

DESENVOLVIMENTO DE UM RECURSO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA UTILIZANDO UM GERADOR EÓLICO BASEADO EM PLATAFORMA ARDUINO

Development of a didactic resource for teaching physics using a wind generator based on the arduino platform

Amancio Henrique Costa de Oliveira [amanciohenrique10@gmail.com]

Erlania Lima de Oliveira [erlania@ufersa.edu.br]

Rafael Castelo Guedes Martins [rcastelo@ufersa.edu.br]

Luís Davi da Silva Medeiros [luis.medeiros63956@alunos.ufersa.edu.br]

Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFRSA

Av. Francisco Mota, 572 – Bairro Costa e Silva, Mossoró-RN, CEP 59.625-900

Antonio Marques Santos (antonio.marques@ifrn.edu.br)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte - IFRN

Av. Sen. Salgado Filho, 1559 - Tirol, Natal-RN, 59015-000

Recebido: 18/01/26

Aceito: 06/04/26

Resumo

Os conteúdos de Física no Ensino Médio ainda são, em muitos contextos, abordados de forma abstrata e pouco articulada ao cotidiano dos estudantes, o que compromete a compreensão conceitual e o engajamento nas aulas. Diante desse cenário, este estudo apresenta a implementação e a análise de uma sequência didática sobre energia eólica, mediada pelo uso da plataforma Arduino, desenvolvida com estudantes da 2ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Francisco de Assis Pinheiro. A proposta teve como objetivo explorar conceitos fundamentais de eletricidade — como tensão elétrica, corrente, resistência e transformação de energia, por meio da construção e experimentação de um aerogerador didático. A sequência didática foi estruturada a partir de atividades investigativas e experimentais, articulando teoria e prática e favorecendo a participação ativa dos estudantes. A coleta e a análise de dados experimentais favoreceram o desenvolvimento de habilidades de interpretação de resultados e argumentação baseada em evidências, além de avanços na compreensão conceitual e no engajamento dos estudantes. Além dos aspectos conceituais, a proposta favoreceu discussões sobre sustentabilidade, fontes renováveis de energia e implicações sociais e ambientais das escolhas tecnológicas, alinhando-se à abordagem Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS) e às competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O uso do Arduino mostrou-se viável e acessível como recurso didático, evidenciando o potencial de replicação da proposta em diferentes contextos escolares. Dessa forma, o estudo contribui para o debate sobre práticas experimentais e investigativas no ensino de Física, reforçando o papel da experimentação mediada por tecnologias digitais na educação científica.

Palavras-chave: Ensino de Física; Energia eólica; Arduino; Sequência didática; Experimentação investigativa.

Abstract

Physics contents in high school are still, in many contexts, taught in an abstract manner and weakly connected to students' everyday experiences, which compromises conceptual understanding and classroom engagement. In this context, this study presents the implementation and analysis of a didactic sequence on wind energy, mediated by the use of the Arduino platform, developed with

students from the second year of high school at the Francisco de Assis Pinheiro State School. The proposal aimed to explore fundamental concepts of electricity—such as voltage, electric current, resistance, and energy transformation—through the construction and experimentation of a didactic wind generator. The didactic sequence was structured around investigative and experimental activities, articulating theory and practice and fostering students' active participation. The collection and analysis of experimental data contributed to the development of skills related to result interpretation and evidence-based argumentation, as well as to advances in conceptual understanding and student engagement. In addition to conceptual aspects, the proposal promoted discussions on sustainability, renewable energy sources, and the social and environmental implications of technological choices, aligning with the Science-Technology-Society (STS) approach and the competencies established by the Brazilian National Common Core Curriculum (BNCC). The use of Arduino proved to be a feasible and accessible didactic resource, indicating the potential for replicating the proposal in different school contexts. Thus, this study contributes to the discussion on experimental and investigative practices in Physics education, reinforcing the role of experimentation mediated by digital technologies in science education.

Keywords: Physics Education; Wind Energy; Arduino; Didactic Sequence; Investigative Experimentation.

1 Introdução

As mudanças climáticas, especialmente o aquecimento global, ocupam posição central no debate científico contemporâneo devido aos seus impactos sobre os sistemas naturais e a vida humana. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), esse fenômeno é inegável e resulta predominantemente das atividades humanas, em particular da queima de combustíveis fósseis que sustentam os atuais sistemas de geração de energia (IPCC, 2023). Paralelamente, o crescimento populacional e a ampliação do consumo energético têm intensificado a demanda por eletricidade, evidenciando a necessidade de reconfiguração da matriz energética. Nesse contexto, a diversificação das fontes de geração, com destaque para as energias renováveis, assume papel estratégico na transição para modelos energéticos mais sustentáveis (OLIVEIRA; PINHEIRO, 2020).

Entre essas alternativas, destaca-se a energia eólica, associada à energia cinética do vento, resultante do movimento das massas de ar, cuja origem está vinculada às diferenças de temperatura, altitude e pressão na atmosfera, relacionadas à energia potencial atmosférica. Trata-se de uma fonte renovável confiável e promissora, tornando-se cada vez mais atrativa entre os recursos energéticos limpos. A geração elétrica eólica tem crescido rapidamente em diversos países, os quais vêm implementando uma variedade de políticas de incentivo. Dessa forma, espera-se que a importância da energia eólica aumente significativamente nas próximas décadas (DINÇER, 2011).

No contexto brasileiro, a relevância da energia eólica é ampliada pelas condições naturais altamente favoráveis, especialmente nas regiões Nordeste e Norte, com destaque para a faixa litorânea nordestina, onde predominam ventos intensos e regulares ao longo do ano. O trecho costeiro entre o Rio Grande do Norte e o Ceará apresenta um potencial eólico estimado em 12.000 MW, o que contribui para explicar o pioneirismo e a concentração da maior parte dos empreendimentos eólicos implantados no país na Região Nordeste (DUTRA, 2001).

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. A partir de 2009, a inclusão sistemática

da fonte eólica nos leilões de energia, com especial ênfase em projetos no Nordeste, consolidou esse processo. Soma-se a isso a atuação da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), que contribuiu para a articulação institucional, técnica e política do setor, ampliando sua visibilidade e atraindo investimentos públicos e privados. Como resultado, o Brasil passou a figurar entre os dez maiores países do mundo em capacidade instalada de energia eólica, alcançando recentemente a quinta posição no ranking mundial (ABEEÓLICA, 2025).

