilitou a coleta de dados de tensão elétrica e corrente em tempo real, bem como a análise do comportamento do sistema gerador sob diferentes condições de funcionamento. O conjunto experimental, aerogerador, circuito elétrico e plataforma Arduino, é apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Laboratório didático construído a partir de uma maquete de aerogerador integrada à plataforma Arduino



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Os recursos foram selecionados de modo a favorecer a experimentação de baixo custo, e na visualização dos fenômenos físicos envolvidos visando uma aproximação dos estudantes com situações reais de conversão de energia eólica em energia elétrica.

4.5 Estrutura Geral da Sequência Didática (SD)

A Tabela 4 apresenta a sequência didática que foi organizada em cinco encontros, cada um com duração de 140 minutos, estruturados para promover um percurso progressivo de aprendizagem. As atividades iniciaram-se com a problematização da temática da energia eólica, avançaram para a construção conceitual mediada pelo minigerador eólico e culminaram na realização de medições experimentais com o uso do Arduino.

Tabela 4 – Estrutura da Sequência Didática

Encontros	Conteúdo	Objetivo	Duração
Aula 01	Introdução ao Conceito de Energia e Problematização	✓ Apresentar o tema por meio de um vídeo. ✓ Realizar uma discussão sobre a temática. ✓ Construir um mapa conceitual.	140 min
Aula 02	Conhecimentos Prévios e Debate	✓ Identificar concepções iniciais; registrar hipóteses e equívocos; sistematização diagnóstica	140 min
Aula 03	Transformação de Energia utilizando o Arduíno	✓ Demonstrar a transformação de energia. ✓ Explicar o funcionamento de um parque eólico.	140 min
Aula 04	Voltagem, amperagem e resistência	✓ Medições experimentais com Arduino; análise de circuitos	140 min

Aula 05	Reflexão Crítica e Conscientização sobre Energias Renováveis	✓ Promover uma reflexão crítica sobre os resultados dos experimentos e o papel das energias renováveis na sociedade contemporânea. ✓ Avaliar os conceitos físicos e discussões realizadas ao longo de toda sequência. ✓ Mapa conceitual final e registro reflexivo	140 min
---------	--	--	---------

(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

4.6 Desenvolvimento da Sequência Didática Segundo os Três Momentos Pedagógicos

Nesta seção, descreve-se a implementação prática de cada um dos Três Momentos Pedagógicos, respeitando a lógica metodológica proposta por Delizoicov, Angotti e Pernambuco.

4.6.1 Investigação Inicial

A Investigação Inicial ocorreu principalmente nas Aulas 01 e 02, tendo como foco mobilizar conhecimentos iniciais, despertar curiosidade e problematizar a temática da energia eólica e da sustentabilidade

a) Uso de vídeo como disparador temático

A aula teve início com a exibição de um vídeo do canal *Manual do Mundo*, que aborda o funcionamento dos aerogeradores. Esse recurso audiovisual foi selecionado com a finalidade de aproximar o fenômeno da realidade cotidiana dos estudantes, fornece suporte visual para a identificação dos principais componentes das turbinas e estimular questionamentos sobre funcionamento, eficiência e impactos socioambientais.

Durante a exibição, os estudantes foram orientados a registrar aspectos que chamassem sua atenção, tanto conceituais quanto relacionados às aplicações sociais da tecnologia.

b) Perguntas problematizadoras

- Após a exibição do vídeo, desenvolveu-se um diálogo mediado por questões problematizadoras, tais como:
- De onde vem a energia que movimenta as pás das turbinas?
- Se o vento é uma fonte renovável, por que nem toda a sua energia pode ser aproveitada?
- Quais impactos positivos e negativos podem ser associados aos parques eólicos?
- Por que a energia eólica apresenta crescimento significativo na região Nordeste?

Essas questões tiveram a função de provocar reflexões iniciais, explicitar lacunas conceituais e evidenciar concepções espontâneas dos estudantes.

c) Mapa conceitual inicial

Cada estudante elaborou individualmente um mapa conceitual sobre o tema “energia eólica”. Esse instrumento cumpriu funções diagnósticas e comparativas, permitindo identificar concepções prévias e subsidiar a análise da evolução conceitual ao final da sequência didática.

d) Questionário diagnóstico

Na Aula 02, aplicou-se um questionário composto por oito questões abertas, voltadas à identificação das concepções iniciais dos estudantes acerca da energia renovável, impactos socioambientais, potencial brasileiro para a energia eólica e limitações dessa matriz energética. Após o preenchimento individual, as respostas foram discutidas em pequenos grupos e posteriormente sistematizadas coletivamente em um mural organizado em quatro dimensões: física, social, ambiental e tecnológica, orientando a transição para o segundo momento pedagógico.

4.6.2 Organização do Conhecimento

A Organização do Conhecimento concentrou-se na sistematização dos conceitos científicos necessários à compreensão da conversão da energia mecânica do vento em energia elétrica. As concepções prévias identificadas na investigação inicial foram

retomadas e ressignificadas à luz dos fundamentos científicos, como energia cinética, indução eletromagnética, tensão elétrica, corrente elétrica e resistência.

A construção conceitual ocorreu de forma articulada ao uso do minigerador eólico didático, possibilitando a visualização direta de fenômenos como a rotação das pás, a variação da luminosidade do LED e o comportamento do circuito elétrico. Também foram discutidos fatores que influenciam a eficiência do processo de geração elétrica, incluindo intensidade do vento, perfil aerodinâmico das pás, perdas mecânicas e elétricas e as limitações impostas pelo Teorema de Betz.

a) Conceitos trabalhados

Foram discutidos e construídos coletivamente os seguintes conceitos:

- **Voltagem (tensão elétrica):** diferença de potencial gerada pelo movimento das pás.
- **Corrente elétrica:** fluxo de cargas induzido pela rotação do gerador.
- **Resistência elétrica:** oposição à passagem de corrente nos circuitos demonstrados.
- **Conversão de energia:** a energia cinética do vento $\rightarrow$ energia mecânica do rotor $\rightarrow$ energia elétrica gerada.

As discussões foram continuamente articuladas ao uso do minigerador eólico didático, permitindo que os estudantes visualizassem fenômenos essenciais, como a rotação das pás, o acionamento do LED, a variação de luminosidade em função da intensidade ou direção do vento e o papel desempenhado pelos componentes básicos do sistema (eixo, bobina, ímã, resistor, LED e Arduino). Essa abordagem possibilitou relacionar diretamente os princípios físicos discutidos com situações reais de conversão energética.

Além disso, foram discutidos fatores que influenciam a eficiência do processo de geração elétrica, incluindo o perfil aerodinâmico das pás, a intensidade do vento, as limitações impostas pelo Teorema de Betz e as perdas mecânicas e elétricas presentes no sistema. Assim, o minigerador atuou como um laboratório didático, estabelecendo uma

ponte concreta entre teoria e prática e favorecendo a compreensão integrada do conceito de conversão de energia.

4.6.3 Aplicação do Conhecimento

A Aplicação do Conhecimento constituiu uma etapa central da sequência didática, permitindo aos estudantes mobilizar, testar e ressignificar os conceitos sistematizados anteriormente por meio da experimentação com Arduino, da análise de dados e da interpretação crítica dos resultados.

Foram realizados experimentos de medição de tensão, corrente e resistência elétrica, seguidos da construção e análise de gráficos. As atividades foram orientadas por roteiros estruturados, tabelas de registro e questões analíticas, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio científico e da argumentação baseada em evidências.

A etapa final contemplou uma síntese crítica, composta por roda de conversa mediada, elaboração de mapa conceitual final e registro reflexivo individual. Essas atividades permitiram consolidar a aprendizagem, evidenciar avanços conceituais e promover reflexões sobre o papel da energia eólica nos contextos científico, tecnológico, social e ambiental.

a) Medições experimentais com Arduino

Experimento 1 – Medição de voltagem: os estudantes montaram um circuito simples com LED e resistor, utilizando o Arduino como voltímetro digital. As leituras de tensão foram comparadas em diferentes intensidades de vento, permitindo relacionar a variação da voltagem às mudanças no comportamento do minigerador.

Experimento 2 – Investigação da resistência: foram utilizados resistores de diferentes valores, possibilitando a medição de tensão e corrente em cada configuração. A partir desses dados, os alunos calcularam experimentalmente a resistência elétrica e compararam os resultados obtidos com os valores nominais dos componentes, discutindo fontes de discrepância.

Experimento 3 – Medição de corrente: introduziu-se um resistor shunt no circuito, permitindo a leitura indireta da corrente pelo Arduino. Com base nas medições, os estudantes analisaram a relação entre corrente e tensão à luz da Lei de Ohm, fortalecendo

a compreensão da dinâmica dos circuitos e de sua aplicação em sistemas de geração elétrica.

Para orientar o trabalho dos estudantes, cada atividade experimental foi acompanhada por um conjunto de materiais estruturados: um roteiro impresso com o passo a passo dos procedimentos, tabelas para registro sistemático dos dados, esquemas de montagem dos circuitos e um conjunto de questões analíticas destinadas à interpretação dos resultados.

b) Discussão e interpretação dos resultados

A discussão coletiva orientou-se por questões centrais, tais como: Quais variáveis exercem maior influência na geração elétrica? Por que alguns resultados diferem das previsões teóricas? De que maneira os dados obtidos se relacionam com o funcionamento de aerogeradores reais? Esse momento foi fundamental para consolidar o raciocínio científico dos estudantes, permitindo-lhes interpretar criticamente os resultados, compreender limitações experimentais e estabelecer conexões significativas entre o modelo didático e os sistemas eólicos utilizados em escala real.

c) Síntese crítica (Aula 05)

A última aula contemplou três atividades integradas.

1. **Roda de conversa mediadora:** promoveu uma retomada crítica das aprendizagens construídas ao longo da sequência, articulando os experimentos realizados às discussões sobre o papel da energia eólica no contexto social, tecnológico e ambiental.
2. **Mapa conceitual final:** os estudantes organizaram os conceitos estudados, agora estabelecendo conexões entre teoria, prática experimental e dimensões socioambientais. Esse produto permitiu comparar o avanço conceitual em relação ao mapa elaborado na primeira aula.
3. **Registro reflexivo individual:** consistiu no preenchimento de um questionário composto por questões abertas, elaborado para estimular a produção de respostas argumentativas. Nessa atividade, os estudantes mobilizaram os conhecimentos

científicos construídos ao longo da sequência para interpretar criticamente o papel social da energia eólica, suas implicações para a sustentabilidade e seus desdobramentos no contexto contemporâneo.

O desenvolvimento da sequência didática, estruturado segundo os Três Momentos Pedagógicos, possibilitou articular de forma contínua e intencional as concepções prévias dos estudantes, a sistematização conceitual e a experimentação prática. Esse encadeamento metodológico favoreceu uma aprendizagem progressiva, crítica e contextualizada, contribuindo para a compreensão dos fundamentos físicos da energia eólica e de seus desdobramentos socioambientais.

CAPÍTULO 5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados revelou avanços em diferentes dimensões formativas, incluindo a evolução da compreensão conceitual, o desenvolvimento de habilidades investigativas, a materialização de conceitos físicos tradicionalmente abstratos, a apropriação do raciocínio experimental, com a compreensão do erro como elemento constitutivo da prática científica, e o engajamento dos estudantes ao longo da sequência didática.

Esses resultados, obtidos a partir da triangulação de diferentes instrumentos de coleta de dados, são apresentados e discutidos de forma integrada nas seções a seguir, em consonância com os objetivos da pesquisa e com os referenciais teóricos que fundamentam a proposta pedagógica.

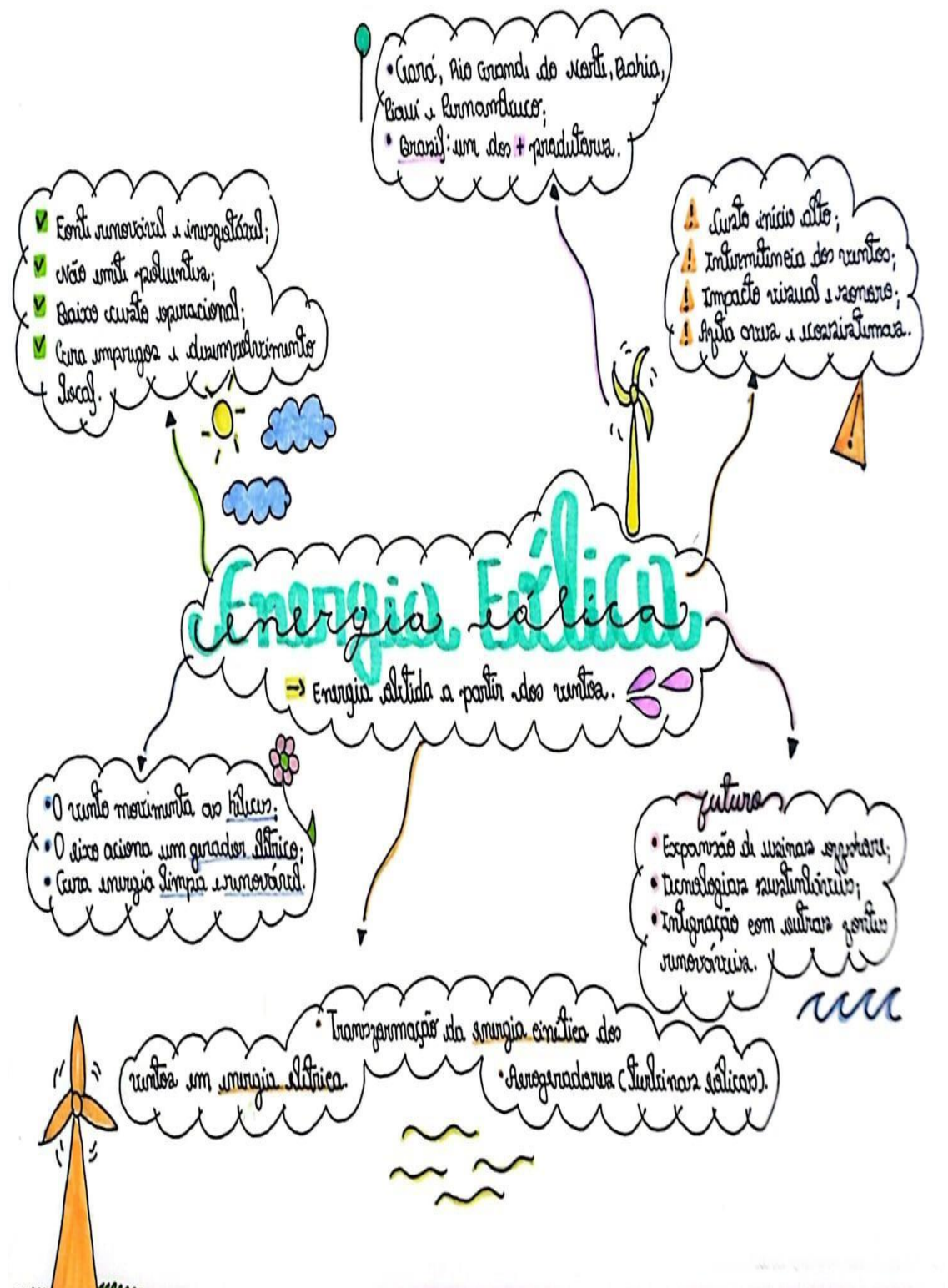
5.1 Evolução da Compreensão Conceitual

Os resultados indicam que, ao longo da sequência didática, os estudantes passaram a compreender a geração de energia elétrica como um processo de transformação da energia cinética do vento, superando concepções iniciais associadas à ideia de “criação” ou “produção direta” de energia. Essa mudança conceitual foi evidenciada por diferentes fontes de dados, incluindo as discussões coletivas, os mapas conceituais elaborados ao longo da sequência, as respostas aos questionários e a interpretação dos dados experimentais obtidos com o uso do Arduino.

A comparação entre os mapas conceituais produzidos no início e ao final da sequência revelou mudanças estruturais significativas na organização do conhecimento. As figuras 6 e 7 apresentam os mapas conceituais, inicial e final, elaborados por um mesmo estudante. No mapa inicial (figura 6) nota-se a predominância de conceitos apresentados de forma isolada, com poucas conexões estabelecidas entre eles e ausência de relações causais explícitas relacionadas ao processo de transformação do movimento do vento em energia elétrica por meio do sistema eólico. Em contraste, o mapa conceitual final (Figura 7) evidencia uma reorganização significativa da estrutura conceitual do estudante, com a explicitação das funções dos componentes do aerogerador e da relação entre movimento mecânico e geração de energia elétrica com dimensões sociais, ambientais e econômicas. Essa reorganização indica um avanço na compreensão dos

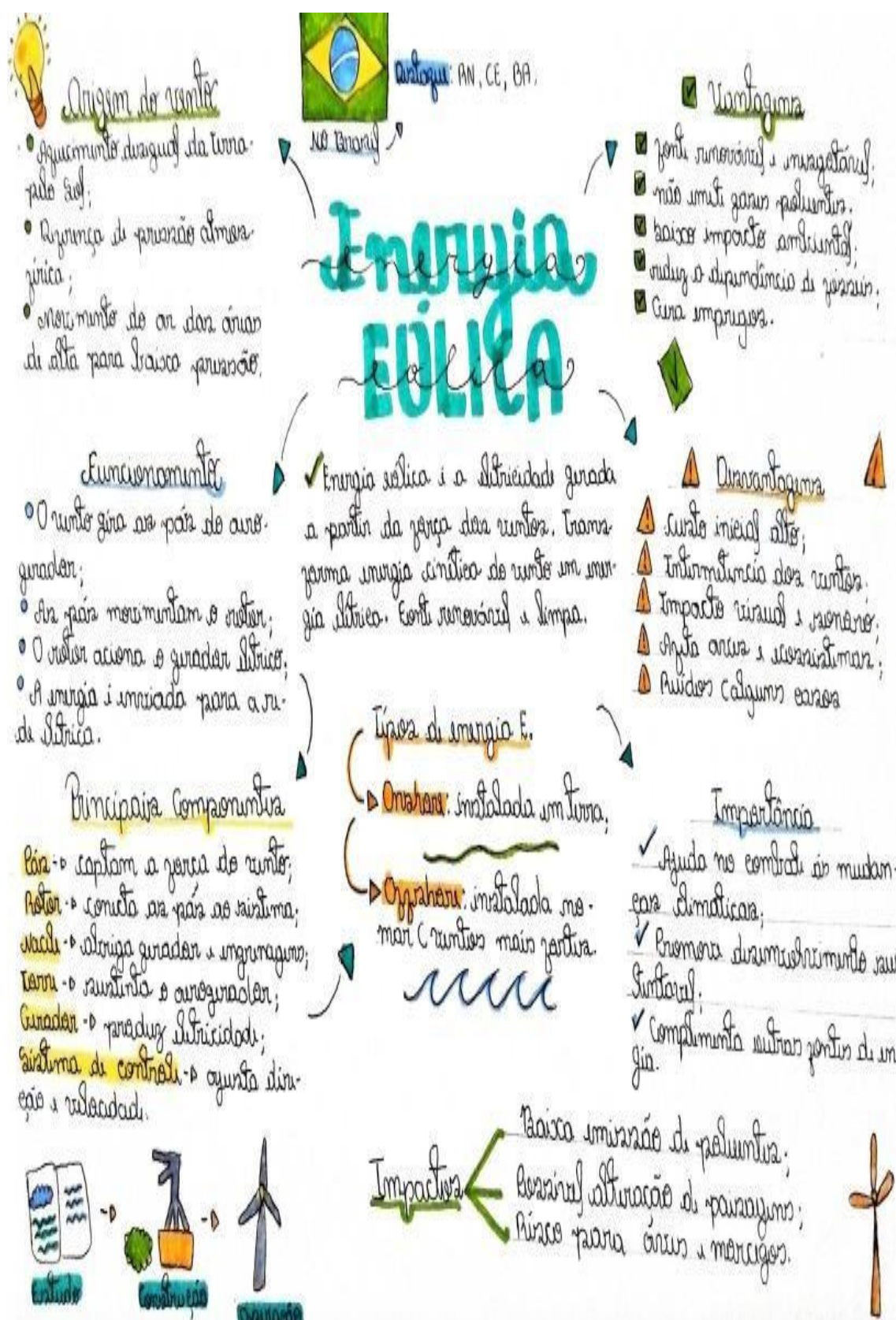
processos físicos envolvidos, bem como a integração de conceitos anteriormente trabalhados de forma fragmentada.

Figura 6 – Mapa conceitual inicial



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Figura 7 – Mapa conceitual final



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Para avaliar e qualificar os mapas mentais produzidos pelos estudantes, a análise considerou o nível predominante de elaboração conceitual presente em cada produção. Assim, cada mapa foi associado ao nível de maior complexidade identificado em sua organização conceitual. Para essa classificação, estabeleceram-se quatro níveis de análise com as seguintes características:

- Nível 0: lista de palavras sem relações.
- Nível 1: algumas ligações, mas sem causalidade.
- Nível 2: relações causais físicas (vento → rotação → geração) presente se maior aumento de densidade argumentativa.
- Nível 3: além das relações físicas, integra CTS (sustentabilidade, impactos, economia)

A Tabela 5 apresenta a distribuição dos estudantes nos diferentes níveis de elaboração conceitual dos mapas mentais, considerando tanto as produções iniciais (pré) quanto os mapas elaborados ao final da sequência didática (pós). Os dados permitem observar possíveis avanços na organização conceitual e na articulação entre os conhecimentos relacionados à energia eólica ao longo da intervenção pedagógica.

Tabela 5 – Distribuição dos estudantes por nível

NÍVEL	MAPAS MENTAIS INICIAS	MAPAS MENTAIS FINAIS
0	7	1
1	16	5
2	8	14
3	2	13

(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

A análise da Tabela 5 evidencia uma redução expressiva nos níveis mais elementares e um aumento significativo nos níveis 2 e 3. O nível 0 passou de 7 para 1 estudante, enquanto o nível 1 reduziu de 16 para 5 estudantes. Em contrapartida, o nível 2 aumentou de 8 para 14 estudantes, evidenciando maior capacidade de estabelecer

relações causais entre os fenômenos físicos, como velocidade do vento, movimento das pás e produção de energia elétrica no sistema. O avanço mais significativo ocorreu no nível 3, que passou de 2 para 13 estudantes, demonstrando que os alunos passaram a integrar, além dos aspectos físicos, discussões relacionadas à sustentabilidade, impactos ambientais, questões sociais e econômicas associadas à energia eólica.

Essa progressão também se manifestou nas falas dos estudantes durante as discussões coletivas, registradas no diário de campo, como: *“a energia não está sendo criada, ela vem do vento e está sendo transformada”* (Estudante 12) e *“quanto maior a quantidade de vento, maior será a energia cinética e maior a eletricidade gerada”* (Estudante 7). Essas manifestações indicam a apropriação de princípios fundamentais relacionados à conservação e à transformação da energia, centrais para a compreensão da geração eólica.

De forma complementar, os avanços conceituais observados ao longo da sequência didática também se manifestaram nas respostas dos estudantes aos questionários aplicados. A análise qualitativa das produções permitiu identificar concepções recorrentes relacionadas à geração de energia eólica, aos processos de transformação de energia e aos conceitos científicos associados ao tema.

Com base nas respostas do questionário diagnóstico, foram definidas quatro categorias de análise para compreender as concepções prévias e acompanhar as transformações conceituais desenvolvidas durante a intervenção pedagógica:

- C1: Energia eólica “cria” energia ou produz energia “do nada”.
- C2: Compreensão direta da transformação do vento em eletricidade, sem mediações mecânicas.
- C3: Compreensão simplificada das condições de instalação de parques eólicos.
- C4: Compreensão parcial dos impactos associados à energia eólica.

Para fins de sistematização dos dados qualitativos, cada resposta foi associada à categoria conceitual predominante identificada na produção discursiva do estudante. Com base nessa organização analítica, as respostas dos questionários foram transcritas para melhor visualização e interpretação dos dados. Em alguns casos, realizaram-se adequações ortográficas mínimas, preservando-se o conteúdo e a intencionalidade das

produções escritas dos participantes. A Tabela 6 apresenta respostas representativas das categorias conceituais identificadas no questionário inicial.

Tabela 6 – Respostas representativas das categorias conceituais identificadas no questionário diagnóstico

CATEGORIAS	ESTUDANTE	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
C1 - Energia eólica “cria” energia ou produz energia “do nada”.	E4	São energias que podem ser criadas de outras energias, sem causar impactos na natureza.
C2 - Compreensão direta da transformação do vento em eletricidade, sem mediações mecânicas.	E19	São fontes de energia obtidas a partir de recursos naturais com menores impactos, como por exemplo a energia eólica que é transformada diretamente do vento para eletricidade.
C2 - Compreensão direta da transformação do vento em eletricidade, sem mediações mecânicas.	E14	Ao girar rapidamente hélices de sistemas elétricos, podemos transformar o vento em eletricidade.
C2 - Compreensão direta da transformação do vento em eletricidade, sem mediações mecânicas.	E8	A energia eólica é a energia criada a partir do movimento das pás de uma turbina.
C3 - Compreensão simplificada das condições	E31	Sim, porque no nosso estado tem muito vento, o

de instalação de parques eólicos.		que facilita o giro das hélices gerando muita energia elétrica.
C3 - Compreensão simplificada das condições de instalação de parques eólicos.	E27	Como nosso estado é repleto de praias, é comum vermos os aerogeradores pois são ideais em zonas litorâneas.
C4 - Compreensão parcial dos impactos associados à energia eólica.	E20	As instalações das turbinas podem causar problemas auditivos nas pessoas que moram na região.
C4 - Compreensão parcial dos impactos associados à energia eólica.	E33	A instalação dos aerogeradores tem interferido no habitat natural das espécies que estão nessas regiões, pois é realizado desmatamento.

(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Observa-se a presença de conhecimentos prévios relevantes, porém ainda marcados por simplificações conceituais e por explicações parciais dos fenômenos físicos envolvidos. As respostas transitam desde a ideia de que a energia pode ser “criada do nada” (C1), passando por compreensões iniciais do processo de transformação do vento em eletricidade, ainda sem explicitação das mediações mecânicas (C2), até generalizações sobre as condições favoráveis para a instalação de parques eólicos, associando ventos e regiões litorâneas (C3). Também se identifica uma percepção inicial dos impactos ambientais e sociais, como ruído e interferência no habitat natural (C4).

De modo geral, constata-se que a maioria dos estudantes ainda não compreendia de forma consistente as condições necessárias para a instalação de parques eólicos, embora reconhecessem a presença de ventos na região Nordeste. Além disso, não demonstravam domínio detalhado sobre a função dos componentes dos aerogeradores e

sua importância no processo de transformação de energia. Nota-se, ainda, que a compreensão dos impactos associados à implantação desses empreendimentos se concentrava predominantemente em aspectos sociais, com menor atenção aos impactos ambientais e sistêmicos.

Dando continuidade à análise, passou-se à interpretação das respostas produzidas no questionário final, buscando identificar indícios de ampliação conceitual relacionados aos conteúdos trabalhados ao longo da sequência didática. Para essa etapa, consideraram-se os seguintes aspectos centrais:

- A1: “Transformação de energia: vento (cinética) → mecânica → elétrica”
- A2: Relação qualitativa: mais vento → maior rotação → maior tensão/corrente (com limites)
- A3: Compreensão geral de grandezas físicas e limitações do sistema experimental.
- A4: Reconhecimento de variações experimentais e limitações dos componentes.

A Tabela 7 apresenta respostas dos estudantes de acordo com os aspectos identificados.

Tabela 7 – Respostas representativas dos aspectos conceituais identificados no questionário final

ASPECTO	ESTUDANTE	TRANSCRIÇÃO DA RESPOSTA
A1 - Transformação de energia: vento (cinética) → mecânica → elétrica.	E4	O vento que chega aos aerogeradores faz girar as hélices da turbina, gerando um movimento de rotação no gerador que está presente no sistema, ocorre a variação do campo magnética que gera a energia elétrica. Logo, percebemos que a energia

		cinética do vento se transforma em energia mecânica do sistema e depois em energia elétrica.
A1 - Transformação de energia: vento (cinética) → mecânica → elétrica.	E19	Os ventos que passam pelos os aerogeradores aciona as pás das turbinas, o que vai gerar um movimento de rotação, e no gerador, a partir do fenômeno de indução, será gerada a energia elétrica.
A2 - Relação qualitativa: mais vento → maior rotação → maior tensão/corrente (com limites).	E14	As aulas práticas junto as discussões contribuíram bastante. Na parte prática, foi importante para entender melhor as grandezas físicas relacionadas a conversão de energia, e também na relação quanto maior o vento, maior a rotação o que vai gerar maior energia mecânica, e consequentemente mais energia gerada.
A3 - Compreensão geral de grandezas físicas e limitações do sistema experimental.	E20	A relação entre as grandezas físicas estudadas durante a prática, podemos ver também as implicações

		e limitações dos componentes.
A4 - Reconhecimento de variações experimentais e limitações dos componentes.	E33	Apesar de algumas medidas obtidas nas atividades práticas variarem devido as limitações dos componentes conectados ao Arduino, podemos relacionar as grandezas estudadas e analisadas na atividade, o que nos ajudou a entender melhor o conteúdo.

(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

A análise da Tabela 7 evidencia indícios de ampliação conceitual após a sequência didática, sobretudo no que se refere à compreensão do processo de transformação de energia e à articulação entre os aspectos teóricos e experimentais. Nos aspectos A1 e A2, identifica-se que os estudantes passaram a descrever de forma mais consistente a cadeia de conversão da energia eólica (vento → energia mecânica → energia elétrica), bem como a estabelecer relações qualitativas entre a intensidade do vento, a rotação das pás e a energia gerada.

No aspecto A3, identifica-se ainda uma compreensão mais geral das grandezas físicas e das limitações do sistema experimental, sem detalhamento da separação entre tensão, corrente e resistência. Já no aspecto A4, as respostas indicam o reconhecimento das variações nas medidas como parte inerente do processo experimental, associadas às limitações dos componentes utilizados, o que sinaliza uma aproximação inicial com a noção de erro experimental. De modo geral, os dados sugerem uma reorganização da estrutura cognitiva dos estudantes, com maior coerência conceitual e integração entre fenômenos físicos e atividades práticas.

5.2 Desenvolvimento de Habilidades Investigativas e Interpretação de Dados Experimentais

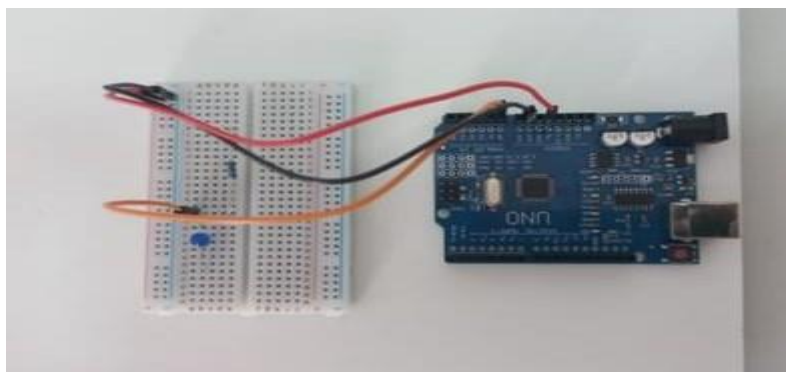
Após a análise dos mapas mentais iniciais e finais, bem como dos questionários aplicados antes e depois da sequência didática, esta seção passa a discutir os resultados obtidos durante as atividades experimentais desenvolvidas ao longo da intervenção pedagógica. A análise concentra-se nas medidas realizadas pelos estudantes, nos registros presentes nas fichas experimentais e nas interpretações elaboradas pelos grupos durante a execução dos experimentos.

Os dados evidenciam avanços significativos no desenvolvimento de habilidades investigativas, especialmente no que se refere à formulação de hipóteses, à coleta sistemática de dados, à análise comparativa e à elaboração de conclusões fundamentadas em evidências experimentais. Essas dimensões foram analisadas a partir das fichas de registro experimental preenchidas pelos grupos, nas quais os estudantes registraram hipóteses iniciais, observações durante as medições, valores numéricos obtidos e conclusões interpretativas.

No Experimento I, destinado à medição da tensão elétrica, os estudantes montaram um circuito simples composto por um LED e um resistor, utilizando o Arduino como voltímetro digital para medir a diferença de potencial entre pontos previamente definidos do circuito (Figura 8).

Para cada medição, foram realizadas três leituras consecutivas de tensão elétrica, com o objetivo de reduzir flutuações instantâneas e aumentar a confiabilidade dos dados obtidos.

Figura 8 – Experimento I

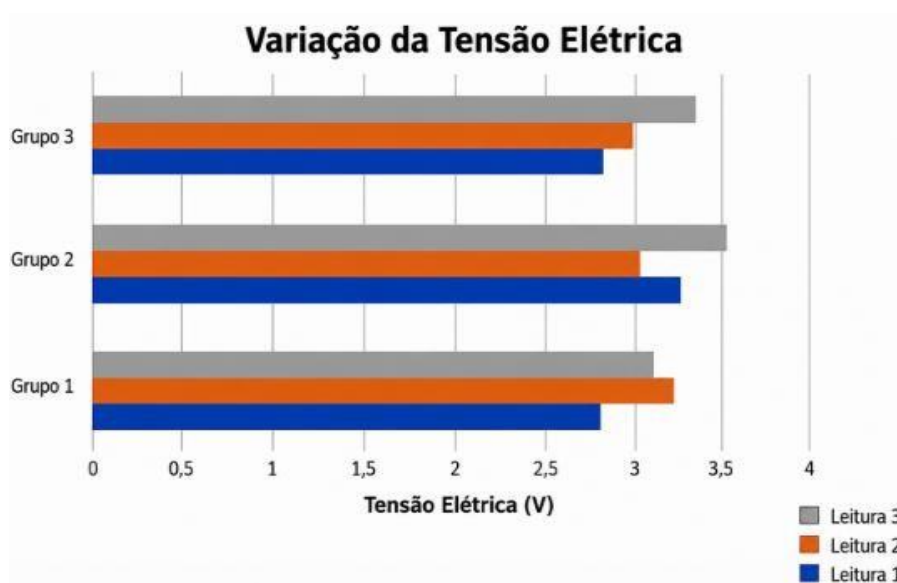


(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Os valores registrados pelos diferentes grupos são apresentados no Gráfico 1, que permite uma comparação visual direta entre as três leituras realizadas por cada grupo, bem como entre os diferentes grupos analisados. Nota-se baixa dispersão entre os valores medidos, indicando boa estabilidade experimental durante a realização das medições.

Cabe destacar que todos os grupos realizaram o experimento sob as mesmas condições iniciais, utilizando a tensão de alimentação de 5 V fornecida pela placa Arduino e seguindo o mesmo roteiro experimental, contidos no APENDÍCE A, referente à Atividade Experimental I. Além disso, considerando que o LED utilizado foi da cor azul, cuja faixa típica de tensão de operação situa-se entre 3,0 e 3,5 V, nota-se que a maior parte dos valores obtidos permaneceu próxima aos valores esperados teoricamente.

Gráfico 1 - Variação da tensão elétrica medida pelo Arduino ao longo de leituras sucessivas



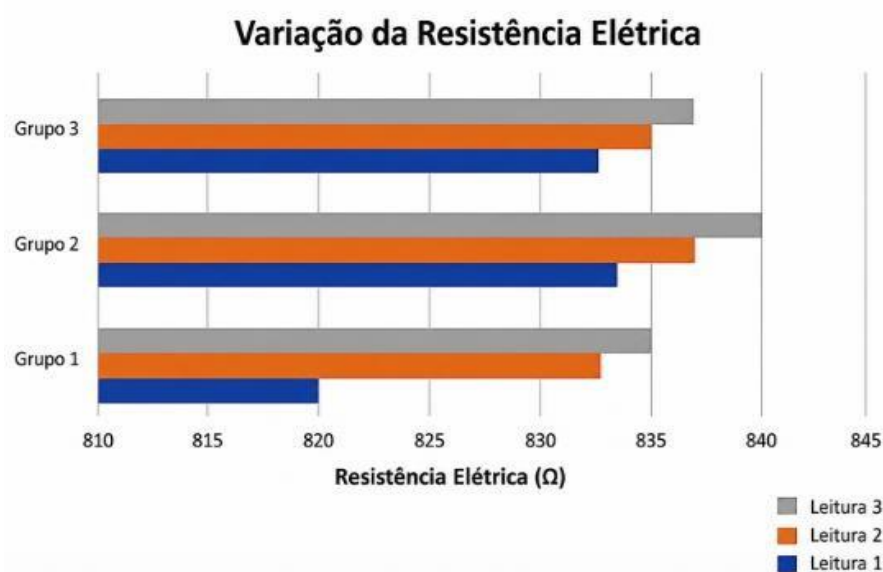
(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Nesta atividade experimental, os estudantes passaram a compreender a tensão elétrica como uma grandeza mensurável associada à distribuição de energia no circuito, superando uma abordagem exclusivamente qualitativa do fenômeno. As conclusões registradas nas fichas evidenciam a relação estabelecida entre os valores de tensão medidos, o funcionamento do LED e a ocorrência de queda de tensão nos componentes do circuito. O acendimento do LED foi interpretado pelos estudantes como um indicativo

da existência de diferença de potencial suficiente para o funcionamento do circuito, favorecendo a articulação entre observação empírica e explicação conceitual.

No Experimento II, os estudantes determinaram experimentalmente o valor de uma resistência elétrica desconhecida por meio da montagem de um circuito divisor de tensão, no qual o resistor investigado foi associado em série a um resistor de valor conhecido e alimentado por uma fonte de tensão constante. Inicialmente, realizou-se a medição da diferença de potencial em um ponto específico do circuito, correspondente à tensão elétrica em um dos resistores. A partir dos valores obtidos experimentalmente, os estudantes calcularam indiretamente a resistência desconhecida utilizando relações matemáticas fundamentadas na Lei de Ohm e no princípio de funcionamento do divisor de tensão.