Do ponto de vista do Ensino de Física, esse contexto oferece uma oportunidade privilegiada de aproximar os conteúdos escolares da realidade vivenciada pelos estudantes. A energia eólica possibilita discutir, de forma contextualizada, conceitos fundamentais como energia cinética, movimento de rotação, potência, tensão (voltagem), corrente elétrica, resistência, transformações de energia e geração de eletricidade, articulando fenômenos naturais, tecnologia e questões sociais. Nessa perspectiva, os conceitos físicos deixam de ser tratados de maneira abstrata e passam a adquirir sentido a partir de aplicações concretas presentes no cotidiano, favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

Essa abordagem encontra respaldo em fundamentos epistemológicos e pedagógicos consolidados. Para Bachelard (1996), o problema constitui a gênese da ciência, uma vez que é a partir dele que o conhecimento científico se constrói e se reorganiza. Tal concepção dialoga diretamente com a perspectiva de Freire (1996), ao defender que o pensamento crítico emerge do desafio, da problematização e da leitura crítica da realidade. Leis, teorias e modelos científicos só adquirem sentido quando vinculados às questões que buscam responder; fora desse horizonte, o ensino corre o risco de permanecer em um estágio pré-científico. Assim, o ensino de Física deve organizar-se em torno de questões significativas, investigação orientada por evidências e diálogo.

Esse movimento converge com a perspectiva da educação intercultural e crítica, que demanda revisão curricular, participação docente qualificada e práticas pedagógicas capazes de integrar saberes sem hierarquizá-los (CANDAU, 2015). Entre as estratégias didáticas alinhadas a essa visão, destaca-se o trabalho por projetos, por articular investigação, experimentação e produção de sentidos, aproximando a escola dos desafios contemporâneos e das competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como a capacidade de interpretar a realidade por meio dos conceitos científicos (BRASIL, 2018).

Nesse contexto, a energia eólica apresenta-se como um tema potente para a contextualização do ensino de Física, ao evidenciar a aplicação do conhecimento científico na compreensão de problemas reais da sociedade. Associada a essa perspectiva, a experimentação tem sido reconhecida como uma estratégia relevante para favorecer a aprendizagem em Física; contudo, seu valor pedagógico não reside no experimento em si, mas na forma como é integrada ao processo de ensino, com intencionalidade didática clara (ARAÚJO; ABIB, 2003). Quando orientada sob uma abordagem investigativa, a experimentação contribui para superar a lógica transmissiva das aulas tradicionais, ao engajar os estudantes na análise de dados, na construção de explicações e no desenvolvimento de competências científicas essenciais.

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. Além disso, o Arduino contribui para a iniciação dos estudantes em ambientes de programação e robótica, ampliando as possibilidades de aprendizagem ativa e investigativa no ensino de Física (MOREIRA et al., 2018).

Quando associado ao estudo da energia eólica, por meio do uso de maquetes funcionais, sensores e motores, o Arduino configura-se como um recurso didático que possibilita observar, de forma

concreta, o processo de conversão da energia do vento em energia elétrica. Nesse contexto, foi utilizada uma maquete de aerogerador, dispositivo destinado a obtenção de energia elétrica a partir do vento, como recurso experimental para representar, em escala reduzida, o funcionamento de uma turbina eólica real. Integrada à plataforma Arduino, a atividade permitiu medir e registrar grandezas elétricas, como tensão (voltagem) e corrente elétrica, possibilitando aos estudantes acompanhar o comportamento do sistema gerador em tempo real. A partir dessas medições, tornou-se possível explorar relações entre variáveis físicas, analisar o desempenho do aerogerador, discutir aspectos da aerodinâmica das pás e compreender conceitos fundamentais associados à geração de eletricidade, conferindo materialidade a conteúdos frequentemente abordados de forma abstrata e favorecendo uma aprendizagem de caráter investigativo.

Diante deste contexto, este artigo apresenta o desenvolvimento e a aplicação de uma sequência didática sobre energia eólica mediada pelo uso do Arduino, articulando relevância social e potencial pedagógico. A proposta fundamenta-se em princípios freireanos e na abordagem dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), buscando integrar ciência, tecnologia e sociedade em práticas que problematizam a realidade, investigam fenômenos e analisam criticamente evidências. O objetivo é aproximar os estudantes de conceitos-chave da Física, promover autonomia e curiosidade investigativa e fortalecer a compreensão das relações entre conhecimento científico e desafios contemporâneos.

2 Referencial Teórico

2.1 Fundamentos freireanos e o ensino de Ciências

A O ensino tradicional de Ciências tem sido historicamente marcado por abordagens transmissivas e fragmentadas, nas quais leis e conceitos são apresentados aos alunos de maneira descontextualizada e desvinculada de suas experiências e vivências sociais. Em oposição a esse modelo, a perspectiva educativa de Paulo Freire propõe uma pedagogia que rompe com a educação bancária e defende o protagonismo dos educandos na construção do conhecimento, fundamentada na dialogicidade, na problematização e na investigação.

A crítica às práticas transmissivas no ensino, comuns também na educação científica, encontra eco na concepção freireana de educação. Na chamada educação bancária, Freire afirma que “não há criatividade, não há transformação, não há saber” (FREIRE, 1987, p. 68), evidenciando o caráter mecânico e acrítico de métodos centrados exclusivamente na transmissão de conteúdo. Além disso, o autor alerta que ensinar conteúdos desconectados da realidade dos educandos compromete profundamente o processo formativo (FREIRE, 1996, p. 30–31).

Essa crítica também é reforçada no campo do ensino de Ciências, sobretudo quando se busca uma educação científica contextualizada e socialmente significativa. Estudos que abordam o ensino de energia eólica no contexto escolar destacam a importância de relacionar os conteúdos físicos a problemas ambientais, tecnológicos e sociais concretos, favorecendo a aprendizagem significativa (PICOLO; BUHLER; RAMPINELLI, 2014).

A dialogicidade constitui um ponto fundamental na pedagogia freireana e configura-se como um princípio ético-político da relação pedagógica. Para Freire, o diálogo não se efetiva se os sujeitos dialogantes não são, todos eles, transformados no processo de dialogar (FREIRE, 1996, p. 88). Essa concepção rejeita a mera transmissão de conteúdos e valoriza a comunicação horizontal entre educador e educando, reconhecendo ambos como sujeitos ativos e coprodutores do conhecimento.

Ao analisar a presença do diálogo na educação, Oliveira (2017) destaca que a dialogicidade freireana envolve a participação ativa do educando no processo educativo, em que o ensino é realizado com o

estudante e não para o estudante. Essa afirmação reforça a ideia de que um ensino de Ciências orientado pela dialogicidade não pode ser reduzido à repetição de fórmulas ou definições, característica do ensino mecânico, mas deve compreender e valorizar os saberes prévios dos estudantes, articulando-os com explicações científicas mais amplas, conforme defendem Novak e Gowin (1984) ao tratarem da aprendizagem significativa.

No contexto das ciências naturais, o diálogo assume um papel metodológico essencial ao permitir que os alunos confrontem suas concepções intuitivas com explicações sustentadas por evidências, favorecendo a construção de significados próprios. Essa prática dialogada contribui para a formação crítica dos sujeitos, que passam a compreender a ciência não apenas como um componente curricular, mas como um instrumento capaz de problematizar aspectos da realidade socioambiental, conforme apontam estudos em educação ambiental e sustentabilidade (ALVES; DUARTE, 2025; GOMES et al., 2024).

A problematização na pedagogia freireana consiste no processo em que se identifica uma situação concreta, reconhece-se nela um conflito ou contradição, e é a partir desse ponto que se desencadeia o processo de investigação e reflexão. Freire argumenta que ensinar exige criar possibilidades para a produção ou construção do conhecimento (FREIRE, 1996, p. 46), destacando que o conhecimento não deve ser apresentado como algo pronto, mas deve emergir da interação ativa entre educador e educando.

No ensino de Ciências, essa abordagem implica que o docente trabalhe problemas significativos, relacionados ao cotidiano dos estudantes. Nesse sentido, pesquisas indicam que a problematização freireana possibilita ao aluno compreender conceitos científicos a partir de situações reais e socialmente relevantes (SOLINO; GEHLEN, 2015), o que se mostra especialmente pertinente em temas como energia renovável e sustentabilidade (DUTRA, 2001).

Desse modo, a problematização coloca a realidade social no centro do processo educativo, exigindo que os estudantes interpretem, reflitam, questionem e articulem explicações científicas com os desafios reais de seu contexto. Isso contribui para uma alfabetização científica crítica, na qual o ensino de Ciências deixa de ser apenas um repertório de fatos e passa a atuar como ferramenta para a compreensão e transformação social (DELIZOICOV, 2008).

A combinação entre a pedagogia freireana e o ensino de Ciências por investigação revela vínculos epistemológicos fundamentais. Enquanto a problematização organiza o processo a partir de temas geradores oriundos das experiências dos educandos, o ensino por investigação estrutura a aprendizagem em torno de questões investigáveis, exploradas por meio da formulação de hipóteses, experimentação, análise de dados e construção de explicações científicas, conforme defendem Moura e Anjos (2024) no contexto do ensino experimental.

Freire (1996) já alertava que o educador deve estimular a curiosidade e a reflexão dos estudantes, promovendo o hábito de questionar e buscar respostas mais consistentes. Nessa perspectiva, a integração entre práticas investigativas e problematização freireana fortalece uma dinâmica de ensino em que as atividades experimentais não se reduzem a procedimentos técnicos, mas se inserem em contextos socioculturais significativos aos alunos (GUIMARÃES, 2009; MEDEIROS; MEDEIROS, 2004).

Outro princípio freireano fundamental para o ensino de Ciências é a formação da autonomia do educando. Para Freire, a educação deve preparar os indivíduos para agir sobre sua realidade, e não apenas para reproduzir discursos ou procedimentos. Ele defende que a autonomia intelectual não é um dado, mas uma conquista; não é um estado, mas um processo (FREIRE, 1996, p. 59).

Os fundamentos freireanos aqui discutidos valorizam a participação ativa dos alunos, integram problemas reais ao currículo e fomentam práticas investigativas significativas. Essa abordagem

supera as limitações das metodologias exclusivamente tradicionais e promove, de fato, uma educação científica crítica e contextualizada. A pedagogia freireana, portanto, não nega o conhecimento científico, mas o insere em um processo educativo que reconhece os sujeitos como agentes de sua própria aprendizagem e transformação social, em consonância com perspectivas contemporâneas da educação científica e ambiental (KOZULIN, 2003; MÜLLER; SILVA, 2023).

2.2 Os Três Momentos Pedagógicos no ensino de Física

Os Três Momentos Pedagógicos (TMP) surgiram como parte de uma abordagem educacional que busca incorporar a visão de Paulo Freire ao ensino de Ciências. Essa metodologia fundamenta-se na identificação de temas geradores, entendidos como situações significativas e socialmente relevantes para os estudantes, e na pesquisa temática, possibilitando a professores e alunos uma exploração aprofundada dessas circunstâncias (DELIZOICOV, 2008).

De acordo com Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002):

“Ao se considerar que a produção de conhecimento — ato de criação e construção — e que a aquisição deste conhecimento construído — ato de apreensão e reconstrução — não se dão no vazio, mas estão imersas em uma concepção de mundo, é preciso que se analise a relação desta com aquelas duas.” (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002, p. 8).

Essa compreensão reforça a ideia de que o processo educativo não deve se limitar a uma mera transmissão de conhecimentos, mas envolver o diálogo constante entre educadores e educandos acerca de seus saberes, experiências e interpretações da realidade. Tal perspectiva está em consonância com a pedagogia freireana, que rompe com a lógica da educação bancária e valoriza a construção coletiva do conhecimento (FREIRE, 1996; DELIZOICOV, 2008).

Nesse sentido, a implementação dos TMP exige um planejamento pedagógico que estimule a interação dialógica, levando em consideração as concepções prévias dos alunos. Embora o ponto de partida do processo educativo sejam os temas geradores, estes não se encerram em si mesmos, mas funcionam como mediadores para a introdução e sistematização dos conhecimentos científicos.

Os Três Momentos Pedagógicos caracterizam-se, portanto, pela articulação de práticas educativas que contemplam a problematização do conhecimento, tanto dos estudantes quanto dos educadores, em relação aos temas geradores. Essa abordagem visa transformar o ensino em um processo dinâmico, investigativo e contextualizado, capaz de dialogar com as realidades socioculturais dos alunos e promover uma aprendizagem significativa (NOVAK; GOWIN, 1984).