Gráfico 2 - Valores de resistência elétrica determinados experimentalmente pelos grupos a partir do circuito divisor de tensão



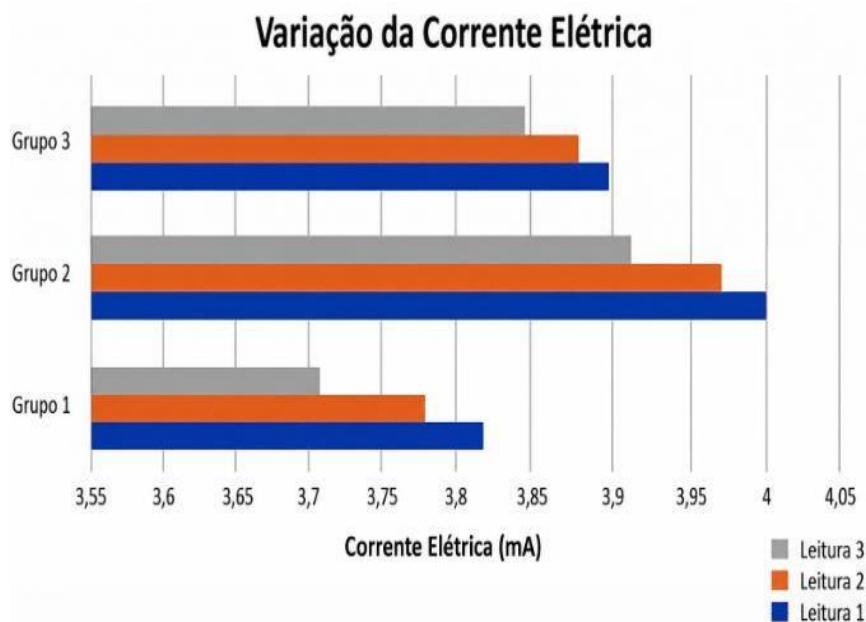
(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Os valores obtidos pelos diferentes grupos são apresentados no Gráfico 2, permitindo a comparação entre as três leituras realizadas em cada grupo. Os resultados permaneceram próximos do valor nominal do resistor utilizado (820 Ω), variando entre 820 Ω e 840 Ω . O Grupo 2 apresentou o maior valor registrado (840 Ω na Leitura 3), enquanto o Grupo 1 apresentou a maior variação entre as leituras. Apesar dessas diferenças, observou-se baixa dispersão nos dados, indicando consistência experimental. Diante dessas discrepâncias, os estudantes passaram a analisá-las considerando fatores

físicos e instrumentais, como a tolerância dos resistores, a resistência dos fios de conexão, oscilações nas leituras de tensão e limitações do sistema de aquisição de dados do Arduino. A análise desses fatores favoreceu a interpretação crítica dos resultados experimentais pelos estudantes, aproximando-os de práticas investigativas próprias da atividade científica.

O Gráfico 3 apresenta os valores de corrente elétrica obtidos pelos diferentes grupos durante a atividade experimental. Os valores situaram-se aproximadamente entre 3,7 e 4,0 mA, evidenciando uma variação máxima de cerca de 0,2 a 0,3 mA entre as medições registradas. Esse comportamento indica uma boa concordância entre os resultados obtidos pelos grupos, sendo compatível com a margem de incerteza experimental esperada em montagens didáticas envolvendo Arduino, protoboard e resistores comerciais. Tais variações podem ser atribuídas à tolerância dos componentes eletrônicos, às limitações de resolução do sistema de aquisição de dados e às pequenas diferenças nas condições de montagem entre os grupos, não comprometendo a consistência geral dos resultados.

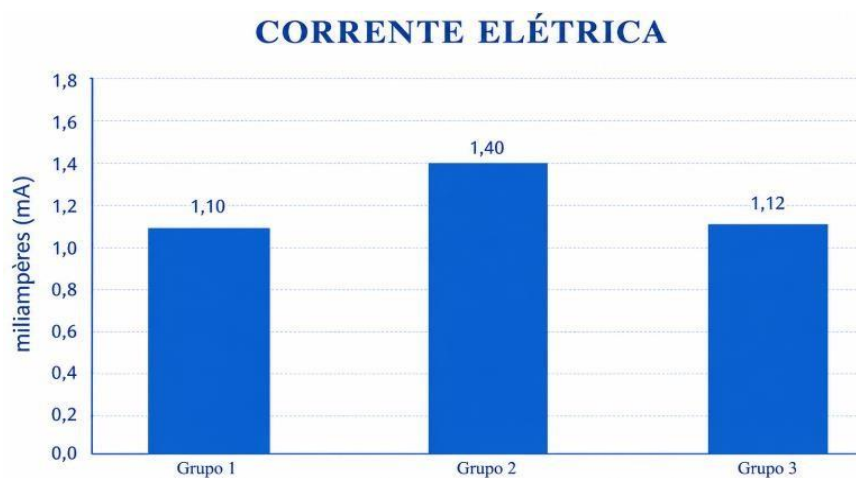
Gráfico 3 – Valores da corrente elétrica obtidos pelo cálculo teórico a partir da lei de Ohm



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

O Gráfico 4 apresenta a média dos valores de corrente registrados por cada grupo utilizando o Arduino, os dados coletados indicam uma discrepância significativa no Grupo 2 em comparação aos demais. Enquanto os Grupos 1 e 3 apresentaram valores próximos da faixa 1,1 mA, o Grupo 2 registrou um pico de 1,4 mA. Essa variação sugere que há variações nos resistores utilizados por parte dos estudantes do grupo em questão. A proximidade entre os valores dos Grupos 1 e 3 indica uma boa repetibilidade do experimento sob aquelas condições específicas.

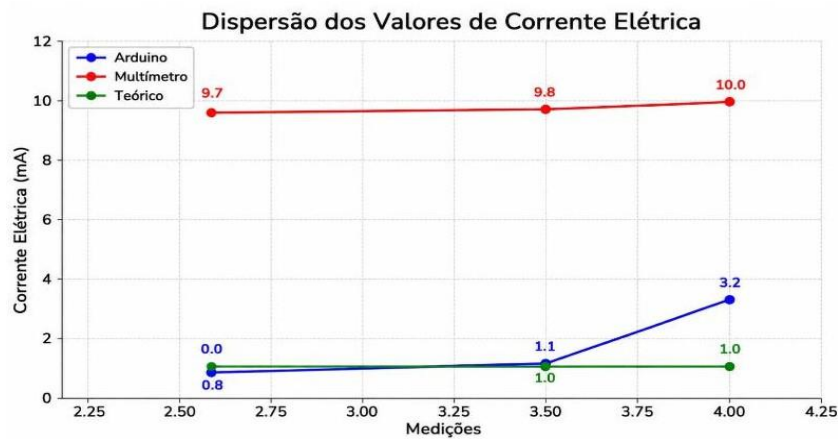
Gráfico 4 - Média da corrente elétrica por grupo



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

O Gráfico 5 apresenta a comparação entre os valores de corrente elétrica obtidos por diferentes procedimentos de medição: cálculo teórico baseado na Lei de Ohm, estimativa realizada por meio do Arduino e medição direta com multímetro digital. Identifica-se menor variação entre os valores obtidos com o multímetro, enquanto as medições realizadas com o Arduino apresentaram maior variabilidade. Essas diferenças evidenciam a influência das limitações instrumentais e das condições experimentais sobre os resultados obtidos, favorecendo discussões relacionadas à precisão das medições e às incertezas presentes em atividades experimentais.

Gráfico 5 - Dispersão entre os valores de corrente elétrica



(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

A experimentação mediada pelo Arduino mostrou-se eficaz na aproximação dos estudantes com conceitos de tensão, corrente e resistência elétrica, possibilitando a análise de dados experimentais obtidos em diferentes condições de medição. Os resultados apresentados nos gráficos favoreceram discussões sobre variações entre leituras, limitações instrumentais e diferenças entre métodos de medição, contribuindo para a compreensão do erro experimental como elemento inerente ao processo investigativo em atividades experimentais de Física.

Durante a aplicação das atividades, observou-se que os estudantes apresentaram maior facilidade em expressar suas interpretações oralmente do que por meio de registros escritos. Esse aspecto tornou-se mais evidente nos momentos de debate e discussão coletiva, nos quais houve maior participação e engajamento dos alunos na análise dos resultados experimentais e na interpretação dos fenômenos observados. Além disso, as atividades foram desenvolvidas em grupos, condição que também influenciou as interações, as interpretações construídas coletivamente e os resultados produzidos ao longo dos experimentos.

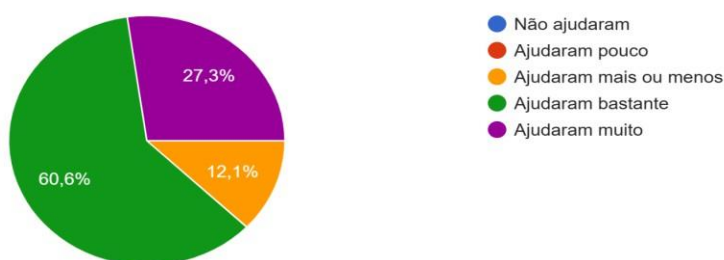
5.3 Engajamento, Protagonismo Estudantil e Dialogicidade

Os dados provenientes das fichas de registro experimental e das observações do professor-pesquisador indicam um aumento progressivo do engajamento e do protagonismo estudantil ao longo da sequência didática. Com o objetivo de compreender a percepção dos estudantes sobre as atividades desenvolvidas, o professor-pesquisador elaborou um questionário reflexivo final, aplicado via *Google Forms* após os cinco encontros. Todos os 33 estudantes responderam ao instrumento, possibilitando analisar suas percepções acerca da aprendizagem construída e da participação nas atividades realizadas.

Os resultados evidenciam que aproximadamente 90% dos estudantes avaliaram que a sequência didática contribuiu de forma significativa para a compreensão do processo de transformação da energia eólica em energia elétrica (Gráfico 6). Esse dado está em consonância com as discussões coletivas observadas em sala de aula, nas quais os estudantes participaram ativamente, retomando conceitos abordados nos encontros anteriores e articulando explicações fundamentadas nos dados experimentais.

Gráfico 6 - Avaliação dos estudantes quanto à contribuição da sequência didática para a compreensão da conversão da energia eólica em energia elétrica

1- As aulas sobre energia eólica ajudaram você a entender melhor como o vento pode ser transformado em energia elétrica?
33 respostas



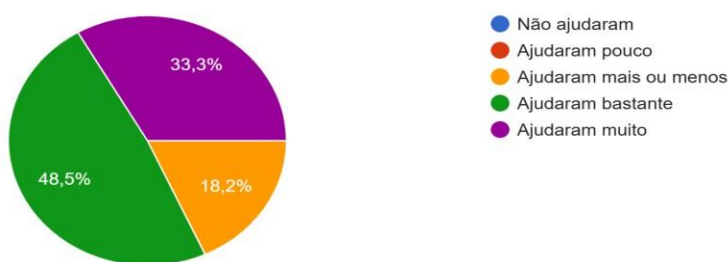
(Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

Além disso, a maioria dos estudantes reconheceu que as estratégias pedagógicas adotadas, especialmente as atividades experimentais, as discussões dialogadas e o uso de recursos audiovisuais, favoreceram a articulação entre os conteúdos da Física e situações do cotidiano, reforçando o caráter contextualizado da aprendizagem científica, conforme

o Gráfico 7. Essa percepção evidencia a superação de uma abordagem fragmentada do conhecimento, promovendo uma compreensão mais integrada e significativa dos conceitos trabalhados.

Gráfico 7 - Percentual de respostas da questão objetiva 2

2- As discussões, vídeos, explicações e perguntas feitas em sala ajudaram você a relacionar o conteúdo de Física com situações do dia a dia, como produção de energia e o uso de fontes renováveis?
33 respostas



((Fonte: Elaborado pelo autor (2026))

O protagonismo estudantil manifestou-se de forma consistente ao longo das atividades, especialmente por meio da formulação de hipóteses, da argumentação fundamentada em evidências empíricas e da participação ativa nas discussões coletivas. Esses elementos indicam o fortalecimento de uma postura investigativa, colaborativa e reflexiva por parte dos estudantes.

As respostas à questão aberta presente no questionário final reforçam essa interpretação, ao revelarem percepções positivas sobre as estratégias utilizadas e sobre o caráter participativo da sequência didática. Relatos como “a aula prática facilitou para compreender os conceitos físicos” (Aluno 1), “as aulas ajudaram a entender como o vento pode ser transformado em energia elétrica e como isso afeta o meio ambiente” (Aluno 15) e “os debates coletivos fizeram com que aprendêssemos uns com os outros” (Aluno 23) demonstram que os estudantes reconheceram a contribuição das atividades tanto para a compreensão conceitual quanto para o desenvolvimento de habilidades relacionadas à interação, à argumentação e à reflexão crítica

5.4 Articulações com o Referencial Teórico

Os resultados obtidos ao longo da sequência didática dialogam de forma consistente com o referencial teórico adotado, especialmente com a perspectiva freireana

de educação. Observa-se que o processo de aprendizagem partiu da realidade concreta dos estudantes e retornou a ela de forma crítica, favorecendo a construção de sentidos e a formação cidadã. As discussões coletivas foram marcadas por ampla participação discente, em consonância com a concepção de diálogo defendida por Freire (2002), compreendido como uma exigência existencial do processo educativo e não como mero intercâmbio de informações.

No contexto das atividades experimentais, o uso da plataforma Arduino favoreceu situações de aprendizagem que rompem com a lógica da educação bancária, criticada por FREIRE (2011), ao deslocar o estudante da posição de receptor passivo para a de sujeito ativo do processo educativo. Ao manipular dispositivos, coletar e interpretar dados, discutir resultados e construir explicações, os estudantes aproximaram-se do fazer científico, desenvolvendo autonomia intelectual, pensamento crítico e capacidade de análise.

Destaca-se, ainda, que o caráter investigativo das atividades mediadas pelo Arduino está alinhado às competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), especialmente aquelas relacionadas ao desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo no componente curricular Ciências da Natureza. A proposta, portanto, articula fundamentos teóricos críticos, práticas experimentais contextualizadas e orientações curriculares contemporâneas, reforçando a relevância pedagógica e institucional da sequência didática desenvolvida.

Nesse sentido, a adoção de metodologias investigativas mediadas por tecnologias educacionais no ensino de Física reafirma o compromisso da educação com a transformação social. Conforme destaca FREIRE (2011), embora a educação não seja capaz de transformar a sociedade de forma isolada, sem ela tampouco a sociedade se transforma. Assim, o uso pedagógico do Arduino, associado a uma prática docente crítica e reflexiva, contribui não apenas para a aprendizagem de conceitos científicos, mas também para a formação de sujeitos autônomos, capazes de compreender, questionar e intervir de maneira consciente na realidade em que estão inseridos.

CAPÍTULO 6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou a implementação e a análise de uma sequência didática sobre energia eólica mediada pelo uso da plataforma Arduino, desenvolvida com estudantes do Ensino Médio, com o objetivo de articular conceitos de eletricidade a práticas experimentais contextualizadas. A proposta buscou superar abordagens tradicionalmente abstratas e fragmentadas do ensino de Física, aproximando os conteúdos científicos de problemáticas contemporâneas relacionadas à sustentabilidade, à produção de energia e às escolhas tecnológicas da sociedade atual.

Os resultados obtidos indicam avanços significativos na compreensão conceitual dos estudantes, especialmente no que se refere à geração de energia elétrica como um processo de transformação da energia cinética do vento, superando concepções iniciais associadas à ideia de produção direta de energia. Essa mudança conceitual evidencia a importância de propostas didáticas que possibilitem ao estudante reconstruir seus modelos explicativos a partir da articulação entre problematização, fundamentação teórica e análise de evidências experimentais.

Nesse sentido, a organização da sequência didática a partir dos Três Momentos Pedagógicos mostrou-se um elemento central para os resultados alcançados. A Problematização Inicial, ao partir de situações concretas relacionadas à geração de energia eólica e às questões ambientais contemporâneas, permitiu mobilizar os saberes dos estudantes e instaurar um campo de investigação significativo. Esse momento revelou concepções iniciais, tensões e contradições que orientaram o desenvolvimento das etapas subsequentes, conferindo sentido às atividades propostas.

A Organização do Conhecimento possibilitou a sistematização dos conceitos físicos necessários à compreensão da geração de energia eólica, como energia cinética, tensão, corrente e resistência elétrica. A introdução desses conteúdos ocorreu de forma articulada às observações experimentais e às discussões coletivas, evitando a fragmentação conceitual e favorecendo a construção de relações entre diferentes grandezas físicas. Os mapas conceituais e os registros das atividades evidenciaram uma reorganização progressiva do conhecimento, indicando que os estudantes passaram a estabelecer conexões mais consistentes entre os fenômenos observados e os modelos científicos discutidos.

A Aplicação do Conhecimento, materializada por meio das atividades experimentais mediadas pelo Arduino, permitiu aos estudantes retomar os problemas iniciais sob uma nova perspectiva, agora sustentada por dados empíricos e análise quantitativa. A coleta, organização e interpretação dos dados experimentais favoreceram o desenvolvimento de habilidades investigativas fundamentais, como a formulação de hipóteses, a análise de resultados e a argumentação baseada em evidências. Nesse processo, destacou-se a compreensão do erro experimental como elemento constitutivo do fazer científico, associado a limitações físicas, instrumentais e metodológicas, contribuindo para uma visão mais realista e crítica da prática científica.

O uso do Arduino como recurso didático mostrou-se particularmente relevante ao possibilitar a materialização de conceitos tradicionalmente abstratos no ensino de Física, como tensão, corrente e resistência elétrica. A comparação entre valores teóricos, medições indiretas via Arduino e medições diretas com multímetro favoreceu a compreensão das diferenças entre modelos ideais e sistemas reais, ampliando a capacidade dos estudantes de interpretar fenômenos físicos de forma crítica e fundamentada.

Além dos avanços conceituais e investigativos, os resultados apontam para um fortalecimento do protagonismo estudantil, associado à participação ativa nas atividades experimentais e nas discussões coletivas. Esse protagonismo não se limita a aspectos motivacionais, mas decorre diretamente da perspectiva freireana que sustenta a proposta dos Três Momentos Pedagógicos, ao valorizar o diálogo, a problematização da realidade e a construção coletiva do conhecimento. Sob essa perspectiva, a aprendizagem observada assume um caráter mais crítico, contextualizado e voltado à compreensão da realidade vivenciada pelos estudantes.

A articulação entre os Três Momentos Pedagógicos também favoreceu a ampliação da compreensão dos estudantes acerca das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTS). Ao integrar os conteúdos de eletricidade a discussões sobre eficiência energética, sustentabilidade e o papel das fontes renováveis na transição energética, a sequência didática contribuiu para uma visão mais integrada da ciência, compreendida como uma atividade humana situada historicamente e permeada por implicações sociais, ambientais e tecnológicas. Esses aspectos reforçam a consonância da

proposta com as competências e habilidades previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Do ponto de vista metodológico, esta pesquisa evidencia que a experimentação mediada por tecnologias digitais de baixo custo, quando orientada pelos Três Momentos Pedagógicos e sustentada por uma intencionalidade pedagógica clara, constitui uma estratégia potente para o ensino de Física. O Arduino mostrou-se um recurso viável e acessível, com potencial de replicação em diferentes contextos escolares, especialmente em instituições que enfrentam limitações estruturais para a realização de atividades experimentais.

Por fim, reconhece-se que esta pesquisa apresenta limites, relacionados ao tempo de aplicação da sequência didática e ao número de turmas envolvidas. Tais limites, entretanto, não comprometem os resultados alcançados, mas indicam possibilidades de aprofundamento. Como desdobramentos futuros, sugere-se a ampliação da sequência didática para o estudo de outras fontes de energia renovável, bem como a realização de pesquisas de caráter longitudinal que investiguem os impactos de propostas fundamentadas nos Três Momentos Pedagógicos na aprendizagem científica dos estudantes ao longo do tempo, contribuindo para o avanço das discussões sobre práticas pedagógicas investigativas, contextualizadas e socialmente relevantes no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- ABREU, W. V. de; GOMES, G. O.; PRÁ, D. H. Dal; RIBEIRO, E. S. M.E².L. – Um projeto de divulgação científica sobre o consumo de energia elétrica em um ambiente escolar e na comunidade. *Educação Pública – Divulgação Científica e Ensino de Ciências*, v. 1, n. 3, out. 2022.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2008.
- ALVES, M. A.; DUARTE, K. M. Educação e cidadania ambiental: uma análise a partir da Agenda 2030 da ONU. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 397–418, 2025.
- AMORIM, C. A.; VILLAS-BÔAS, L. A.; MORAIS, F. J.; MATULOVIC, M. Desenvolvimento de um sismógrafo empregando sensores piezoelétricos em plataforma Arduino. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, 2021.
- ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). Brasil sobe uma posição e fica em 5º lugar no ranking mundial de energia eólica. São Paulo, 2025. Disponível em: https://abeeolica.org.br/brasil-sobre-uma-posicao-e-fica-em-5o-lugar-no-ranking-mundial-de-energia-eolica/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 12 dez. 2025.
- BACHELARD, G. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BOHME, G. S. et al. *Wind speed variability and portfolio effect: a case study in the Brazilian market*. *Energy*, v. 207, p. 118169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118169>.
- BORGES, H. S.; NUNES, L. M. C.; NASCIMENTO, L. S.; AMAZONAS, J. G. Parâmetros cinéticos e elétricos observados em bicicletas modificadas. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, v. 21, n. 9, p. 11911–11931, 2023..
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3. ed. Brasília, DF: ANEEL, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BURATTINI, M. P. T. de C. *Energia: uma abordagem multidisciplinar*. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008. 110 p. ISBN 9788588325999.
- CANDAU, V. M. F.; KOFF, A. M. N. S. A didática hoje: reinventando caminhos. *Educação & Realidade*, v. 40, n. 2, p. 329–348, 2015.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. Física com Arduino para iniciantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 33, n. 4, p. 4503-1–4503-15, 2011

CAVASSANI, T. B.; ANDRADE, J. J. de; MARQUES, R. N. Integração das TDIC na formação de professores: aproximações entre o modelo TPACK e a abordagem sociocultural. *Educação em Revista*, v. 40, e41245, 2024. <https://doi.org/10.1590/0102-469841245t>

CHAGAS, L.; TEIXEIRA, D. Limitações físicas da conversão eólica: uma revisão didática sobre o limite de Betz. *Cadernos de Física Aplicada*, v. 10, n. 1, 2022.