Contudo, os TMP foram desenvolvidos a partir da necessidade de estruturar um processo educativo que não considere apenas os conhecimentos prévios dos alunos, mas que também se baseie em situações significativas que expressem contradições sociais, ambientais e econômicas do contexto em que os estudantes estão inseridos. Inicia-se pela problematização, em que temas do cotidiano são utilizados para suscitar diálogo, reflexão crítica e curiosidade científica; segue-se a organização do conhecimento, etapa em que os conceitos científicos são sistematizados por meio da mediação docente e de diferentes estratégias didáticas, possibilitando a compreensão teórica dos problemas levantados; e culmina na aplicação do conhecimento, momento em que os estudantes utilizam os saberes construídos para analisar situações reais e propor interpretações ou soluções, consolidando a aprendizagem e fortalecendo a autonomia intelectual.

Essa dinâmica torna o ensino mais relevante, crítico e transformador, especialmente quando aplicado a temas como energia, sustentabilidade e questões ambientais contemporâneas (BURATTINI, 2008).

2.3 O uso de tecnologias no ensino de Física

As tecnologias digitais têm assumido papel cada vez mais relevante no ensino de Física, ao ampliar as possibilidades de experimentação, visualização e interação com os fenômenos naturais. Entretanto,

seu potencial pedagógico não reside apenas na presença dos recursos tecnológicos, mas na intencionalidade didática com que são utilizados (KENSKI, 2012).

Quando integradas a abordagens investigativas, as tecnologias podem favorecer a aprendizagem ativa, estimulando a autonomia dos estudantes, a análise de dados e a construção de explicações fundamentadas. No ensino de Física, o uso de sensores, softwares de aquisição de dados e plataformas programáveis permite aproximar a sala de aula das práticas científicas contemporâneas, tornando o aprendizado mais dinâmico e contextualizado.

Além disso, o uso de tecnologias contribui para a superação de limitações estruturais comuns em escolas públicas, especialmente quando se trata de experimentação. Recursos de baixo custo e fácil manuseio podem viabilizar atividades práticas que, de outra forma, seriam inviáveis, democratizando o acesso à experimentação científica.

2.4 O Arduino como recurso acessível e investigativo

O Arduino vem se destacando no ensino de Física por reunir características como baixo custo, acessibilidade e versatilidade experimental. Segundo Souza (2024), a plataforma possibilita superar limitações estruturais e culturais do ensino tradicional de Física, favorecendo práticas pedagógicas mais ativas e investigativas.

Essa característica é particularmente relevante em escolas públicas e instituições com reduzida disponibilidade de equipamentos laboratoriais, uma vez que o Arduino, aliado a sensores simples, permite a construção de dispositivos experimentais confiáveis e de custo acessível. Por ser uma plataforma de código aberto, o Arduino favorece adaptações e amplia o leque de recursos disponíveis aos docentes, independentemente dos níveis e modalidades de ensino.

A possibilidade de coleta automática de dados, associada à necessidade de interpretação dos resultados obtidos, coloca o estudante em uma posição ativa no processo investigativo, estimulando o raciocínio crítico, a análise de erros e a validação de modelos físicos. Dessa forma, o Arduino não atua apenas como um recurso ilustrativo, mas como uma ferramenta de investigação científica acessível e eficaz, promovendo a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento.

2.5 Estudos sobre seu potencial pedagógico

Outro aspecto relevante refere-se ao impacto motivacional do uso da plataforma Arduino. De acordo com Chitolina e Santos (2024), os resultados de suas investigações indicam que a introdução do Arduino em atividades prático-experimentais no ensino de Física pode exercer influências positivas na motivação dos estudantes.

O engajamento observado está relacionado à sensação de autoria e protagonismo, uma vez que os alunos acompanham o funcionamento de seus próprios protótipos em tempo real. Esse aumento da motivação tem sido associado a melhorias na persistência, na participação ativa e na compreensão conceitual, especialmente em conteúdo de maior abstração, como energia, ondas e eletromagnetismo.

Apesar dos benefícios evidenciados, é importante ressaltar que a integração efetiva do Arduino ao currículo escolar depende de formação docente adequada e planejamento didático estruturado. Souza (2024) destaca que o potencial pedagógico da plataforma não se concretiza sem a mediação do professor e sem a elaboração de roteiros experimentais alinhados aos objetivos de aprendizagem. Assim, a formação continuada e os espaços de colaboração entre docentes tornam-se fundamentais para que o uso do Arduino se integre de forma consistente ao ensino investigativo de Física.

2.6 Educação ambiental e energia sustentável

2.6.1 Sustentabilidade e formação cidadã

A formação voltada para a sustentabilidade estende-se, atualmente, a um processo que articula conhecimentos, valores e práticas sociais, ampliando o papel da escola na formação cidadã. Alves e Duarte (2025) destacam que a educação para a sustentabilidade deve promover a compreensão crítica do ambiente e incentivar a participação ativa dos sujeitos na transformação da realidade.

Estudos recentes indicam que a formação cidadã é fortalecida quando o ensino de sustentabilidade ocorre de forma prática e contextualizada. Gomes Santos et al. (2024) demonstram que atividades pedagógicas vinculadas ao cotidiano dos estudantes ampliam a consciência ambiental e incentivam reflexões sobre práticas de cuidado e responsabilidade socioambiental.

Entretanto, persistem desafios na consolidação da educação ambiental como eixo estruturante do currículo. Müller e Silva (2023) apontam que, em muitas escolas, o tema ainda aparece de forma fragmentada, restrito a projetos pontuais ou datas comemorativas. Segundo as autoras, a efetividade da educação ambiental depende de sua incorporação contínua ao currículo e às práticas escolares cotidianas.

Dessa forma, a educação voltada à sustentabilidade configura-se como um pilar fundamental da formação cidadão, ao contribuir para o desenvolvimento de sujeitos críticos, comprometidos e capazes de compreender, questionar e intervir na realidade socioambiental em que vivem.

3 Metodologia e desenvolvimento da sequência didática

A pesquisa foi desenvolvida em uma abordagem qualitativa, com foco na compreensão dos processos de aprendizagem desencadeados por uma sequência didática sobre energia eólica mediada pelo uso de Arduino. A proposta foi fundamentada nos princípios freireanos de diálogo, problematização e participação ativa, operacionalizados por meio dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), que estruturaram o planejamento e a condução das aulas.

3.1 Contexto da implementação

A pesquisa foi realizada em uma turma da 2ª Série do Ensino Médio da Escola Estadual Francisco de Assis Pinheiro, composta por 33 estudantes, sendo 24 do sexo feminino e 9 do sexo masculino, com idades entre 16 e 18 anos. A sequência didática foi desenvolvida ao longo de cinco encontros, com duração aproximada de 140 minutos cada, envolvendo atividades de investigação, análise conceitual, experimentação e discussão coletiva. As atividades ocorreram em sala de aula e em ambiente experimental, sob a mediação do professor-pesquisador.

3.2 Instrumentos de coleta de dados

Foram utilizados diferentes instrumentos de coletas de dados com o objetivo de acompanhar a evolução conceitual dos estudantes e a forma como mobilizaram conhecimentos durante os experimentos. Constituem o corpus de análise:

- Mapas conceituais produzidos no início e ao final da sequência;
- Questionário diagnóstico com questões abertas sobre energia eólica e conceitos de eletricidade;
- Registros escritos dos estudantes durante as atividades experimentais;
- Questionário reflexivo final, abordando entendimentos sobre ciência, tecnologia e sustentabilidade;
- Observações do professor, registradas em diário de campo.

A articulação desses dados permitiu analisar tanto avanços conceituais quanto elementos de engajamento, argumentação e autonomia.

3.3 Recursos utilizados

A implementação da proposta demandou recursos materiais e tecnológicos acessíveis, entre os quais se destacam: maquete didática de aerogerador, ventilador, protoboard, resistores, LEDs, multímetro, kit Arduino Uno, computador com Arduino IDE e materiais para registro.

A maquete do aerogerador, integrada à plataforma Arduino, constituiu o ambiente experimental da sequência didática, funcionando como um laboratório didático no qual foram realizadas as medições das grandezas elétricas investigadas. Esse laboratório didático permitiu a coleta de dados de tensão elétrica (voltagem) e corrente elétrica em tempo real, bem como a análise do comportamento do sistema gerador sob diferentes condições de funcionamento. O arranjo experimental utilizado nas atividades, incluindo o aerogerador, o circuito elétrico e a plataforma Arduino, é apresentado na Figura 1, que ilustra o laboratório didático construído para o desenvolvimento da sequência.

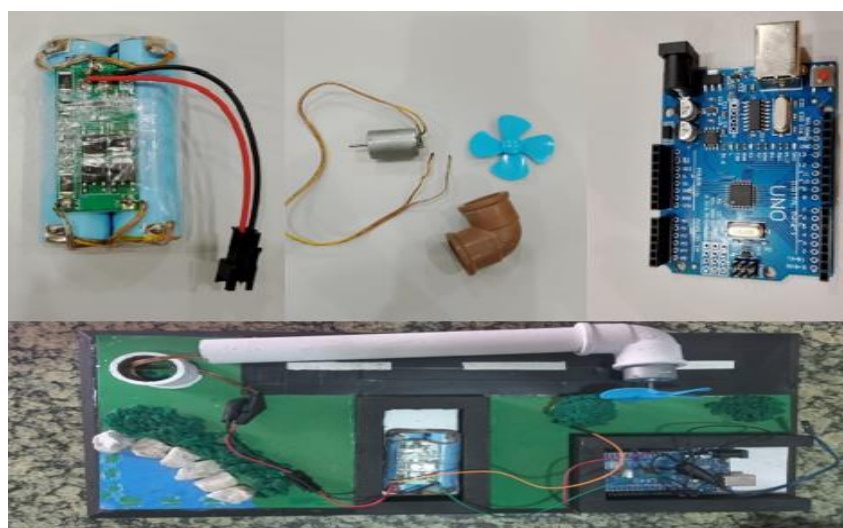


Figura 1: Laboratório didático construído a partir de uma maquete de aerogerador integrada à plataforma Arduino

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

3.4 Estrutura da sequência didática

A organização das atividades seguiu a lógica dos Três Momentos Pedagógicos.

(a) Problematização inicial

Nos primeiros encontros, os estudantes foram convidados a refletir sobre o papel das energias renováveis na sociedade contemporânea. Um vídeo disparador sobre parques eólicos desencadeou um diálogo orientado por perguntas problematizadoras. Em seguida, elaboraram mapas conceituais e responderam a um questionário diagnóstico. Essa etapa permitiu identificar concepções prévias e instaurar um ambiente investigativo, conforme proposto por Freire.

(b) Organização do conhecimento

Nos encontros seguintes, foram introduzidos os conceitos científicos necessários para compreender a conversão da energia eólica, tais como energia cinética do vento, aerodinâmica das pás, tensão, corrente, resistência e indução eletromagnética. A discussão foi acompanhada por demonstrações com o minigerador eólico, articulando explicação conceitual e observação experimental.

(c) Aplicação do conhecimento

A etapa final consistiu na realização de experimentos com Arduino, nos quais os estudantes mediram tensão gerada, determinaram resistências, construíram gráficos e analisaram os resultados. Ao relacionar teoria e experimentação, os alunos puderam retomar o problema inicial sob nova perspectiva e discutir implicações tecnológicas e ambientais da geração eólica. A produção do mapa conceitual final e do questionário reflexivo permitiu avaliar aprendizagens alcançadas, consolidação de conceitos e consciência crítica em torno das relações entre ciência, tecnologia e sustentabilidade.

4 Resultados e discussão

A análise dos dados evidenciou avanços em diferentes dimensões formativas, incluindo a evolução da compreensão conceitual, o desenvolvimento de habilidades investigativas, a materialização de conceitos abstratos, a apropriação do raciocínio experimental, com a compreensão do erro como parte da prática científica e o engajamento dos estudantes. Esses resultados, obtidos a partir de múltiplas fontes de dados, são apresentados e discutidos a seguir de forma integrada.

4.1 Evolução da compreensão conceitual sobre a geração de energia eólica

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, ao menos parcialmente, concepções iniciais associadas à ideia de “criação” ou “produção direta” de energia. Essa evolução foi evidenciada por diferentes fontes de dados, incluindo os mapas conceituais elaborados pelos estudantes, as discussões coletivas registradas em diário de campo, as respostas aos questionários e a análise das atividades experimentais realizadas com o Arduino.