CHESF. Potencial eólico no litoral do Ceará e Rio Grande do Norte para geração de energia elétrica. Recife, 1996. CHESF-DEFA-EO-RT-002/96 rev.1.

CHITOLINA, D.; SANTOS, P. J. S. Impacto do uso do Arduino sobre a motivação estudantil: resultados de uma intervenção didático-pedagógica no ensino da Física. *Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)*, Porto Alegre, v. 22, n. 3, 2024.

COSTA, M.; FERREIRA, R. Controle aerodinâmico em turbinas eólicas: uma análise sobre o sistema pitch. *Revista Brasileira de Energia Eólica*, v. 8, n. 2, 2019.

CRUZ, J. C. Energia renovável e impactos ambientais: construindo conhecimento sobre energia eólica com os estudantes do Ensino Médio em uma disciplina eletiva. 9. ed. Curitiba: Brazilian Journal of Development, 2022. 61510-61525 p. v. 8.

COUTINHO JÚNIOR, A. de L.; MONTEIRO, J. A.; COSTA, D. F. da; SALES, G. L. O ensino de física integrado à plataforma Arduino: uma revisão sistemática de literatura. *Educere et Educare*, Cascavel, v. 16, n. 40, p. 175-197, 2021. DOI: <https://doi.org/10.17648/educare.v16i40.26800>.

COUTINHO JÚNIOR, A. de L. et al. An experimental proposal for electricity using the Arduino prototyping board for teaching physics. 2025.

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

DIAS, M. V. F. Panorama da energia eólica no Brasil com ênfase na Região Nordeste. *Revista Brasileira de Aplicações de Vácuo*, Campinas, v. 43, e0324, 2024.

DINÇER, F. The analysis on wind energy electricity generation status, potential and policies in the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 15, n. 9, p. 5135–5142, 2011.

DUTRA, R. M. *Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório no setor elétrico brasileiro*. Dissertação (Mestrado) – COPPE/UFRJ, 2001.

FREIRE, P. *Extensão ou comunicação?* Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

- FREIRE, P. *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.
- FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M.; *Lições de física de Feynman*. v. 1. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- GARCÍA-TUDELA, P. A.; MARÍN-MARÍN, J. A. Use of Arduino in primary education: a systematic review. *Education Sciences*, v. 13, n. 2, 134, 2023.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. *Revista USP*, São Paulo, n. 72, p. 6-15, 2007. DOI: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i72p6-15>.
- GOMES SANTOS, Í. R.; SOUZA, A. A.; SILVA, L. M. et al. Educação ambiental e sustentabilidade: sob o olhar dos alunos do 9º ano. *Diversitas Journal*, v. 9, n. 4, p. 1–12, 2024. <https://doi.org/10.48017/dj.v9i4.3060>.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. *Fundamentos de física: eletromagnetismo*. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
- IPCC. *Climate change 2023: synthesis report*. Geneva: IPCC, 2023.
- KOZULIN, A.; GINDIS, B; AGEYEV, V. S.; MILLER, Suzanne M. (org.). *Vygotsky's educational theory in cultural context*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 496 p. ISBN 978-0-521-82131-5. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511840975>
- LAGE, E. A indução eletromagnética. *Revista de Ciência Elementar*, v. 9, n. 1, 2021.
- LIMA FILHO, M. C.; ROCHA, P. A. C.; FERNÁNDEZ, M. P.; PIMENTEL, L. O. Conceitos fundamentais sobre incidência solar e estudo de seguidores. *Revista Caribeña*, v. 12, n. 8, p. 3671–3692, 2023.
- MATOS, M. S. Educação científica e formação para a autonomia. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 6, n. 3, p. 45–60, 2013.
- MOREIRA, M. M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 35, n. 3, p. 721–742, 2018.
- MOURA, J. A. G. de; PACHECO, C. S. G. R. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, v. 17, n. 2, p. 472–491, 2022.
- MÜLLER, T.; SILVA, M. C. da. Educação ambiental e sustentabilidade nos anos iniciais. *Ambiente & Educação*, v. 28, n. 1, p. 187–208, 2023. <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v28i1.15199>
- NETO, R. S. *O uso de tecnologias no ensino de Física: mitos, desafios e possibilidades*. In: CIET:EnPED – Congresso Internacional de Educação e Tecnologias, 2020. São Carlos: UFSCar, 2020. Disponível em: <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/download/1541/1188/>. Acesso em: 18 dez. 2025.

NOVA ENERGIA. *Energia eólica no Brasil: capacidade atinge 33,7 GW*. 2025. Disponível em: <https://www.novaenergia.com.br/blog/energia-eolica-no-brasil-capacidade-atinge-337-gw/>. Acesso em: 09 mar. 2026.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press, 1984.

NUNES JUNIOR, E. R. *Metodologia de projeto de turbinas eólicas de pequeno porte*. Dissertação (Mestrado) – UERJ, 2008. Disponível em: <https://www.bdttd.uerj.br:8443/bitstream/1/11694/2/Eden%20Rodrigues%20Nunes%20JR%20Pt%202.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2026.

OLIVEIRA, A. M. Q.; PINHEIRO, J. G. L. Energia renovável com utilização da energia eólica. *Revista Episteme Transversalis*, v. 11, n. 1, p. 242–267, 2020.

OLIVEIRA, I. A. de. A dialogicidade na educação de Paulo Freire e na prática do ensino de filosofia com crianças. *Movimento: Revista de Educação, Niterói*, n. 7, p. 228-253, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22409/mov.v0i7.412>.

PICOLO, A. P.; BÜHLER, A. J.; RAMPINELLI, G. A. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 2014

REAMEC. Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática. *Revista REAMEC*, v. 12, e24070, 2024.

ROCHA, W. S; RUIVO, S. de C; ROMEU, M. C.; ALMEIDA, A. C. F. de. Arduino integrado ao ensino de física: revisão sistemática de literatura. *REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática*, Cuiabá, v. 12, p. e24070, 2024. DOI: <https://doi.org/10.26571/reamec.v12.17642>.

RODRIGUES, P.; SANTOS, V. Uso de tecnologias de geração eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia*, v. 16, n. 1, 2023.

SILVA, E. P. da; LIRA, M. A. T. Arduino como recurso didático. *Revista do Professor de Física*, 2025.

SILVA, F.; MARTINS, A.; CUNHA, R. Caracterização aerodinâmica de pás. *Revista Técnica de Energia e Meio Ambiente*, v. 12, n. 4, 2021.

SILVA, J. A.; SANTOS, M. R. Indução eletromagnética no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 43, e20210123, 2021.

SIMAS, M.; PACCA, S. Wind power in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 5, p. 2767–2777, 2012.

SIQUEIRA, L. E.; BEDIN, E.; LIMA, V. F. de. Arduino como recurso educacional aberto. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 2024.

SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Problemática freireana em aulas de ciências. *Ciência & Educação*, v. 21, n. 4, p. 911–930, 2015.

SOUZA, S. S. F. de. Use of Arduino platform in electricity teaching. *Research, Society and Development*, v. 13, n. 3, e5213345227, 2024.

APÊNDICE A: PRODUTO EDUCACIONAL



$$P = \frac{1}{2} \rho A V^3 C_p$$

ENERGIA EÓLICA NO ENSINO DE FÍSICA:

DA PROBLEMATIZAÇÃO À APLICAÇÃO COM ARDUINO

Amancio Henrique Costa de Oliveira

Orientador(es):

Dr.^a Erlania Lima de Oliveira

Dr. Antonio Marques dos Santos

UNIVERSIDADE FEDERAL
UFERSA
RURAL DO SEMI-ÁRIDO

CAMPUS MOSSORÓ



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
INTRODUÇÃO	4
JUSTIFICATIVA	6
OBJETIVO GERAL	7
OBJETIVO ESPECÍFICOS.....	7
PLATAFORMA ARDUINO – GUIA PRÁTICO	8
METODOLOGIA.....	12
AULA 01	14
AULA 02	16
AULA 03	20
AULA 04	27
AULA 05	42
APÊNDICES A - CÓDIGOS	47
APÊNDICES B - ROTEIROS.....	50
REFERÊNCIAS	59

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional foi desenvolvido no âmbito de um Mestrado Profissional em Ensino de Física, com o objetivo de apoiar a prática pedagógica de professores de Física do Ensino Médio, oferecendo recursos didáticos que tornem o ensino mais dinâmico, investigativo e conectado ao cotidiano dos estudantes.

A proposta fundamenta-se na articulação entre princípios físicos relacionados à energia, como tensão elétrica, corrente, resistência e transformação de energia, e o uso do Arduino como ferramenta de experimentação, possibilitando aos alunos a visualização e a manipulação de fenômenos físicos em tempo real.

A sequência didática tem como eixo temático a energia eólica, explorada por meio de situações práticas que favorecem a compreensão dos processos de geração, conversão e utilização da energia elétrica. Mais do que a simples transmissão de conteúdo, busca-se promover experiências de aprendizagem significativas, nas quais os estudantes são incentivados a construir, testar e aprimorar protótipos de aerogeradores em pequena escala, simular circuitos elétricos e realizar medições experimentais.

Essas atividades permitem estabelecer conexões entre o conhecimento científico escolar e sistemas tecnológicos presentes na sociedade contemporânea, como os parques eólicos. Organizada em seis encontros pedagógicos, a proposta articula momentos de levantamento de conhecimentos prévios, discussões conceituais, atividades experimentais mediadas pelo Arduino e debates de caráter crítico e reflexivo.

Sua estrutura respeita o ritmo de aprendizagem dos estudantes e favorece a construção progressiva do conhecimento, promovendo a integração entre conceitos físicos, práticas experimentais e aplicações tecnológicas. O percurso formativo inicia-se com uma aula diagnóstica, destinada à identificação das concepções iniciais dos alunos, e culmina em um encontro de síntese, voltado à reflexão sobre o papel das diferentes matrizes energéticas no cenário energético atual.

Ao incorporar o Arduino como mediador do processo de ensino e aprendizagem, a sequência didática apresenta-se como uma estratégia acessível, inovadora e adaptável a diferentes contextos educacionais, contribuindo para o fortalecimento do ensino de Física como área fundamental na formação científica, crítica e autônoma dos estudantes, especialmente diante dos desafios energéticos, ambientais e tecnológicos do século XXI.

INTRODUÇÃO

No contexto educacional contemporâneo, evidencia-se a necessidade de adotar abordagens pedagógicas inovadoras e metodologicamente consistentes, capazes de articular conceitos científicos a atividades experimentais mediadas por tecnologias educacionais. Nesse cenário, a energia eólica, associada aos seus fundamentos físicos, surge como um eixo estruturante, alinhando-se tanto aos avanços científicos quanto às crescentes demandas por sustentabilidade ambiental e transição energética global.

A crescente valorização de fontes renováveis de energia confere destaque à energia eólica, reconhecida como alternativa estratégica na matriz energética mundial. Para que os estudantes compreendam de forma conceitual e crítica essa tecnologia, torna-se imprescindível propor práticas que integrem teoria e experimentação.

É nesse panorama que se insere o presente trabalho, cujo objetivo é desenvolver uma sequência didática voltada ao ensino dos princípios físicos relacionados à energia eólica, articulando fundamentos teóricos e atividades investigativas que permitam compreender o funcionamento de aerogeradores e a conversão da energia do vento em eletricidade. Como parte da proposta, será construído um protótipo funcional, permitindo que os alunos vivenciem concretamente o processo de transformação da energia mecânica em energia elétrica. Essa atividade propicia, ainda, reflexões sobre os impactos sociais, ambientais e econômicos do uso de fontes renováveis, aproximando os conteúdos de Física do cotidiano.

Espera-se que os estudantes reconheçam a relevância da energia eólica no contexto regional, considerando aspectos como geração de empregos, atração de investimentos, compatibilidade com atividades agropecuárias e potencial de redução das tarifas de energia em determinadas localidades. A energia eólica, reconhecida como limpa, renovável e abundante, tem sido intensivamente explorada nas últimas décadas, acompanhando um processo de constante evolução tecnológica.

Nesse sentido, a inserção desse tema no ensino de Ciências e Física representa uma oportunidade de desenvolver competências científicas, tecnológicas e ambientais, preparando os estudantes para refletirem sobre os usos e implicações dessa tecnologia no mundo contemporâneo. Para garantir coerência pedagógica e rigor acadêmico, a sequência didática fundamenta-se em um arcabouço teórico consistente, apoiado em referências da área de Ensino de Ciências e nas diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), especialmente no que se refere às competências de Ciências da

Natureza. Assim, busca-se não apenas a apropriação de conteúdos físicos, mas também a formação de sujeitos críticos, conscientes e engajados diante dos desafios ambientais e energéticos do século XXI.

Em síntese, esta proposta procura unir teoria e prática, despertando o interesse pela ciência e estimulando a construção de soluções energéticas mais responsáveis. Mais do que transmitir conteúdo, pretende-se formar cidadãos capazes de atuar de forma transformadora em sua realidade, comprometidos com a sustentabilidade e preparados para os desafios tecnológicos e ambientais da sociedade contemporânea.

JUSTIFICATIVA

O ensino da energia eólica configura-se como uma oportunidade educativa essencial diante das demandas contemporâneas por sustentabilidade e soluções energéticas renováveis. Alinhada aos avanços científicos e às crescentes preocupações ambientais, a energia eólica se apresenta como uma alternativa estratégica para a diversificação da matriz energética global, oferecendo aos estudantes uma perspectiva realista e contextualizada sobre fontes de energia limpa.

No Brasil, a energia eólica tem ampliado significativamente sua participação na matriz elétrica nacional, reforçando sua relevância no cenário das energias renováveis. Entre 2015 e 2022, a capacidade instalada cresceu de 9 GW para 26 GW, impulsionada por investimentos que, somente em 2022, totalizaram US\$ 6,2 bilhões. A região Nordeste se destaca nesse crescimento, com estados como Rio Grande do Norte e Bahia beneficiando-se de ventos constantes e de políticas públicas direcionadas à expansão da energia eólica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – ABEEólica, 2025).

Além de contribuir para a diversificação da matriz elétrica, a energia eólica desempenha papel fundamental na redução das emissões de gases de efeito estufa e no fortalecimento de estratégias de desenvolvimento sustentável. Conforme ressaltam Cunha et al. (2024), trata-se de uma fonte capaz de colaborar de forma significativa para a mitigação dos impactos ambientais, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e às demandas globais por tecnologias limpas. Diante desse contexto, a introdução da energia eólica no ensino de Ciências e Física favorece a articulação entre ciência, tecnologia e sociedade, aproximando os estudantes de debates contemporâneos sobre transição energética, inovação tecnológica e sustentabilidade.

Essa abordagem proporciona não apenas a compreensão conceitual dos princípios físicos envolvidos, mas também o desenvolvimento de competências críticas e reflexivas, preparando os alunos para atuar de forma consciente e engajada diante dos desafios energéticos e ambientais do século XXI

OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma sequência didática voltada ao ensino de energia eólica, integrando conceitos teóricos e práticas experimentais, de modo a proporcionar aos estudantes uma compreensão abrangente sobre o funcionamento dos aerogeradores e os princípios científicos que os fundamentam.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender os princípios físicos envolvidos na geração de energia eólica.
- Desenvolver habilidades práticas por meio da construção de modelos de aerogeradores e de instrumentos de medição elétrica, incluindo corrente, tensão e resistência.
- Estimular a reflexão crítica sobre o papel da energia eólica na matriz energética nacional, considerando seus impactos ambientais, sociais e econômicos.

Para o alcance desses objetivos, a utilização da plataforma Arduino assume papel central, ao possibilitar a vivência prática dos conceitos e aproximar os estudantes da realidade dos fenômenos físicos investigados. Nesse contexto, a plataforma Arduino será apresentada e explorada como recurso pedagógico fundamental, permitindo que os professores conduzam atividades experimentais de forma autônoma, mesmo sem experiência prévia em eletrônica ou programação.

O presente guia busca fornecer subsídios teórico-práticos que capacitem os docentes a compreender e aplicar a tecnologia de maneira consistente e eficaz no ensino de Física.

PLATAFORMA ARDUÍNO - GUIA PRÁTICO

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica baseada em hardware e software de código aberto, desenvolvida originalmente na Itália em 2005 com o objetivo de tornar o acesso à programação e à eletrônica mais simples e acessível. Trata-se de uma placa com microcontrolador, que pode ser conectada a diferentes sensores e atuadores, possibilitando a criação de circuitos interativos programáveis de maneira intuitiva.

Devido à sua simplicidade e adaptabilidade, o Arduino tem se consolidado como um instrumento pedagógico relevante no ensino de Física e áreas correlatas, ao permitir o desenvolvimento de experimentos práticos que favorecem a compreensão de conceitos teóricos fundamentais, tais como circuitos elétricos, programação básica e automação. Por ser uma plataforma aberta (open source), oferece acesso ampliado a uma vasta gama de recursos educacionais e tutoriais produzidos pela comunidade, o que facilita a aprendizagem de conteúdos complexos e contribui para o aprimoramento de habilidades cognitivas essenciais, como o raciocínio lógico e a resolução de problemas.

Em virtude da ampla aceitação e do sucesso da plataforma, a empresa desenvolvedora lançou diversas placas e variações do Arduino, cada uma voltada a diferentes demandas educacionais e tecnológicas. Nesta sequência didática, será utilizada a placa Arduino Uno R3, a mais indicada para iniciantes.

A mais popular e recomendada para iniciantes, a placa Uno R3 possui microcontrolador ATmega328P, 14 pinos digitais e 6 entradas analógicas.

Figura 1 - Arduino Uno R3



(Fonte: elaborado pelo autor (2026))

O Arduino Uno é a placa mais popular e indicada para quem está começando a trabalhar com eletrônica e programação. Seu principal diferencial é a facilidade de uso: possui uma interface simples e uma linguagem de programação baseada em C/C++, adaptada para iniciantes e educadores.

Outra vantagem é contar com uma grande comunidade de usuários em todo o mundo, que produz tutoriais, exemplos de códigos e materiais de apoio. Isso torna o aprendizado mais acessível e permite que qualquer pessoa encontre soluções prontas ou adapte projetos existentes. A placa dispõe de entradas e saídas digitais e analógicas em quantidade suficiente para a maioria dos projetos básicos, como ligar sensores, motores ou LEDs. A conexão é feita diretamente ao computador por um cabo USB, que serve ao mesmo tempo para programar a placa e fornecer energia.

Por essas características, o Arduino Uno se tornou uma ferramenta poderosa no ensino de Ciências e Física, pois permite transformar conceitos abstratos em experiências práticas, tornando as aulas mais interativas, concretas e próximas da realidade dos estudantes.

GUIA RÁPIDO DE INSTALAÇÃO E CONFIGURAÇÃO DO ARDUINO UNO

Antes de começar os experimentos, é necessário preparar o ambiente de trabalho. Para isso, vamos instalar o software Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), conectar a placa ao computador e realizar a configuração inicial.

1. Instalação do Arduino IDE

O Arduino IDE (Integrated Development Environment) é o programa onde os códigos são escritos, testados e enviados para a placa. Ele é gratuito e funciona em Windows, macOS e Linux.

Passo a passo de instalação

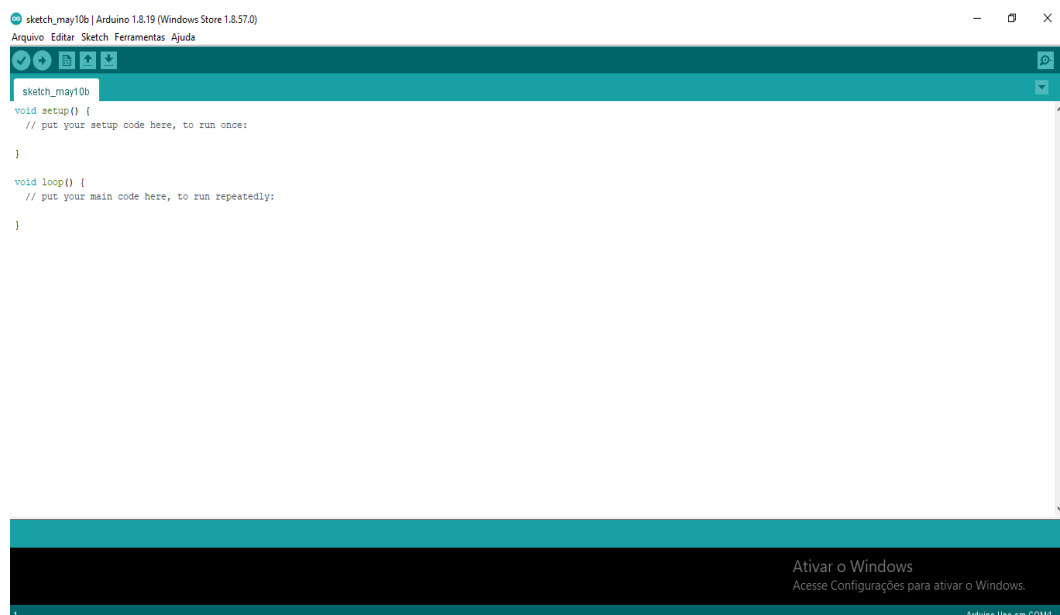
- 1- Abra o navegador e acesse o site oficial: <https://www.arduino.cc/en/software>
- 2- Baixe a versão adequada para o seu sistema:
 - Windows → clique em Windows Installer, depois abra o arquivo baixado e siga as instruções (próximo, aceitar, instalar).

- macOS → clique na versão para Mac. Depois de baixar, arraste o ícone do Arduino para a pasta Aplicativos.
- Linux → baixe o arquivo para a sua distribuição, extraia e no terminal execute: `./install.sh`.

3- Abra o Arduino IDE após a instalação

- Na tela inicial (Figura 2), a área branca é usada para digitar os códigos.
- Os botões superiores servem para verificar e enviar os programas para a placa.

Figura 2 – Tela inicial do Arduino



(Fonte: elaborado pelo autor (2026))

2. Conectando o Arduino ao Computador

- 1- Conecte a placa Arduino Uno ao computador com o cabo USB adequado (geralmente USB-A para USB-B, ou USB-C para USB-Micro).
- 2- O sistema deve reconhecer a placa automaticamente e instalar os drivers. Se aparecer uma mensagem pedindo permissão, clique em Permitir.
- 3- Mantenha o Arduino IDE aberto: ele deve identificar a placa conectada. Se o computador não reconhecer a placa, troque a porta USB ou reinicie o Arduino IDE.

3. Configuração da Placa Arduino no Software

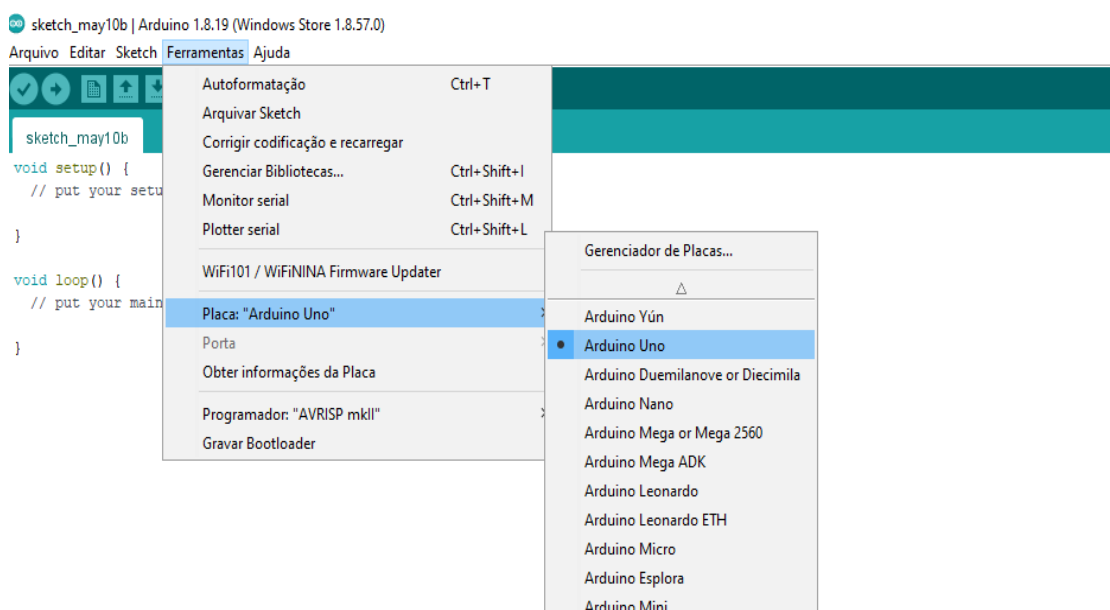
Para garantir que o Arduino IDE reconheça a placa corretamente, configure as opções de placa e porta serial:

- 1- No menu Ferramentas → Placa, selecione Arduino Uno.
- 2- No menu Ferramentas → Porta, selecione a porta correta onde a placa está conectada:
 - No Windows: geralmente “COM3”, “COM4” etc.
 - No Linux/macOS: aparece como “/dev/ttyUSB0” ou semelhante
- 3- Verifique se placa e porta estão corretas.
- 4- Agora o Arduino está pronto para receber e executar códigos.

4. Próximos Passos

Com o ambiente de trabalho configurado conforme a figura 3, o professor já dispõe das condições necessárias para utilizar o Arduino em sala de aula. Antes, porém, será apresentada a metodologia adotada nesta proposta educacional, que orientará a aplicação da sequência didática sobre energia eólica.

Figura 3 – Placa configurada



(Fonte: elaborado pelo autor (2026))

METODOLOGIA

A sequência didática será estruturada em seis encontros formativos, com duração de 140 minutos cada, articulando objetivos de aprendizagem específicos, metodologias diversificadas e atividades interativas. O planejamento busca promover um processo de ensino dinâmico, reflexivo e conectado ao cotidiano dos estudantes, favorecendo a construção progressiva de conhecimentos teóricos e práticos sobre energia eólica.

Desde o início até o término da sequência, será adotada uma avaliação formativa e contínua, integrada às atividades de ensino e aprendizagem. Esse acompanhamento permitirá ao professor identificar avanços, dificuldades e concepções alternativas dos alunos, orientando intervenções pedagógicas mais direcionadas e eficazes.

O primeiro encontro terá caráter introdutório e iniciará com a exibição de um vídeo contextualizador sobre energia eólica, destinado a despertar a curiosidade e o interesse dos estudantes. Em seguida, serão promovidas discussões coletivas mediadas por questões problematizadoras, com foco na análise conceitual e nas implicações socioambientais e tecnológicas do tema, sem utilização de equações matemáticas nesse estágio inicial.

Para concluir, os alunos elaborarão um mapa conceitual preliminar, que servirá como instrumento diagnóstico e referência para acompanhar a evolução das ideias ao longo da sequência. No segundo encontro, será aplicado um questionário diagnóstico com perguntas abertas, aprofundando a investigação das concepções dos estudantes. Esse instrumento permitirá identificar possíveis equívocos conceituais e fornecerá subsídios para que o docente planeje intervenções pedagógicas mais direcionadas.

A partir do terceiro encontro, serão introduzidas atividades experimentais utilizando a plataforma Arduino, articuladas a situações contextualizadas. Nesse momento, também serão abordadas as equações matemáticas relacionadas à energia eólica, integradas à prática experimental, favorecendo a compreensão dos conceitos físicos e sua aplicação em problemas reais.

A avaliação, nessa perspectiva, não será concebida como um momento isolado de verificação, mas como processo contínuo que acompanha o percurso formativo dos estudantes. Inspirada em referenciais críticos da educação, sua função vai além da aferição de conhecimentos, buscando desenvolver a capacidade dos alunos de questionar, argumentar e relacionar ciência, tecnologia e sociedade. Nesse sentido, a avaliação formativa cumpre duas funções complementares:

- Diagnóstica – tornar visíveis os conhecimentos iniciais, hipóteses e concepções alternativas dos estudantes.
- Formativa – valorizar o diálogo, a problematização e a construção coletiva de sentidos, contribuindo para a formação de cidadãos críticos e conscientes dos desafios energéticos e ambientais contemporâneos.

Mais do que verificar respostas corretas, a avaliação buscará compreender como os alunos pensam, organizam suas ideias e se posicionam frente a problemas reais. Serão utilizados instrumentos como mapas conceituais, relatórios de experimentos, rodas de conversa e questionários abertos, que funcionarão não apenas como registros, mas também como oportunidades de reflexão, autoria e protagonismo estudantil.

Dessa forma, a avaliação assume o papel de ação educativa transformadora, convidando os estudantes a utilizar a ciência como lente para compreender a realidade e intervir de maneira crítica e responsável no mundo em que vivem.

AULA 1 – INTRODUÇÃO AO CONCEITO DE ENERGIA E PROBLEMATIZAÇÃO (140 MINUTOS)

OBJETIVO:

- Contextualizar a energia eólica no cotidiano dos estudantes, despertando a curiosidade, promovendo o debate argumentativo e incentivando uma postura crítica diante de seus impactos e potencialidades.

MÉTODO:

- Exposição dialogada de caráter conceitual (sem equações matemáticas).
- Debate mediado por perguntas problematizadoras.
- Elaboração de mapa conceitual inicial (individual).

1ª ETAPA – APRESENTAÇÃO DO TEMA

A aula inicia com a exibição de um vídeo introdutório sobre energia eólica, com o objetivo de contextualizar o tema, despertar a curiosidade dos estudantes e apresentar, de forma visual e acessível, como o vento pode ser convertido em eletricidade. Com o apoio de slides, serão destacados os principais conceitos e fundamentos físicos relacionados à geração de energia eólica, organizados para favorecer a compreensão e a sistematização das ideias. Entre os aspectos centrais a serem abordados estão:

- A energia eólica resulta do movimento natural das massas de ar na atmosfera.
- É uma das principais fontes de energia renovável na atualidade.
- Apresenta vantagens ambientais, econômicas e sociais.
- Aplica diretamente conceitos físicos, como a transformação da energia cinética em energia elétrica por indução eletromagnética.

RECURSOS DIDÁTICOS UTILIZADOS:

- Slides de apresentação.
- Vídeos explicativos sobre energia eólica.
- Vídeo recomendado: <https://www.youtube.com/watch?v=PHdrLRcOGCA>

2ª ETAPA – DISCUSSÃO COLETIVA

Para estimular o pensamento crítico e a reflexão conceitual, será promovida uma discussão mediada sobre energia eólica, com o objetivo de incentivar a curiosidade, o debate argumentativo e a compreensão dos impactos socioambientais e tecnológicos dessa fonte de energia. A mediação será orientada por questões problematizadoras, que funcionarão como gatilhos para que os estudantes mobilizem saberes prévios, formulem hipóteses e adotem uma postura investigativa:

- Quais fatores físicos e climáticos influenciam a regularidade da geração de energia eólica?
- Como a instalação de turbinas eólicas pode impactar a vida selvagem local?
- Quais estratégias podem ser adotadas para mitigar esses efeitos ambientais?
- De que maneiras as turbinas eólicas podem ser tecnologicamente aprimoradas para aumentar sua eficiência?
- Quais são os principais desafios da geração eólica em períodos de baixa intensidade de vento e quais soluções podem ser propostas?
- Você acredita que essa fonte poderá se tornar a principal no futuro? Por quê?

Essa abordagem encontra respaldo no pensamento de Paulo Freire, que defende a educação problematizadora como alternativa à educação “bancária”. Para Freire, o processo educativo deve partir da realidade concreta e instigar o estudante a refletir criticamente sobre ela, assumindo o papel de sujeito ativo na construção do conhecimento.

Assim, a proposição de questões abertas e desafiadoras rompe com a lógica transmissiva e estimula a aprendizagem crítica, a autonomia intelectual e a postura investigativa, em sintonia com o método de resolução de problemas. Ao promover o debate de ideias, fortalece-se a dimensão participativa da aprendizagem, ampliando a compreensão sobre a complexidade e a multidimensionalidade do uso da energia eólica no contexto socioambiental, tecnológico e científico.

Em seguida, os estudantes elaborarão um mapa conceitual sobre energia, que servirá como referência para acompanhamento da evolução conceitual ao longo da sequência didática.

3ª ETAPA – CONSTRUÇÃO DO MAPA CONCEITUAL

Será apresentado o conceito de mapa conceitual como ferramenta pedagógica que favorece a organização hierárquica, lógica e relacional das ideias, contribuindo para a construção significativa do conhecimento. A exposição dialogada destacará sua aplicabilidade na sistematização de conteúdos complexos, especialmente relacionados à energia gerada por fontes renováveis, como a energia eólica.

Em seguida, os estudantes serão convidados a elaborar individualmente ou em pequenos grupos um mapa conceitual preliminar sobre energia eólica, integrando fundamentos físicos e saberes prévios.

Essa atividade visa estimular o pensamento crítico e a articulação entre conhecimentos empíricos e científicos, permitindo ao docente identificar conceitos alternativos que podem ser ressignificados ao longo do processo formativo.

AVALIAÇÃO FORMATIVA

Para este primeiro encontro, recomenda-se utilizar os seguintes instrumentos: Mapa conceitual inicial (individual ou em pequenos grupos), para identificar concepções prévias. Observação da participação no debate problematizador, considerando clareza das ideias, respeito às opiniões e formulação de perguntas significativas.

Registro sistemático das observações em diário de bordo ou fichas simples de acompanhamento. A avaliação neste momento tem caráter diagnóstico e formativo, permitindo ao professor compreender como os estudantes pensam, organizam suas ideias e interagem com problemas reais, promovendo a construção de aprendizagem significativa e reflexiva desde o início da sequência didática.

AULA 2 – CONCEPÇÕES INICIAIS E DEBATE (140 MINUTOS)

OBJETIVO:

- Tornar visíveis as concepções, lacunas e hipóteses dos estudantes que não foram evidenciadas nos mapas conceituais ou nas discussões iniciais, a fim de orientar as intervenções nas aulas práticas.

MÉTODO:

- Aplicação de um questionário diagnóstico.
- Socialização das respostas em pequenos grupos, incentivando a troca de ideias.
- Sistematização coletiva das contribuições em um mural organizado por categorias (físico, social, ambiental e tecnológico).

RECURSOS:

- Instrumento diagnóstico (questionário com perguntas abertas);
- Quadro branco ou mural para registro e categorização das contribuições dos alunos em dimensões (física, social, ambiental e tecnológica).

1ª ETAPA: A APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

- 1- Quais palavras ou ideias vêm à sua mente quando você ouve falar em “energia renovável”? Explique por que associou esses termos.
- 2- Você acha que usar o vento para gerar energia é uma boa ideia? Por quê?
- 3- Na sua opinião, quais áreas do conhecimento (como Física, Geografia ou Biologia) são importantes para entender o funcionamento da energia eólica? Justifique sua resposta.
- 4- Se fossem instalar turbinas eólicas no seu bairro ou cidade, o que poderia mudar? Você acha que traria mais vantagens ou problemas? Por quê?
- 5- Além de ser boa para o meio ambiente, que outros benefícios você acha que a energia eólica pode trazer para as pessoas?
- 6- Você acredita que o Brasil tem bons lugares para usar a energia do vento? Quais lugares você imagina?
- 7- Você tem conhecimento de possíveis impactos socioambientais negativos decorrentes da instalação de turbinas eólicas?

- 8- Comente. Se você fosse explicar para uma criança o que é energia eólica, como você explicaria com suas palavras?
- 9- Você já ouviu falar de alguma tecnologia, inovação ou ideia que possa melhorar o funcionamento das turbinas eólicas? Se sim, o que sabe sobre ela? Se não, o que você imagina que poderia ser criado?

2ª ETAPA: SOCIALIZAÇÃO DAS RESPOSTAS

Após a aplicação do questionário diagnóstico, será realizada uma atividade de socialização das respostas entre os estudantes, com o objetivo de promover a troca de saberes, experiências e percepções individuais sobre a energia eólica. Esta etapa é essencial para tornar visível a diversidade de conhecimentos prévios na turma e valorizar as diferentes formas de compreender o fenômeno.

Durante a socialização, o docente atuará como mediador do diálogo, destacando conceitos já consolidados pelo grupo e esclarecendo dúvidas ou equívocos identificados no questionário, sempre com sensibilidade e respeito às distintas interpretações apresentadas pelos alunos. É fundamental que o docente evidencie como as respostas se articulam com os conteúdos científicos relacionados à energia eólica, incluindo:

- Fundamentos físicos, como a conversão da energia cinética do vento em energia elétrica.
- Funcionamento dos aerogeradores.
- Aspectos ambientais e tecnológicos.
- Desafios de sua inserção no sistema energético atual.

Após a introdução do tema (Aula 1) e a aplicação do questionário diagnóstico (Aula 2), as aulas subseqüentes serão dedicadas ao aprofundamento conceitual dos fenômenos físicos associados à geração de energia eólica, orientadas pelos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov: problematização, organização do conhecimento e aplicação.

Nesse percurso, as equações fundamentais, como tensão, corrente, resistência e potência, serão introduzidas de maneira contextualizada, surgindo das situações práticas vivenciadas pelos estudantes. Assim, a formalização matemática não será apresentada

como procedimento mecânico, mas como ferramenta intelectual para interpretar dados experimentais, justificar comportamentos observados em circuitos e resolver problemas vinculados à conversão e transmissão de energia eólica.

Para o desenvolvimento das aulas práticas, será utilizada a plataforma Arduino Uno, previamente apresentada com guia de instalação e configuração. O Arduino atuará como recurso didático central para simulação, visualização e análise da conversão da energia cinética do vento em energia elétrica, articulando experimentação e conceituação, favorecendo a compreensão significativa dos conteúdos físicos, o desenvolvimento do raciocínio científico e a reflexão crítica sobre as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

AVALIAÇÃO FORMATIVA

Nesta etapa, a avaliação focaliza a análise das concepções iniciais e a sistematização coletiva das respostas. Aspectos a observar:

- Clareza e profundidade das respostas no questionário diagnóstico.
- Capacidade de identificar e organizar ideias no mural coletivo, categorizando-as em físico, social, ambiental e tecnológico.
- Participação ativa na socialização em grupo, demonstrando disposição para compartilhar e problematizar ideias.