A comparação entre os mapas conceituais elaborados no início e ao final da sequência revelou mudanças estruturais significativas na organização do conhecimento. Nos mapas iniciais, observou-se a predominância de conceitos apresentados de forma isolada, como “vento” e “energia”, com poucas ou nenhuma relação explícita entre eles. Já nos mapas finais, passaram a aparecer encadeamentos conceituais mais articulados, além de uma ampliação na quantidade de elementos mobilizados, com a inclusão de novos conceitos e relações, o que indica uma compreensão mais integrada do processo de conversão energética, como mostra a Figura 2.

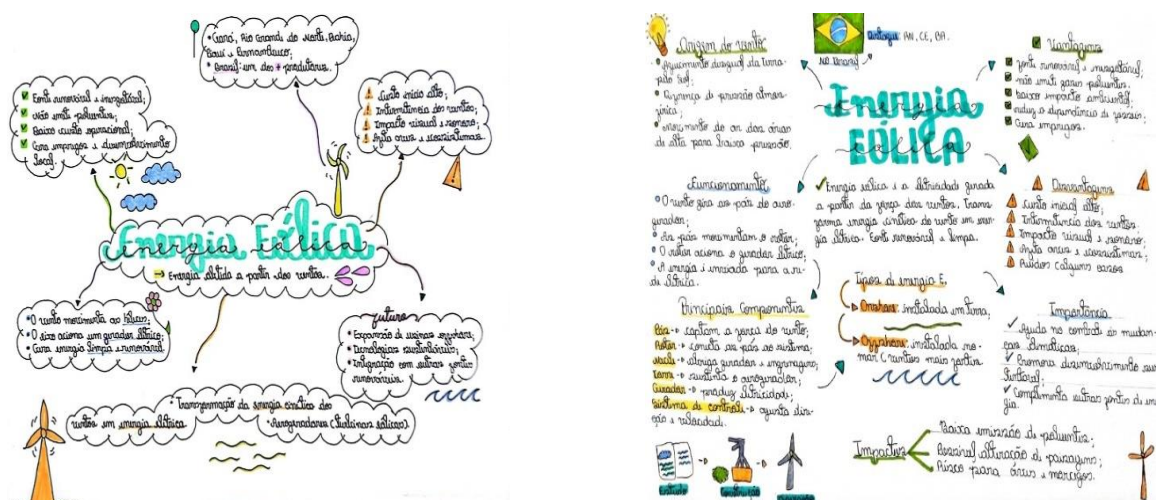


Figura 2: Comparação entre mapa conceitual inicial (a) e mapa conceitual final (b) produzidos por estudantes ao longo da sequência didática.

A análise das concepções iniciais dos estudantes, obtidas por meio do questionário diagnóstico inicial, reforça esse resultado. As respostas evidenciam uma percepção positiva em relação ao uso da energia eólica, associando a disponibilidade de vento ao potencial de geração de energia.

Pergunta: Você acha que usar o vento para gerar energia é uma boa ideia? Por quê?

E3: “Sim, pois como nossa região tem muito vento, podemos criar bastante energia.”

Pergunta: Você acredita que no Brasil há bons lugares para utilizar energia eólica? Quais lugares você imagina?

E21: “Sim, pois tem vento pode ser criada energia elétrica.”

Tais manifestações revelam a mobilização de conhecimentos espontâneos, fortemente ancorados no contexto regional, especialmente nas características climáticas do Nordeste brasileiro. Entretanto, observa-se a presença de uma concepção alternativa recorrente, expressa na ideia de que a energia pode ser “criada”, indicando que os estudantes interpretam a geração de energia como um processo de produção, e não de conversão.

No que se refere aos aspectos socioambientais, as respostas também indicam uma compreensão inicial ainda restrita:

Pergunta: Você tem conhecimento de possíveis impactos socioambientais negativos decorrentes da instalação de turbinas eólicas? Comente.

E27: “A instalação das turbinas pode causar impacto no habitat natural de animais da região.”

A resposta evidencia o reconhecimento de impactos ambientais, especialmente relacionados à fauna e aos ecossistemas locais. Contudo, de modo geral, observa-se que essa compreensão se concentra predominantemente na dimensão ambiental, com pouca consideração de aspectos sociais, econômicos e territoriais envolvidos na implementação de parques eólicos.

Ao longo da aplicação da sequência didática, observou-se um processo de reorganização conceitual nas falas dos estudantes durante as discussões coletivas. Um exemplo representativo pode ser identificado na seguinte afirmação:

E12: “A energia não está sendo criada, ela vem do vento e vai sendo transformada.”

Essa fala indica um avanço na compreensão do processo de geração eólica, especialmente ao reconhecer a origem da energia e sua transformação ao longo do sistema. De forma complementar, a afirmação de que “quanto maior o vento, maior a energia cinética e maior a eletricidade gerada” (Estudante 7) evidencia uma compreensão inicial da relação entre variáveis físicas, posteriormente aprofundada nas discussões em sala, ao se problematizar que essa relação é mediada por limitações físicas e tecnológicas.

Esse movimento permite identificar avanços na compreensão dos conceitos relacionados à energia elétrica e aos processos de conversão energética, aspecto que também se evidencia nas respostas ao questionário final, apresentado a seguir:

Pergunta: O que eu aprendi sobre energia elétrica com os experimentos realizados? (Comente sobre tensão, corrente e resistência e como esses conceitos aparecem nos circuitos com Arduino.)

E14: “ Que a tensão elétrica depende da variação do campo elétrico, e a corrente elétrica depende da carga ligada ao sistema, e a resistência influencia nas perdas de energia”

Pergunta: O que eu aprendi sobre energia elétrica com os experimentos realizados? (Comente sobre tensão, corrente e resistência e como esses conceitos aparecem nos circuitos com Arduino.)

E18: “ O evento gerado pelas densidades de temperatura do ar bate nas pás de uma turbina e faz com que elas girem. Esse movimento de rotação chega no gerador, onde ocorre uma variação no campo magnético que gera energia elétrica. Portanto, a energia do vento é transformada primeiro em movimento e depois em eletricidade.”

Nesse contexto, com base nos estudos desenvolvidos no início da sequência didática, observa-se que os estudantes passaram a incorporar, em suas respostas ao questionário final, elementos mais próximos da formalização científica. O estudante E18, por exemplo, descreve o processo de conversão da energia eólica em energia elétrica por meio de uma sequência de eventos, o que indica uma aproximação ao modelo científico, ao reconhecer etapas intermediárias na transformação energética. Observa-se, ainda, a mobilização de elementos como rotação e variação do campo magnético, sugerindo avanços na organização do raciocínio físico, embora ainda com simplificações.