INSTRUMENTOS:

- Questionários preenchidos pelos alunos.
- Produção do mural coletivo.
- Diário de bordo ou fichas de observação do docente, registrando padrões de pensamento recorrentes e possíveis equívocos conceituais.

AULA 3 – TRANSFORMAÇÃO DE ENERGIA COM ARDUINO: (140 MINUTOS)

OBJETIVO:

Compreender, de forma integrada, os fundamentos físicos da conversão de energia mecânica (vento) em energia elétrica, utilizando o Arduino como recurso didático experimental para consolidar a aprendizagem sobre energia eólica.

RECURSOS:

- Projetor multimídia;
- Kit Arduino com sensores e componentes elétricos;
- Maquete demonstrativa da turbina eólica;
- Computador com software de programação para Arduino (IDE).

METODOLOGIA

A aula combina exposição dialogada e prática experimental, articulando teoria e prática para favorecer a aprendizagem. O desenvolvimento será estruturado em dois momentos:

1ª ETAPA – EXPOSIÇÃO DIALOGADA

Neste primeiro momento, o docente retomará as discussões iniciais da Aula 1, estimulando os estudantes a recordarem os fundamentos da energia eólica por meio de perguntas instigadoras, como: *“O que acontece quando o vento movimenta as pás de uma turbina?”* ou *“Por que nem toda a energia do vento é aproveitada?”*.

A partir dessas provocações, será conduzida uma reflexão conceitual sobre os princípios físicos que explicam a conversão da energia do vento em eletricidade. Termos como energia cinética, trabalho mecânico, potência, conservação de energia e eficiência energética serão revisitados, mas ainda de forma introdutória e qualitativa, para reforçar a base conceitual.

Para apoiar essa discussão, o docente poderá fazer uso de recursos visuais (vídeos curtos, diagramas e esquemas dos componentes de um aerogerador) que ajudem os

estudantes a compreender como cada parte do sistema contribui para o processo de conversão.

O foco estará em reorganizar os conhecimentos e preparar os estudantes para a etapa seguinte, em que o experimento com Arduino permitirá observar o fenômeno de maneira prática, sendo este o momento em que as equações serão introduzidas gradualmente, conectando a formalização matemática à experiência concreta.

2ª ETAPA – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

A energia eólica é produzida quando conseguimos aproveitar o movimento do ar (vento) e transformá-lo em eletricidade. Esse processo é feito por meio dos aerogeradores (ou turbinas eólicas), máquinas projetadas especialmente para captar a energia cinética do vento.

A eficiência da conversão da energia eólica em energia elétrica está condicionada a diversos fatores, entre os quais se destacam a velocidade do vento, a densidade do ar, a altura da torre, o diâmetro das pás e o design aerodinâmico das turbinas. Dentre esses aspectos, a velocidade do vento assume papel central, pois a energia cinética disponível no escoamento é diretamente proporcional à massa do fluido em movimento e ao quadrado de sua velocidade, conforme descrito pela equação da física:

$$Ec = \frac{1}{2} mv^2$$

(equação 1)

Onde

- Ec representa a energia cinética em J
- m é a massa do corpo em kg
- v é a velocidade do corpo em m/s

Isso significa que, se a velocidade do vento dobrar, a energia disponível quadruplica. Mesmo assim, não é possível aproveitar toda essa energia. O Teorema de Betz (Manwell et al., 2009) mostra que nenhuma turbina pode converter mais de 59,3% da energia do vento em eletricidade. Estudos como os de Gipe (2004) reforçam a

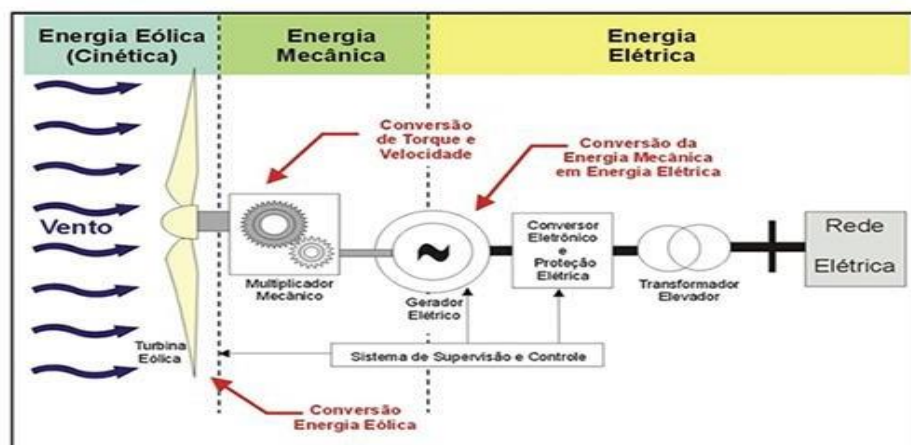
importância do design das pás e dos sistemas de controle para otimizar a conversão, reduzir perdas e aumentar a estabilidade.

No contexto brasileiro, a energia eólica tem se consolidado como um elemento estratégico na matriz energética nacional, sobretudo nas regiões Nordeste e Sul, que apresentam condições anemométricas favoráveis. De acordo com Araújo e Carvalho (2019), a expansão da energia eólica no país contribui para a diversificação das fontes energéticas e para a redução das emissões de gases de efeito estufa.

Para compreender melhor como essa fonte é aproveitada na prática, é importante analisar o funcionamento interno dos aerogeradores, isto é, os principais componentes responsáveis por transformar a energia do vento em eletricidade. A Figura 4 apresenta esses elementos e suas funções:

- **Pás:** captam a energia cinética do vento.
- **Rotor:** converte energia do vento em movimento rotacional.
- **Caixa multiplicadora (ou multiplicador de velocidade):** Eleva a velocidade de rotação do eixo para níveis adequados ao funcionamento do gerador.
- **Gerador:** transforma energia mecânica em elétrica.
- **Sistema de controle:** Monitora e ajusta a operação da turbina visando à eficiência energética e segurança do sistema.
- **Transformador:** adapta a voltagem para a rede.
- **Rede elétrica:** Responsável por distribuir a energia elétrica gerada até os consumidores finais.

Figura 4 - Processo de conversão de energia eólica em energia elétrica



(Fonte: PICOLO, 2014)

A Figura 4 ilustra de forma geral o processo de conversão da energia eólica: o vento faz as pás girarem, esse movimento é transmitido ao multiplicador e ao gerador, e finalmente a energia elétrica é produzida e enviada à rede.

Na maquete utilizada em sala, esse mesmo princípio é reproduzido em escala reduzida. Com as baterias previamente carregadas, o motor é acionado e provoca a rotação das hélices, simulando a ação do vento sobre as pás de uma turbina real. Essa rotação é transmitida ao eixo, gerando uma corrente elétrica que, controlada pelo Arduino, acende um LED.

O simples acendimento do LED, embora simbólico, torna visível a transformação da energia cinética do ar em energia elétrica, permitindo que os alunos acompanhem, passo a passo, como ocorre a conversão. Mesmo que a energia em si não possa ser observada diretamente, o experimento possibilita visualizar sua mudança de forma, o que confere grande valor didático.

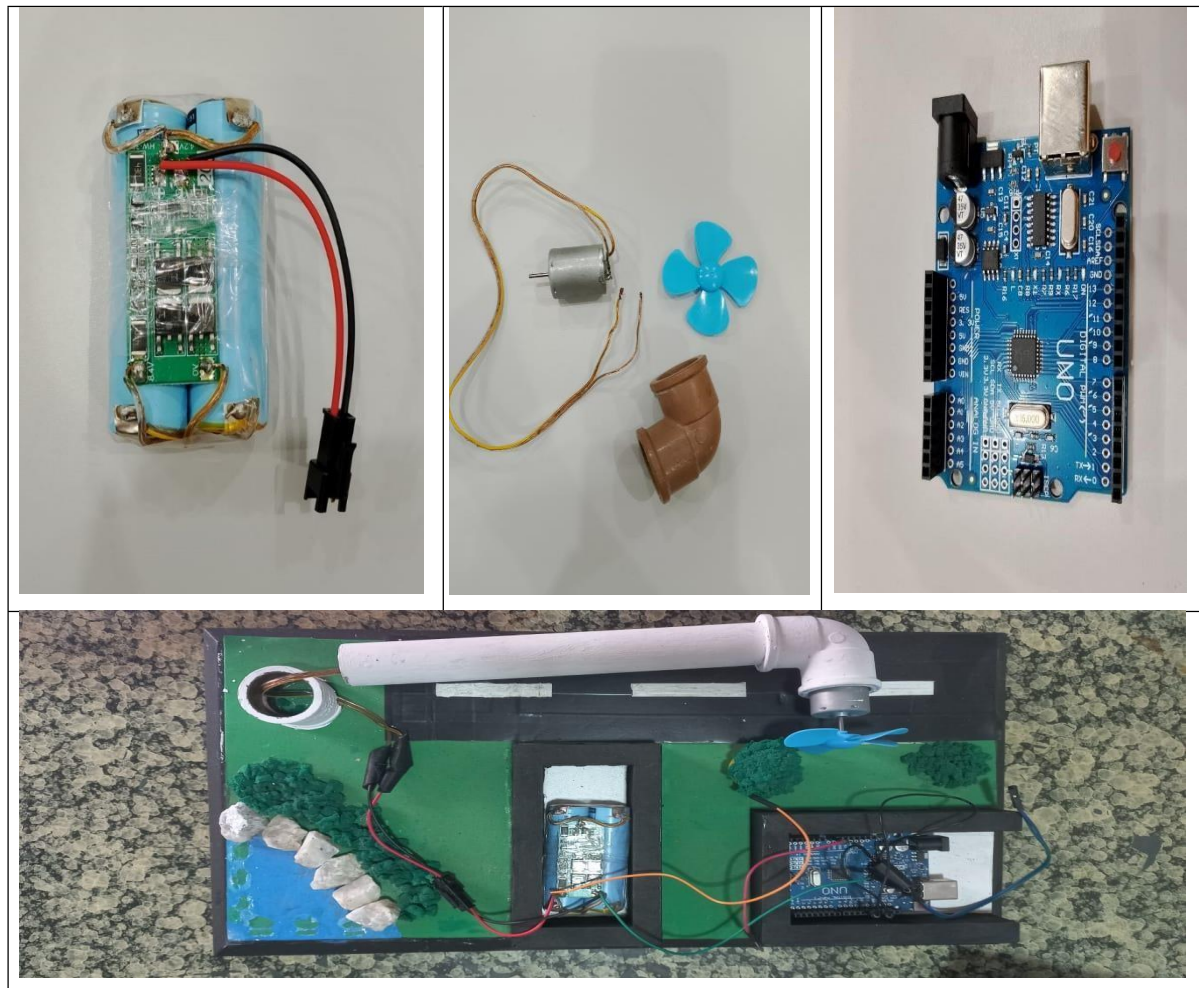
Dessa maneira, o recurso favorece uma compreensão concreta e intuitiva de um processo físico abstrato, fortalecendo a aprendizagem de modo mais significativo e duradouro.

3ª ETAPA – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO: EXPERIMENTAÇÃO

O docente apresentará uma maquete didática equipada com kit Arduino, previamente montada antes da aula. A bateria deverá ser conectada através dos jumpers tanto a placa Arduino quanto ao rotor, conforme a Figura 5, que apresenta a montagem, servindo como referência para a compreensão do protótipo.

Durante a apresentação, será explicada a função de cada componente, pás, rotor, eixo, gerador e LED, destacando como, em conjunto, eles representam em escala reduzida o funcionamento real de um aerogerador.

Figura 5 – Maquete didática equipada com Arduino



(Fonte: elaborado pelo autor (2026))

EXECUÇÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

DEMONSTRAÇÃO INICIAL PELO DOCENTE:

O docente realizará uma demonstração prática utilizando a maquete de aerogerador, simulando a ação do vento com o auxílio de um ventilador. O procedimento seguirá os seguintes passos:

- O ventilador impulsionará o rotor da maquete, reproduzindo o movimento natural do vento.
- A rotação do rotor será transmitida ao gerador acoplado, controlado pelo Arduino, acenderá um LED.

Este efeito visual torna explícita a conversão da energia mecânica em energia elétrica, permitindo aos alunos compreenderem de forma concreta um processo físico que, normalmente, é abstrato.

DISCUSSÃO ORIENTADA

Após a demonstração, o docente conduzirá uma análise coletiva, promovendo a reflexão por meio de questões orientadoras, tais como:

- Quais variáveis interferem na eficiência do sistema?
- Como as perdas energéticas podem ser minimizadas?
- Qual a importância do design aerodinâmico e dos sensores de controle?
- O que a simulação com Arduino revela sobre o funcionamento dos aerogeradores reais?

Este diálogo possibilita que os estudantes compreendam de forma crítica os limites e potencialidades da energia eólica, conectando teoria, prática e realidade tecnológica.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA EM GRUPOS

Em seguida, os estudantes serão divididos em pequenos grupos para explorar variações experimentais, aprofundando a análise do fenômeno. Entre as propostas estão:

- Alterar a intensidade do vento (variando a potência do ventilador) e observar os efeitos no LED.
- Analisar o comportamento do circuito controlado pelo Arduino.
- Identificar fatores que reduzem a eficiência do sistema e refletir sobre as limitações da geração em pequena escala.

Essa abordagem integrativa de discussão coletiva e prática investigativa permite aos alunos formular hipóteses, registrar observações e construir uma compreensão sólida sobre os princípios físicos e tecnológicos da energia eólica, favorecendo uma aprendizagem significativa aplicada ao contexto energético contemporâneo

AValiação formativa:

Nesta etapa, a avaliação focaliza o envolvimento dos estudantes e a capacidade de relacionar teoria e prática.

ASPECTOS A OBSERVAR:

- Participação ativa no manuseio do protótipo (montagem, cuidado com materiais e colaboração em grupo).
- Capacidade de formular hipóteses e registrar observações durante a atividade experimental.
- Clareza na relação entre variáveis físicas (velocidade do vento, movimento do rotor, geração de energia) e os resultados obtidos.
- Contribuições orais na discussão orientada, evidenciando compreensão conceitual e argumentação crítica.

INSTRUMENTOS:

- Registros das hipóteses, observações e interpretações iniciais dos estudantes durante a atividade experimental, orientados pelo professor, complementados pelo diário de bordo docente.
- Registros fotográficos ou esquemáticos das montagens realizadas.

AULA 4 – MEDIÇÕES E ANÁLISES COM ARDUINO: VOLTAGEM, AMPERAGEM E RESISTÊNCIA (140 MINUTOS)

OBJETIVO:

- Compreender e aplicar, de forma integrada, os conceitos de tensão elétrica (voltagem), corrente elétrica (amperagem) e resistência, por meio de atividades práticas interativas com Arduino, contextualizadas em situações reais de geração e consumo de energia.

RECURSOS:

- Placa Arduino UNO
- Protoboard
- Resistores diversos
- Jumpers (fios de conexão)
- LEDs
- Computadores com IDE do Arduino instaladas

METODOLOGIA

A aula será estruturada em três momentos complementares, articulando teoria e prática conforme o modelo dos Três Momentos Pedagógicos, iniciando pela problematização do conteúdo a ser estudado:

1º MOMENTO – INVESTIGAÇÃO INICIAL

Será realizada uma apresentação dialogada com apoio de slides e imagens, retomando os conceitos fundamentais da eletricidade: diferença de potencial (voltagem), corrente elétrica e resistência. Serão discutidas as leis que regem esses fenômenos, especialmente a Lei de Ohm, com ênfase na sua aplicação em sistemas elétricos reais, como os utilizados na geração de energia a partir do vento.

2º MOMENTO – ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesta etapa, os estudantes organizam cientificamente os conceitos necessários para compreender os fenômenos observados na problematização inicial. Serão abordadas

as três grandezas fundamentais da eletricidade, tensão (V), resistência (R) e corrente elétrica (I), que estruturam a Lei de Ohm e explicam o funcionamento dos sistemas de geração e transmissão de energia, como as turbinas eólicas.

TENSÃO ELÉTRICA (VOLTAGEM)

A tensão elétrica (também chamada diferença de potencial elétrico ou, popularmente, voltagem) é a grandeza física que expressa a quantidade de trabalho por unidade de carga necessária para deslocar uma carga elétrica entre dois pontos de um campo elétrico.

Em termos práticos, ela representa a energia potencial elétrica disponível por carga para gerar corrente em um circuito. Sua unidade, o volt (V), homenageia Alessandro Volta, inventor da pilha voltaica, precursora das baterias modernas.

A diferença de potencial pode ser gerada por diversas causas, como a existência de campos elétricos estáticos ou as variações de campos magnéticos em dispositivos geradores. Essas variações induzem uma tensão, que estabelece um campo elétrico e faz com que as cargas elétricas se movam, originando a corrente.

No contexto da geração de energia eólica, o vento movimenta as pás do aerogerador, fazendo girar o eixo acoplado ao gerador elétrico. Essa rotação altera o fluxo magnético no interior do gerador, induzindo uma tensão elétrica segundo a Lei de Faraday da Indução Eletromagnética. A tensão gera a corrente elétrica que é conduzida até os sistemas de armazenamento e distribuição de energia.

Essa tensão é a responsável por iniciar a circulação de corrente no circuito elétrico do gerador. Porém, ela não atua sozinha no circuito, para entender como ela realmente define o comportamento do fluxo de cargas, é necessário considerar outra grandeza igualmente fundamental.

RESISTÊNCIA ELÉTRICA (R)

A resistência elétrica (R) é uma propriedade intrínseca dos materiais que determina o quanto eles dificultam a passagem da corrente elétrica. Conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI), a grandeza resistência é medida em ohms, simbolizada pela letra grega Ω .

Em termos microscópicos, essa oposição ocorre devido às colisões entre os elétrons livres e os átomos do material condutor, que transformam parte da energia elétrica em calor, fenômeno conhecido como efeito Joule.

De acordo com a Lei de Ohm:

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

(Equação 2)

- V em volts (V)
- R em omhs (Ω)
- I em amperes (A)

A equação 2 mostra que a resistência é a razão entre a tensão aplicada (V) e a corrente resultante (I). Materiais de baixa resistividade, como cobre e alumínio, apresentam pequena oposição ao fluxo de elétrons; já isolantes, como plástico e borracha, exibem resistências elevadas, praticamente impedindo a circulação de cargas.

No contexto da energia eólica, compreender a resistência é essencial para o dimensionamento dos cabos e componentes. Quanto maior a resistência dos condutores, maiores serão as perdas por aquecimento e menor será a eficiência da transmissão da energia gerada.

Após analisar como a resistência regula o comportamento do circuito, chegamos ao terceiro conceito fundamental, que expressa o movimento efetivo das cargas.

CORRENTE ELÉTRICA (I)

A corrente elétrica (I) representa o fluxo ordenado de cargas elétricas (elétrons) através de um condutor, provocado pela diferença de potencial elétrico (tensão) entre dois pontos.

Sua unidade, o ampere (A), mede a quantidade de carga (em coulombs) que atravessa uma seção do condutor por segundo:

$$I = \frac{Q}{t}$$

(Equação 3)

- Q em Coulomb (C)
- t em segundos (s)

Enquanto a tensão é responsável por “empurrar” as cargas, a corrente é o “movimento efetivo” dessas cargas no circuito, é ela quem transporta energia elétrica para os dispositivos.

Como vimos anteriormente pela Lei de Ohm, a intensidade da corrente é diretamente proporcional à tensão e inversamente proporcional à resistência equação 3 Assim, para uma mesma tensão, aumentar a resistência reduz a corrente e, consequentemente, a energia transferida.

Nos sistemas de geração e transmissão eólica, a corrente elétrica determina a potência entregue à rede, dada por:

$$P = V \cdot I$$

(Equação 4)

Onde correntes muito elevadas provocam aquecimento excessivo e perdas (efeito Joule), enquanto correntes muito baixas reduzem a eficiência energética. Assim, compreender a relação entre tensão, resistência e corrente é fundamental para otimizar o desempenho de sistemas elétricos sustentáveis.

3º MOMENTO – APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Nesta etapa, os estudantes aplicam os conceitos teóricos organizados no momento anterior para resolver problemas experimentais concretos, realizando medições de tensão, resistência e corrente em circuitos reais. Eles realizaram três experimentos práticos em sequência, utilizando a plataforma Arduino como instrumento de coleta, leitura e análise das grandezas elétricas envolvidas.

Os códigos-fonte correspondentes a cada experimento, responsáveis pela leitura e exibição dos resultados, estão disponibilizados no Apêndice A deste material. Cada atividade foi planejada de forma a permitir a aplicação direta dos conceitos teóricos estudados anteriormente, promovendo uma aprendizagem mais concreta, significativa e engajadora, em que os alunos possam observar, medir e interpretar os fenômenos físicos de maneira prática e contextualizada.

Para orientar o desenvolvimento das tarefas, será fornecido aos alunos um roteiro experimental específico para cada experimento, contendo instruções objetivas,

procedimentos passo a passo e espaços destinados ao registro e à análise dos resultados obtidos. Esses roteiros, reunidos no Apêndice B, funcionarão como instrumentos de apoio didático, favorecendo a autonomia investigativa dos estudantes e ampliando sua compreensão dos fenômenos físicos por meio da experimentação científica.

EXPERIMENTO I: VOLTAGEM

OBJETIVO:

- Medir a tensão elétrica (voltagem) entre dois pontos de um circuito simples e compreender, de forma prática, o conceito de diferença de potencial elétrico, visualizando como a energia elétrica se distribui entre os componentes.

DESCRIÇÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste experimento, o Arduino será utilizado como um voltímetro digital, permitindo medir e visualizar, em tempo real, a diferença de potencial aplicada em um circuito real e aproximando o conceito teórico de sua observação prática em sala de aula.

Para isso, o docente apresenta aos alunos um circuito composto por Arduino UNO, protoboard, LED e um resistor de 220 Ω , configurado de modo que a leitura de tensão ocorra entre o LED e o resistor. A partir dessas medições, os estudantes poderão relacionar diretamente os valores observados aos princípios fundamentais da eletricidade discutidos anteriormente.

PASSO A PASSO DA MONTAGEM

1º PASSO: Posicionamento do circuito

- Colocar o Arduino UNO e a protoboard sobre a bancada de forma organizada, garantindo fácil visualização das conexões, conforme a figura 6.
- Esse será o ponto de partida para a identificação das entradas (5V) e do retorno (GND) da corrente elétrica.

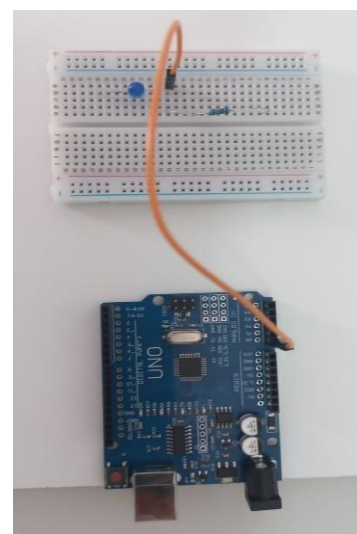


Figura 6 – Arduino e Protoboard

Função: reconhecer a estrutura do circuito e preparar o ambiente de medição.

2° PASSO: Conexão do LED e do resistor

Com o LED e o resistor de 220 Ω em mãos:

- De acordo com a figura 7, conecte uma das extremidades do resistor ao terminal negativo (catodo) do LED.
- Na junção entre o resistor e o LED, inserir um fio condutor (de cor amarela).
- Esse fio será ligado à porta analógica A0 do Arduino, responsável por realizar a leitura da tensão naquele ponto do circuito.

Função: criar o ponto de medição entre dois componentes, exatamente onde a diferença de potencial será registrada pelo Arduino.

3° PASSO: Ligação do terminal negativo (retorno)

- Com um fio preto, conectar a trilha negativa da protoboard ao pino GND do Arduino.

Função: estabelecer o caminho de retorno da corrente elétrica, fechando o circuito e garantindo o fluxo de elétrons.

4° PASSO: Ligação do terminal positivo (alimentação)

- Com um fio vermelho, conectar a trilha positiva da protoboard à porta de 5V do Arduino.

Função: fornecer energia elétrica ao circuito, criando a diferença de potencial necessária para o funcionamento do LED e para a medição da tensão.

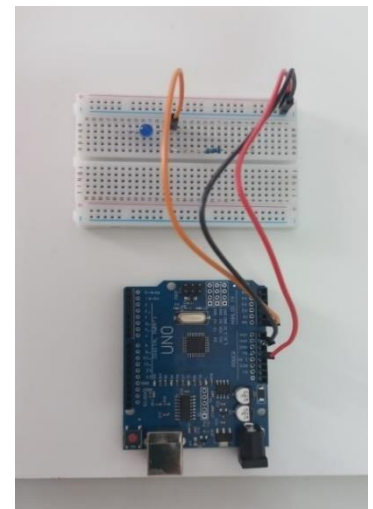


Figura 7 – Arduino com LED

5° PASSO: Alimentação do LED

- Conectar o terminal positivo (ânodo) do LED — reconhecido por ser o pino mais longo e pela placa interna menor — à trilha positiva da protoboard utilizando um fio vermelho.

Função: permitir que o LED receba energia diretamente da fonte de 5 V e que haja diferença de potencial entre seus terminais.

6° PASSO: Fechamento do circuito

- Com outro fio preto, conectar a outra extremidade do resistor à trilha negativa da protoboard.

Função: completar o caminho da corrente elétrica, garantindo que o circuito esteja fechado e pronto para a medição da tensão entre o LED e o resistor.

CÓDIGO FONTE

Posteriormente, deve-se inserir o código-fonte no ambiente de desenvolvimento Arduino, previamente aberto no computador com o cabo USB conectado ao dispositivo, para iniciar o processamento dos dados do experimento.

Em seguida, clique em “Carregar” no ambiente Arduino e aguarde o processamento completo do código. Posteriormente, acesse a opção “Monitor Serial” para observar os dados gerados. Esses dados deverão ser analisados conforme o protocolo estabelecido no roteiro do Experimento I.

EXPERIMENTO II: OHMÍMETRO

OBJETIVO:

- Determinar a resistência de um resistor desconhecido, aplicando o princípio do divisor de tensão e a leitura de voltagem pelo Arduino.

DESCRIÇÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste experimento, o divisor de tensão permite observar de maneira concreta que, quando dois resistores são conectados em série, a tensão total da fonte se distribui entre eles proporcionalmente aos seus valores de resistência. Com isso, o aluno compreende que a resistência não é apenas um conceito abstrato, mas um elemento que influencia diretamente a forma como a energia elétrica se reparte em um circuito real.

Para evidenciar esse princípio, o professor apresenta aos alunos um circuito do tipo divisor de tensão, composto por dois resistores em série:

- Um resistor conhecido de $220\ \Omega$;
- Um resistor desconhecido, cujo valor será determinado a partir da leitura de tensão.

O circuito é alimentado pela saída de 5 V do Arduino UNO e conectado ao pino analógico A0, responsável por realizar a medição da queda de tensão sobre o resistor desconhecido (R_2).

PASSO A PASSO DA MONTAGEM

1º PASSO: Preparação do circuito

- Conforme a figura 8, posicionar o Arduino UNO e a protoboard sobre a bancada de forma organizada, garantindo fácil visualização das conexões e evitando o cruzamento de fios.

Função: preparar o ambiente experimental e facilitar a identificação dos pontos de alimentação e medição.

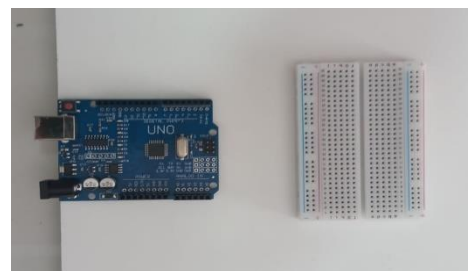


Figura 8 – Arduino e protoboard

2º PASSO: Conexão dos resistores

- Inserir R_1 ($220\ \Omega$) e R_2 (resistor desconhecido) em série na protoboard, conforme a figura 9, de modo que uma extremidade de R_1 fique conectada à trilha positiva (5 V) e a extremidade oposta ligada a uma ponta de R_2 .

Função: formar o divisor de tensão, como mostra a figura 10, no qual a diferença de potencial da fonte será dividida proporcionalmente entre os dois resistores.

3º PASSO: Ligação do terminal negativo (retorno)

- Conectar a outra extremidade de R_2 à trilha negativa da protoboard, utilizando um fio preto que vai até o pino GND do Arduino.

Função: completar o circuito elétrico, permitindo o fluxo contínuo de corrente.

4º PASSO: Ligação do terminal positivo (alimentação)

- Com um fio vermelho, ligar a trilha positiva da protoboard à porta de 5V do Arduino, estabelecendo a tensão de alimentação do circuito.

Função: fornecer energia elétrica necessária para a medição do divisor de tensão.

5º PASSO: Ponto de medição

- Conectar um fio laranja entre o ponto comum entre R_1 e R_2 e a porta analógica A0 do Arduino.

Função: permitir que o Arduino leia a tensão sobre o resistor desconhecido (R_2), convertendo o valor analógico em dados numéricos exibidos no Monitor Serial.

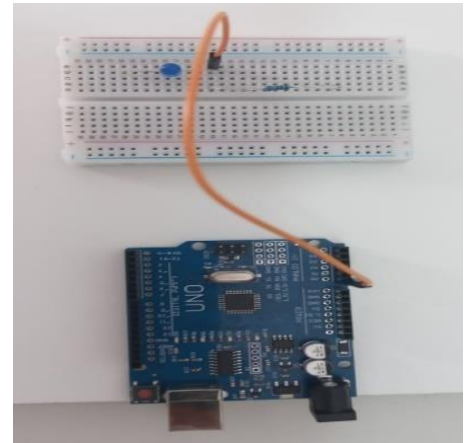


Figura 9 – R1 e R2 inseridos

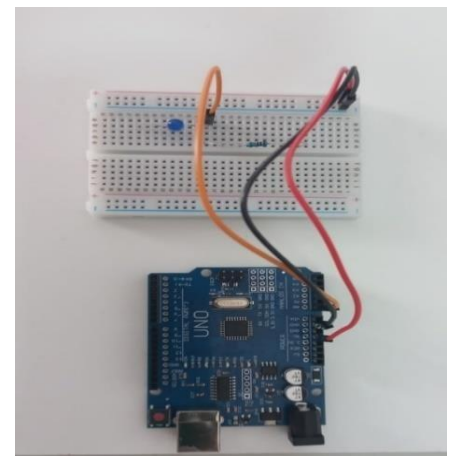


Figura 10 – Divisor de tensão

Após montar o circuito, o professor carregará o código do ohmímetro digital (ver Apêndice A) no Arduino IDE. Com o sistema alimentado, os alunos deverão observar os valores de tensão (V) sendo exibidos no Monitor Serial e registrá-los no relatório de medições (Apêndice B).

Em seguida, deve-se inserir o código-fonte no ambiente de desenvolvimento Arduino, previamente aberto no notebook, assegurando que o cabo USB esteja corretamente conectado à placa Arduino utilizada no experimento. Após essa etapa, procede-se ao processamento e execução dos dados conforme o programa carregado.

A seguir, clique em “carregar” e aguarde a compilação e o envio do código para o Arduino. Após a conclusão, acesse a opção “Monitor Serial” para visualizar os dados gerados, os quais deverão ser analisados conforme o procedimento detalhado no roteiro do Experimento II.

EXPERIMENTO III: AMPERÍMETRO

OBJETIVO:

Medir e comparar a corrente elétrica que circula em um circuito simples, utilizando o Arduino UNO como amperímetro digital e o multímetro como instrumento de referência, relacionando os resultados com os valores teóricos obtidos a partir da Lei de Ohm.

DESCRIÇÃO E PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Neste experimento, o aluno observa na prática como a corrente elétrica varia em função da tensão e da resistência, compreendendo por que seu controle é essencial para o funcionamento eficiente de sistemas elétricos e sustentáveis. Para iniciar a atividade, o professor apresenta um circuito simples composto por um LED e um resistor de $220\ \Omega$ ligados em série e alimentados pela saída de 5 V do Arduino.

O Arduino UNO é configurado para realizar uma medição indireta da corrente, registrando a queda de tensão no resistor por meio de uma porta analógica. Com esse valor, é possível calcular a corrente que percorre o circuito utilizando a relação da Lei de Ohm. Em paralelo, um multímetro digital é conectado ao circuito para medir a corrente diretamente, servindo como instrumento de referência.

A comparação entre os valores teóricos, os obtidos pelo Arduino e os medidos pelo multímetro permite ao aluno compreender de forma concreta como o fluxo de elétrons responde às variações de tensão e resistência, evidenciando por que o controle da corrente é crucial em sistemas elétricos — especialmente aqueles baseados em geração sustentável.

PASSO A PASSO DA MONTAGEM E OBSERVAÇÃO

1° PASSO: Preparação do circuito

- Posicionar o protoboard e Arduino nos locais desejados.

2° PASSO: Conexão dos componentes

- Conectar o resistor de $220\ \Omega$ em série com o LED, lembrando que o terminal positivo (ânodo) do LED é o pino mais longo e deve ser ligado à trilha positiva (5V).

Função: criar o percurso da corrente no circuito, garantindo que a corrente passe pelo resistor antes de acender o LED.

3° PASSO: Alimentação e retorno

- Utilizar um fio vermelho para ligar a trilha positiva da protoboard à porta de 5V do Arduino, conforme a figura 11.
- Utilizar um fio preto para conectar a trilha negativa ao pino GND do Arduino.

Função: estabelecer o fluxo de corrente da fonte até o retorno (GND).

4° PASSO: Inserção do ponto de medição

- Conectar um fio laranja entre a extremidade do resistor e o pino analógico A0 do Arduino, conforme a figura 12.

Função: permitir que o Arduino leia a tensão no resistor, a partir da qual será calculada a corrente elétrica usando a Lei de Ohm.

5° PASSO: Leitura de referência com o multímetro

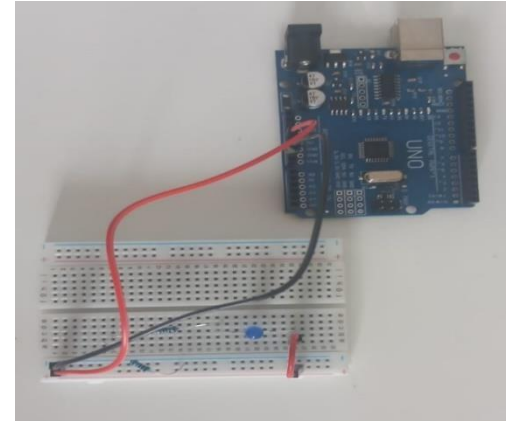


Figura 11 – Alimentação e Retorno

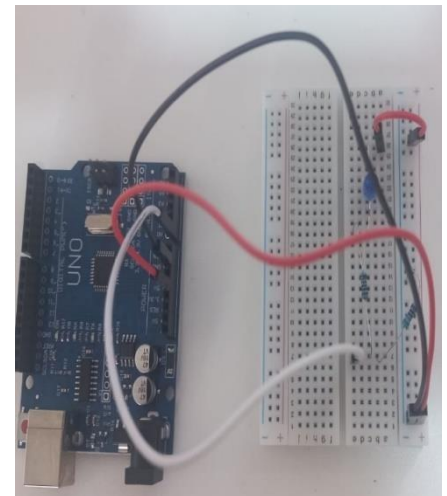


Figura 12 – Ponto de Medição

- Conectar o multímetro em série com o LED e o resistor, configurando-o na escala de corrente contínua (mA).

Função: medir a corrente diretamente, servindo como referência para comparação com o valor calculado pelo Arduino.

Após a montagem, o professor carregará o código do amperímetro digital (ver Apêndice A) no Arduino IDE. Com o circuito energizado, os alunos deverão observar no Monitor Serial os valores de tensão (V) sobre o resistor e corrente (I) calculada pelo programa.

Os dados devem ser registrados no relatório de medições (Apêndice B) e comparados aos valores obtidos com o multímetro.

CÓDIGO FONTE

Seguindo os mesmos passos dos experimentos I e II, adicionar o código no aplicativo Arduino aberto no notebook, com o cabo USB conectado ao Arduino do experimento, e processar os dados. Assim como nos experimentos I e II, clique em “carregar” e aguarde o código ser processado. Posteriormente, clique na opção “Monitor Serial”, e verifique os dados que serão utilizados de acordo com o passo a passo do roteiro do experimento III.

AVALIAÇÃO FORMATIVA

Nesta etapa, a ênfase recai sobre a capacidade dos estudantes de realizar medições elétricas, de tensão, corrente e resistência, utilizando o Arduino UNO como instrumento de coleta e análise de dados.

O foco principal é avaliar não apenas a execução técnica dos experimentos, mas também a compreensão conceitual, a interpretação dos resultados e a postura investigativa e colaborativa durante as atividades.

O que observar:

- Correção e autonomia na montagem dos circuitos elétricos, respeitando o esquema e os cuidados de segurança.
- Precisão e organização no registro das medições experimentais em cada etapa.
- Aplicação adequada da Lei de Ohm, relacionando valores teóricos e práticos e discutindo possíveis divergências.
- Qualidade da discussão em grupo, com justificativas consistentes sobre discrepâncias observadas (ex.: perdas energéticas, ruídos, tolerância de resistores, limitações do experimento).
- Postura colaborativa durante a execução das tarefas, evidenciada pela divisão de funções, cooperação entre colegas e respeito às etapas do experimento.

INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO

- Relatórios experimentais (Apêndice B), contendo registros das medições, cálculos, respostas analíticas e conclusões individuais ou em grupo.
- Diário de bordo ou fichas de observação do professor, registrando as dificuldades enfrentadas, os avanços conceituais e as estratégias de resolução adotadas pelos estudantes ao longo das atividades.

AULA 5 – REFLEXÃO CRÍTICA E CONSCIENTIZAÇÃO SOBRE ENERGIAS RENOVÁVEIS (140MINUTOS)

OBJETIVOS:

- Promover uma reflexão crítica articulando os conceitos físicos estudados com os desafios reais relacionados ao uso de fontes renováveis, com ênfase na energia eólica.
- Favorecer a formação de estudantes capazes de compreender seu entorno e atuar como cidadãos conscientes, reconhecendo a relevância da energia eólica para a sustentabilidade socioambiental e para a construção de uma sociedade mais justa e responsável

RECURSOS:

- Projetor multimídia
- Quadro branco ou lousa digital
- Cópias impressas dos questionamentos problematizadores
- Fichas de anotação reflexiva ou cadernos dos alunos

METODOLOGIA:

A aula será organizada em três momentos principais, integrando mediação dialógica, avaliação formativa e expressão escrita, com foco na consolidação dos conhecimentos e na articulação entre teoria e realidade socioambiental.

1º MOMENTO – RODA DE CONVERSA MEDIADORA

Será promovida uma roda de conversa, em que os estudantes compartilharão percepções, descobertas e dificuldades observadas durante as experiências práticas (gerador eólico com Arduino, medições elétricas, etc.). O diálogo será guiado por questões problematizadoras, que incentivam reflexão sobre os impactos, limitações e possibilidades da energia eólica, considerando dimensões sociais, tecnológicas e ambientais:

- Como a energia eólica pode contribuir para a sustentabilidade energética em nossa região?