Por outro lado, a resposta do estudante E14 evidencia que a incorporação de terminologia científica não é necessariamente acompanhada de compreensão conceitual. Tal limitação pode ser atribuída ao caráter abstrato desses conceitos, que demanda a articulação entre diferentes níveis de representação, o que evidencia a necessidade de continuidade e aprofundamento das intervenções pedagógicas.

Em complemento à dimensão conceitual, os resultados também apontam para avanços no desenvolvimento de habilidades relacionadas à investigação científica.

4.2 Desenvolvimento de habilidades investigativas e interpretação de dados experimentais

Os resultados evidenciam avanços significativos no desenvolvimento de habilidades investigativas, especialmente relacionadas à formulação de hipóteses, coleta sistemática de dados, organização em tabelas, análise comparativa e construção 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, empregando o Arduino como voltímetro digital para a medição da diferença de potencial entre pontos previamente definidos do circuito (Figura 3). Para cada medição realizada, foram efetuadas três leituras consecutivas de tensão elétrica, com o objetivo de minimizar flutuações instantâneas e aumentar a confiabilidade dos dados obtidos.

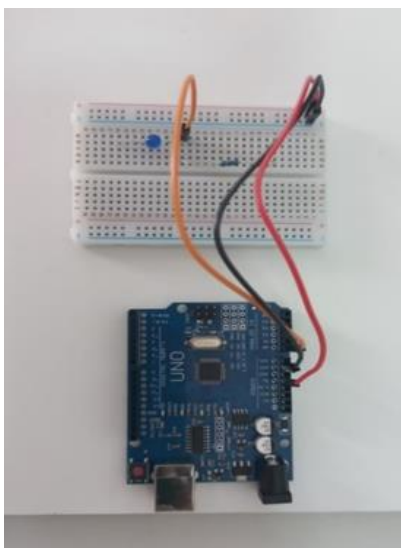


Figura 3: Experimento I – Voltímetro.

Os valores registrados pelos diferentes grupos são apresentados no Gráfico 1. A partir dessas leituras, foi calculada a média aritmética, adotada como valor representativo da grandeza medida, considerando a baixa dispersão observada entre as leituras sucessivas. As pequenas variações identificadas mostraram-se compatíveis com a resolução do conversor analógico-digital do Arduino e com flutuações naturais do circuito elétrico, não comprometendo a confiabilidade das medições.

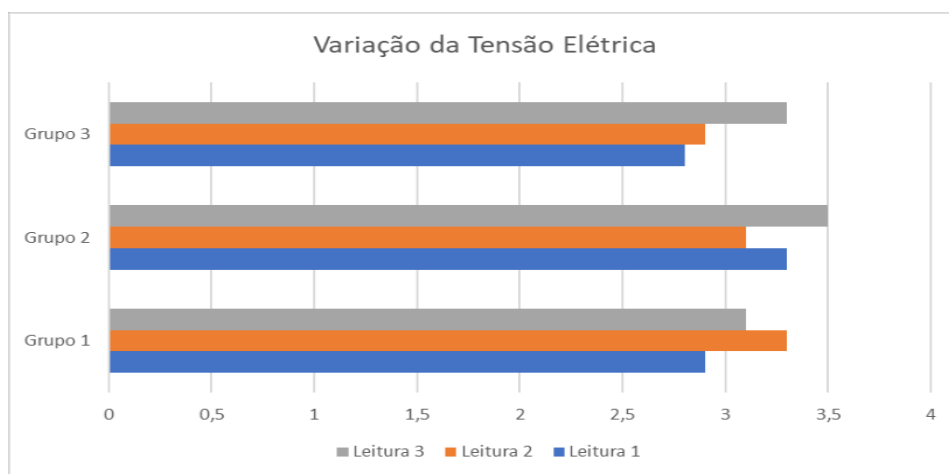


Gráfico 1: Variação da tensão elétrica medida pelo Arduino ao longo de leituras sucessivas

Nesta atividade, os estudantes passaram a compreender a tensão elétrica como uma grandeza mensurável associada à distribuição de energia no circuito, superando uma abordagem exclusivamente qualitativa. As conclusões escritas nas fichas apontam a relação entre os valores de tensão medidos, o acendimento do LED, entendido como um indicativo qualitativo da presença de tensão suficiente no circuito e a queda de tensão nos componentes, evidenciando a articulação entre observação empírica e explicação conceitual. De acordo com as medições realizadas pelos alunos, não houve grandes variações, e diante do valor esperado presente no roteiro da prática (entre 3 e 3,5 V), os resultados foram satisfatórios, considerando também que todos utilizaram o mesmo valor para tensão da placa (5 V).

No Experimento II, os estudantes determinaram o valor de uma resistência elétrica de valor desconhecido por meio da montagem de um circuito divisor de tensão, no qual essa resistência era associada a um resistor de valor conhecido e alimentada por uma fonte de tensão constante. Inicialmente, foi realizada a medição da tensão elétrica em um ponto específico do circuito, correspondente à queda de tensão sobre um dos resistores. A partir do valor de tensão medido, os estudantes calcularam indiretamente o valor da resistência desconhecida, utilizando relações matemáticas derivadas da Lei de Ohm e do princípio de funcionamento do divisor de tensão. O Gráfico 2 apresenta os valores de resistência obtidos pelos diferentes grupos.

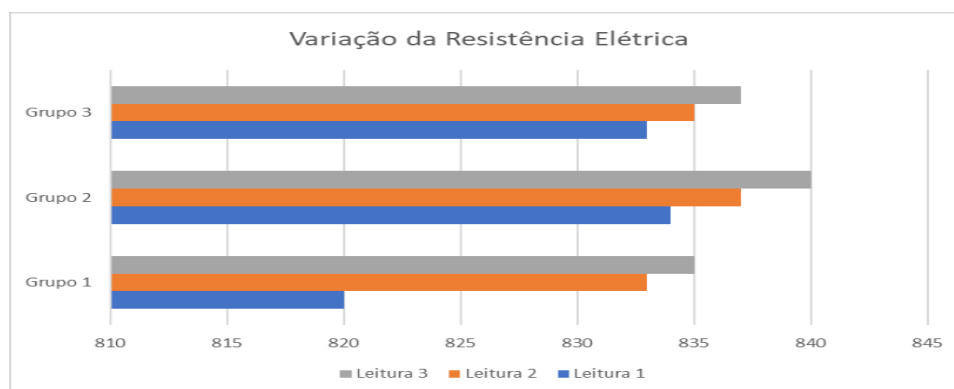


Gráfico 2: Valores de resistência elétrica determinados experimentalmente pelos grupos a partir do circuito divisor de tensão.