- Quais são os principais desafios na implementação de parques eólicos em áreas urbanas ou rurais?
- De que maneira a adoção de motores elétricos pode transformar o setor industrial em termos de eficiência energética e redução de emissões, e qual o papel da ciência na criação de soluções mais limpas e eficazes?
- Quais benefícios sociais, econômicos e ambientais podem surgir para as comunidades locais com a geração de energia eólica, e como o conhecimento científico pode potencializar esses impactos positivos?
- De que forma o uso de energias renováveis, como a eólica, contribui para mitigar os efeitos das mudanças climáticas, e por que o papel da ciência é essencial nessas transições energéticas?

Essa etapa também funcionará como avaliação formativa, permitindo ao professor observar a consolidação conceitual dos conteúdos físicos (como energia, voltagem, corrente, resistência e potência) e o desenvolvimento do pensamento crítico e argumentativo dos estudantes.

2º Momento – Atividade de Síntese: Mapa Conceitual Reflexivo

Após a roda de conversa, os alunos serão convidados a elaborar um mapa conceitual que represente, de forma integrada e visual, os principais conhecimentos construídos ao longo da sequência didática.

A proposta do mapa é articular os conceitos físicos trabalhados com os impactos sociais e ambientais discutidos, permitindo aos alunos sistematizarem as ideias principais de forma clara, conectada e criativa.

O MAPA CONCEITUAL DEVE CONTER:

- Conceitos físicos fundamentais: energia cinética, voltagem, corrente elétrica, resistência, indução eletromagnética, transformação de energia.
- Conexões com a realidade: aplicações da energia eólica, problemas ambientais, soluções sustentáveis, papel da tecnologia.
- Palavras-chave ligadas à reflexão crítica: sustentabilidade, uso consciente da energia, futuro limpo, inovação, cidadania.

Os alunos poderão construir o mapa individualmente ou em duplas, utilizando cartolina, papel A4 ou ferramentas digitais simples (como o Canva, Google Desenhos ou CmapTools).

3º MOMENTO – REGISTRO DE FORMA REFLEXIVA

Encerrando a sequência, os alunos realizarão uma reflexão escrita individual sobre as aprendizagens construídas ao longo das aulas e sobre o papel da ciência na busca por um futuro mais sustentável. Essa etapa tem caráter avaliativo e formativo, estimulando autonomia intelectual, consciência crítica e expressão pessoal. Cada estudante deverá responder, por escrito, às perguntas a seguir, que articulam compreensão conceitual, percepção social e reflexão pessoal.

PARTE 1 – CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO

- 1- Descreva o que foi aprendido sobre energia elétrica a partir dos experimentos realizados, explicando como os conceitos de tensão, corrente e resistência se manifestam nos circuitos com Arduino.**

- 2- De que forma o uso do Arduino contribuiu para uma compreensão mais concreta dos fenômenos físicos estudados?**

PARTE 2 – CONEXÃO ENTRE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

- 3- Como os conhecimentos de Física e eletricidade se aplicam à geração de energia eólica?**

(Explique, com suas palavras, como o vento é transformado em energia elétrica.)

- 4- Quais são os benefícios ambientais e sociais do uso da energia eólica em relação às fontes não renováveis?**

PARTE 3 – REFLEXÃO PESSOAL E CIDADANIA ENERGÉTICA

- 5- O que mais me chamou atenção ao estudar sobre energias renováveis foi...**

- 6- De que maneira eu, como cidadão, posso contribuir para um uso mais consciente e sustentável da energia?**

- 7- Se eu pudesse resumir o que aprendi em uma frase, seria:**

AVALIAÇÃO FORMATIVA

A avaliação desta aula tem como objetivo verificar como os estudantes articulam os conceitos físicos estudados com as dimensões sociais, ambientais e tecnológicas da energia eólica, demonstrando aprendizado significativo e consciência cidadã.

O QUE OBSERVAR:

- Participação na roda de conversa: clareza, argumentação, respeito ao diálogo e posicionamento crítico.
- Capacidade de relacionar resultados experimentais com problemas e soluções socioambientais.
- Qualidade do mapa conceitual: número de conexões, coerência entre ciência e sociedade e clareza visual.
- Clareza, criticidade e originalidade nas respostas da reflexão escrita.

INSTRUMENTOS:

- Mapa conceitual final (individual ou em duplas).
- Reflexão individual (atividade escrita).
- Registros da roda de conversa e diário de bordo do professor, destacando avanços conceituais e desenvolvimento do pensamento crítico.

APÊNDICE A - CÓDIGOS

CÓDIGO FONTE DO EXPERIMENTO I

```
be00000000000000000000000000000000.]j0+// Define o pino onde o LED está  
conectado  
const int ledPin = 12;  
  
void setup() {  
    // Configura o pino como saída  
    pinMode(ledPin, OUTPUT);  
}  
  
void loop() {  
    // Acende o LED  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
    delay(1000); // Espera 1 segundo  
  
    // Apaga o LED  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
    delay(1000); // Espera 1 segundo}
```

CÓDIGO FONTE DO VOLTÍMETRO

```
void setup() {
    // O comando abaixo é desnecessário caso o modo seja o DEFAULT
    analogReference(DEFAULT);

    // Cria a comunicação serial para exibir os valores no monitor serial
    Serial.begin(9600);
}

void loop() {
    // Mede o valor de 0 a 1023 e converte para tensão
    float tensao = analogRead(A0);
    tensao = tensao*5/1023;

    // Exibe o valor lido
    Serial.println(tensao);

    // Cria um pequeno atraso entre cada medição
    delay(1000);
}
```

CÓDIGO FONTE DO OHMÍMETRO

```
void setup() {
  // Cria a comunicação serial para exibir os valores no monitor serial
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  // Mede o valor de 0 a 1023 e converte para tensão
  // o (float) faz um coerção, pois o comando analogRead retorna um numero
  inteiro e a tensão é um float
  float tensao = (float)analogRead(A0)*5/1023;

  // Converte a tensao para resistencia
  float R1 = (220*5 - tensao*220)/tensao;

  // Exibe o valor de R1
  Serial.println(R1);

  // Cria um pequeno atraso entre cada medição
  delay(1000);
}
```

CÓDIGO FONTE DO AMPERÍMETRO

```
void setup() {
  // Cria a comunicação serial para exibir os valores no monitor serial
  Serial.begin(9600);

  // Altera a tensão de referência para 1.1v
  analogReference(INTERNAL);
}

void loop() {
  // Mede o valor de 0 a 1023 e converte para tensão
  // o (float) faz um coerção, pois o comando analogRead retorna um numero inteiro e
  a tensão é um float
  float tensao = (float)analogRead(A0)*1.1/1023;

  // Encontra a corrente a partir da tensao
  // float I = tensao/220;

  // Exibe o valor da corrente em mA, por isso multiplico por 1000
  Serial.print("voltagem = ");
  Serial.println(tensao);
}
```

```
// Cria um pequeno atraso entre cada medição  
delay(1000);  
}
```

APÊNDICE B – ROTEIROS DOS EXPERIMENTOS

ROTEIRO DO EXPERIMENTO I

		EETI FRANCISCO DE ASSIS PINHEIRO		NOTA
		COMPONENTE CURRICULAR: ELETIVA I		
EXPERIMENTO I: MEDIÇÃO DA TENSÃO ELÉTRICA ENTRE DOIS PONTOS DE UM CIRCUITO COM ARDUINO				
Professor(a):		Data Experimento: ____/____/____	Data Entrega: ____/____/____	
Aluno(A):	1 –	4 –		
	2 –	5 –		
	3 –	6 –		

1 – OBJETIVO: Registrar e analisar a diferença de potencial elétrico (tensão) em um circuito simples contendo LED e resistor, utilizando o Arduino UNO como voltímetro digital.

Compreender como a tensão se distribui entre os componentes e relacionar os dados observados com a Lei de Ohm ($V = R \cdot I$).

2 – MATERIAL UTILIZADO:

- Placa Arduino UMP,
- Protoboard e jumpers (fios pra conexão),
- Resistores,
- LEDs.

3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

Antes de iniciar as medições, o professor explicará aos alunos que **a tensão (diferença de potencial)** indica a quantidade de energia que cada carga elétrica transporta entre dois pontos do circuito.

Etapas teóricas

Para determinar a tensão esperada em um LED, é necessário conhecer o tipo de LED utilizado. A tabela a seguir apresenta as faixas típicas de tensão para cada cor:

COR DO LED	VOLTAGEM
Vermelho	1,8 a 2,2 V
Amarelo	2,0 a 2,4 V
Verde	2,0 a 3,2 V
Azul	3,0 a 3,5 V
Branco	3,0 a 3,6 V
Infravermelho	~ 1,2 V

Com base na Lei de Ohm, a corrente elétrica pode ser determinada por:

$$I = \frac{V_{fonte} - V_{LED}}{R}$$

Rearranjando, teremos:

$$V_{LED} = V_{fonte} - I \cdot R$$

Essas relações permitem comparar o valor teórico com o valor medido pelo Arduino.

Etapa prática – Passo a passo

- 1- Conecte o Arduino UNO ao computador utilizando o cabo USB, certificando-se de que a IDE do Arduino esteja aberta.
- 2- Monte o circuito com um LED e um resistor de $220\ \Omega$ em série, conforme o esquema apresentado pelo professor.
 - O fio vermelho conecta a porta 5 V do Arduino à trilha positiva da protoboard.
 - O terminal positivo (ânodo) do LED deve estar ligado à trilha positiva.
 - O terminal negativo (catodo) do LED conecta-se a uma extremidade do resistor.
 - O outro terminal do resistor conecta-se à trilha negativa (GND).
 - Um fio amarelo deve ligar o ponto entre o LED e o resistor à porta analógica A0, onde a tensão será medida.
- 3- Carregue o código-fonte do voltímetro digital no Arduino (disponível no Apêndice A do material).
- 4- Abra o Monitor Serial na IDE para visualizar, em tempo real, os valores de tensão (em volts) lidos pela porta A0.
- 5- Registre as medições no relatório fornecido pelo professor (ver Apêndice B) e repita as leituras para obter uma média estável.
- 6- Calcule a tensão teórica utilizando a Lei de Ohm ($V = R \cdot I$) e compare com os valores experimentais medidos.
- 7- Analise possíveis diferenças, discutindo fatores que podem causar variação, como aquecimento do LED, resistência dos fios e limitações do sensor analógico.

4 – ANÁLISES E DISCUSSÕES	Observação dos dados:				
	Medição nº	Tensão medida (V)	Valor teórico ($V = R \cdot I$)	Diferença (%)	Comentários/ Observações
Análise dos resultados 1. A tensão se manteve constante ou variou durante as medições? _____ 2. Qual foi a diferença média entre o valor medido e o valor teórico? _____ 3. Que fatores podem ter causado variações ou erros nas leituras (ex.: resistência dos fios, precisão do sensor, aquecimento do LED)? _____ 4. A tensão medida confirma a Lei de Ohm? Explique brevemente. _____ 5. Explique, com suas palavras, por que a tensão elétrica é importante em sistemas de geração de energia, como os aerogeradores eólicos, e como esse experimento ajuda a entender esse processo.					
5 - CONCLUSÕES	Descreva o que foi aprendido com o experimento e quais conceitos da Física puderam ser observados na prática.				

ROTEIRO DO EXPERIMENTO II

		EETI FRANCISCO DE ASSIS PINHEIRO COMPONENTE CURRICULAR: ELETIVA I		NOTA
EXPERIMENTO II: MEDINDO A RESISTÊNCIA DE UM COMPONENTE DESCONHECIDO COM ARDUINO				
Professor(a):		Data Experimento: ____/____/____		Data Entrega: ____/____/____
Aluno(A):	1 –		4 –	
	2 –		5 –	
	3 –		6 –	

1 – OBJETIVO: Determinar o valor de uma resistência desconhecida (R_2) em um circuito divisor de tensão, aplicando a Lei de Ohm e o princípio do divisor de tensão, com auxílio da plataforma Arduino UNO.

2 – MATERIAL UTILIZADO:

- | | |
|--|---------------|
| • Placa Arduino UMP, | • Resistores, |
| • Protoboard e jumpers (fios pra conexão), | • LEDS. |

3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

Utilizando o mesmo circuito-base do experimento anterior, os estudantes farão ajustes no código e nas conexões para estimar o valor de uma resistência desconhecida. O procedimento aplica a fórmula do divisor de tensão, reforçando os conceitos quantitativos da resistência elétrica.

1º – Conectar o cabo USB do Arduino ao notebook, garantindo o reconhecimento da placa pela plataforma Arduino IDE.

2º – Carregar o código do ohmímetro digital (disponível no Apêndice A) e executar o programa para iniciar a coleta de dados.

4 – OBSERVAÇÕES E ANÁLISES

Observação dos dados

Registre os valores de tensão medida (V_2) e calcule a resistência desconhecida (R_2) de acordo com as equações:

$$V_2 = V_{fonte} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow R_2 = R_1 \cdot \frac{V_2}{V_{fonte} - V_2}$$

Dados:

- Tensão da fonte (V_{fonte}) = 5 V
- Resistência conhecida (R_1) = 220 Ω

Medição n°	Tensão medida (V2)	Cálculo de R2 (Ω)	Valor médio de R2 (Ω)	Comentários/ Observações

Análise dos resultados:

1- O valor de **R₂** **obtido experimentalmente** foi próximo do valor nominal esperado?

2- Houve variação significativa entre as medições? Explique.

3- Quais fatores podem ter causado diferenças entre o valor teórico e o experimental (ex.: resistência dos fios, ruído de leitura, tolerância dos resistores)?

4- Como o **divisor de tensão** explica o comportamento observado no circuito?

5- Explique como o conceito de **resistência elétrica** se aplica em sistemas de **geração e transmissão de energia elétrica**, especialmente quanto às **perdas energéticas (efeito Joule)** e ao uso de **condutores de baixa resistividade**.

5 - CONCLUSÕES

Descreva o que foi aprendido com o experimento e quais conceitos físicos puderam ser

	observados na prática.
--	------------------------

ROTEIRO DO EXPERIMENTO III

		EETI FRANCISCO DE ASSIS PINHEIRO COMPONENTE CURRICULAR: ELETIVA I		NOTA
EXPERIMENTO III: MEDINDO A AMPERAGEM COM ARDUINO				
Professor(a):		Data Experimento: ____/____/____		Data Entrega: ____/____/____
Aluno(A):	1 –		4 –	
	2 –		5 –	
	3 –		6 –	

1 – OBJETIVO: Comparar os valores de corrente elétrica medidos pelo Arduino UNO e pelo multímetro, relacionando-os com o valor teórico calculado pela Lei de Ohm.

2 – MATERIAL UTILIZADO:

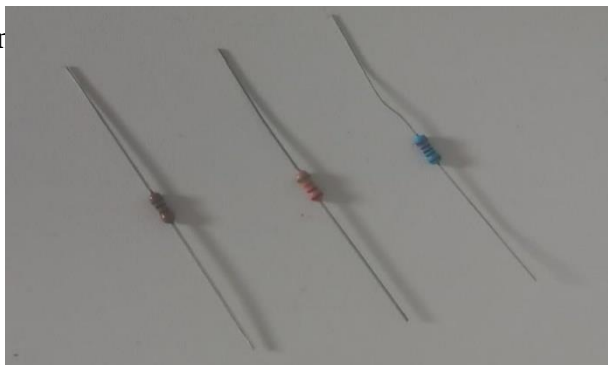
- | | |
|--|-----------------------|
| • Placa Arduino UMP, | • Resistores, |
| • Protoboard e jumpers (fios pra conexão), | • LEDs, |
| | • Multímetro digital. |

3 – PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1° – Com o auxílio do multímetro digital, os alunos deverão medir a resistência elétrica dos três resistores fornecidos, registrando os valores obtidos no relatório.

Objetivo: verificar a tolerância real dos resistores e compreender que podem existir pequenas diferenças entre os valores teóricos e medidos.

2° – Em seguida, o professor deverá carregar o código do amperímetro digital (disponível no Apê



4 – OBSERVAÇÕES E ANÁLISES	Observação dos dados Após a montagem e o carregamento do código do amperímetro digital (Apêndice A), o circuito será energizado e os alunos deverão: • Observar no Monitor Serial o valor da tensão (V) medida no resistor e da corrente (I) calculada pelo programa. • Medir a corrente diretamente com o multímetro digital (em série). • Registrar ambas as leituras no relatório (Apêndice B). • Calcular o valor teórico da corrente com base em: • $I = \frac{V}{R}$ Sendo, R=220 Ω e V=5 V • Comparar e discutir as diferenças entre os valores obtidos pelos três métodos (Arduino, multímetro e cálculo teórico).			
	Medição nº	Tensão (V)	Corrente medida pelo Arduino (mA)	Corrente medida pelo multímetro (mA)
	Média:			
	Análise dos resultados: 1- Os valores medidos pelo Arduino e pelo multímetro foram semelhantes? _____ 2- Qual foi a diferença percentual média entre os valores? _____ 3- Que fatores podem ter causado variação nas leituras (ex.: precisão do sensor, ruído, tolerância do resistor)? _____ 4- O comportamento observado confirma a relação entre tensão, resistência e			

	corrente prevista pela Lei de Ohm? 5- Explique com suas palavras como a corrente elétrica representa o transporte de energia em sistemas como os geradores eólicos, e por que é importante controlá-la adequadamente.
5 - CONCLUSÕES	Explique quais aprendizagens foram consolidadas a partir do experimento e de que maneira os princípios físicos estudados puderam ser comprovados na prática.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, R. A. G.; CARVALHO, A. M. P. Energia eólica no Brasil: evolução, desafios e perspectivas. *Risus – Revista de Inovação e Sustentabilidade*, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 29–40, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA (ABEEÓLICA). Brasil sobe uma posição e fica em 5º lugar no ranking mundial de energia eólica. São Paulo, 2025. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/brasil-sobre-uma-posicao-e-fica-em-5o-lugar-no-ranking-mundial-de-energia-eolica/>. Acesso em: 12 dez. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BURATTINI, M. P. T. de C. *Energia: uma abordagem multidisciplinar*. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2008. 110 p.
- CRUZ, J. C. Energia renovável e impactos ambientais: construindo conhecimento sobre energia eólica com os estudantes do Ensino Médio em uma disciplina eletiva. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, v. 8, p. 61510–61525, 2022.
- DELIZOICOV, D. La educación en ciencias y la perspectiva de Paulo Freire. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 1, n. 2, p. 37–62, 2008.
- GIPE, P. *Wind power: renewable energy for home, farm, and business*. White River Junction: Chelsea Green Publishing, 2004.
- GUIMARÃES, L. R. *Série professor em ação: atividades para aulas de Ciências: ensino fundamental, 6º ao 9º ano*. São Paulo: Nova Espiral, 2009.
- KOZULIN, A. *Vygotsky's educational theory in cultural context*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- MANWELL, J. F.; MCGOWAN, J. G.; ROGERS, A. L. *Wind energy explained: theory, design and application*. 2. ed. Chichester: Wiley, 2009.
- MEDEIROS, C. F.; MEDEIROS, A. Brincando e aprendendo com mistério. *ABC Educativo: A Revista da Educação*, 2004.
- MOURA, G.; ANJOS, P. Um levantamento de experimentos para integrar Ciência dos Materiais ao ensino de Física. *Revista Insignare Scientia*, v. 7, n. 1, p. 405–428, 2024.
- NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- PICOLÓ, A. P.; BUHLER, A. J.; RAMPINELLI, G. A. Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, p. 4306, 2014.
- SANTOS, R. R. dos; SIQUEIRA, J. C. de; LIMA, M. A. P. de. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 34, n. 3, p. 1–8, 2012.

SUKCHAI, S.; JIRUTITIJAROEN, P. Effects of wind angles and wind speeds on voltage generation of a Savonius wind turbine. *Procedia Computer Science*, v. 86, p. 297–300, 2016.