A análise do Gráfico 2 evidencia variações nos valores de resistência obtidos pelos diferentes grupos em relação ao valor nominal do resistor (820Ω), as quais devem ser interpretadas com base do intervalo de tolerância do componente, não havendo um valor único considerado exato, mas uma faixa de valores fisicamente admissíveis. 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. Esse movimento evidencia o desenvolvimento da capacidade de interpretar dados experimentais de forma crítica, ultrapassando a simples aplicação mecânica de equações matemáticas.

O Gráfico 3 apresenta os valores de corrente elétrica obtidos por meio do cálculo teórico fundamentado na Lei de Ohm. Esses valores são utilizados como referência analítica para a discussão dos resultados experimentais, não se configurando como um procedimento de validação independente. Observa-se que as estimativas teóricas apresentam consistência com os valores obtidos indiretamente por meio do Arduino, o que era esperado, uma vez que ambos se baseiam nas grandezas previamente determinadas nos Experimentos I e II.

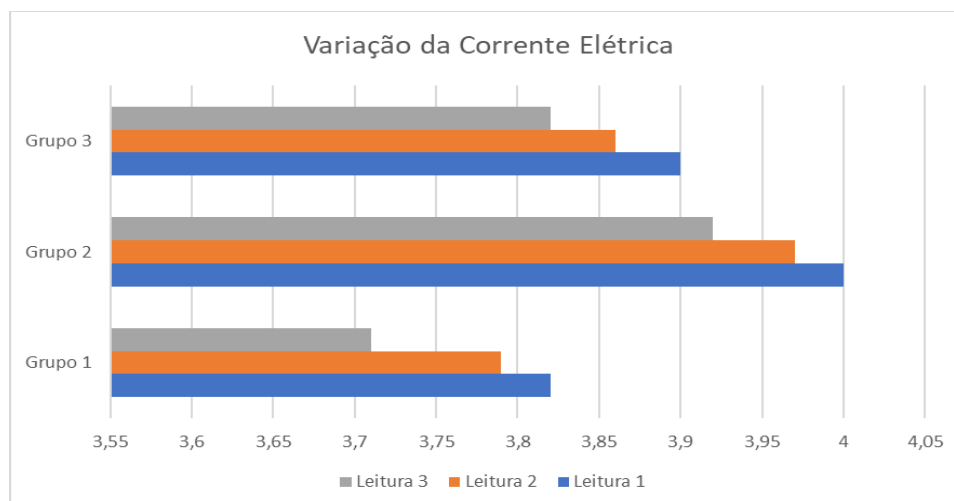


Gráfico 3: Valores obtidos pelo cálculo teórico a partir da lei de Ohm.

Por sua vez, os valores medidos diretamente com o multímetro digital variaram entre 10 e 11 mA, apresentando diferenças em relação às estimativas teóricas e indiretas. Essas discrepâncias estão associadas às distintas naturezas dos métodos de medição empregados, uma vez que o multímetro realiza a leitura direta da corrente elétrica, enquanto o Arduino depende de estimativas indiretas fundamentadas em medições de tensão e resistência, além de limitações relacionadas à resolução do sistema de aquisição de dados.

A análise conjunta desses resultados permitiu aos estudantes compreender que a utilização de diferentes métodos e instrumentos pode conduzir a valores distintos para uma mesma grandeza física, sem que isso comprometa a interpretação do fenômeno estudado, favorecendo a apropriação do raciocínio experimental e a compreensão das incertezas inerentes ao processo de medição.

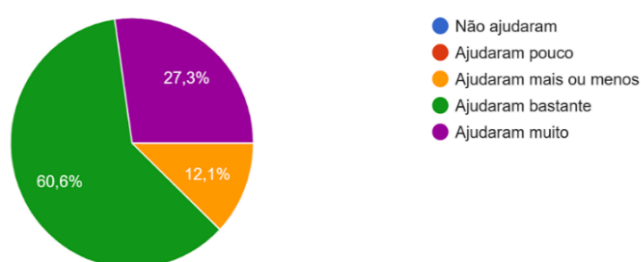
4.3 Engajamento, protagonismo estudantil e dialogicidade

Os dados provenientes das fichas de registro experimental, das observações do professor-pesquisador e do questionário reflexivo final indicam um aumento progressivo do engajamento e do protagonismo estudantil ao longo da sequência didática. Após os cinco encontros, todos os 33 estudantes responderam ao questionário aplicado via Google Forms, o que possibilitou analisar sua percepção sobre a aprendizagem e a participação nas atividades.

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 (Figura 4). 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.

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

33 respostas

**Figura 4:** Percentual de respostas da questão objetiva 1.

Além disso, a maioria dos estudantes reconheceu que as estratégias adotadas, como atividades experimentais, discussões dialogadas e uso de recursos audiovisuais, favoreceram a articulação entre os conteúdos de Física e situações do cotidiano, reforçando a contextualização do conhecimento científico, como mostra a Figura 5.

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

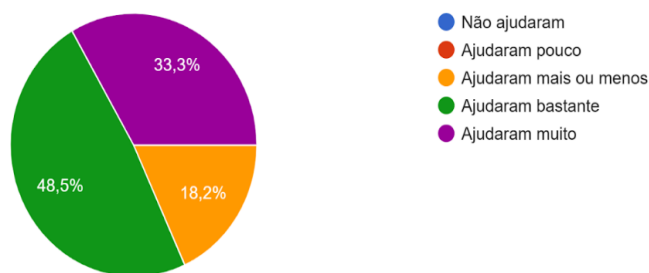


Figura 5: Percentual de respostas da questão objetiva 2.

Esse protagonismo manifestou-se na formulação de hipóteses, na argumentação baseada em evidências e na participação nas discussões coletivas, evidenciando uma postura investigativa e colaborativa. Tais aspectos dialogam com a perspectiva freireana adotada, ao valorizar o diálogo, a problematização e a construção coletiva do conhecimento, superando uma abordagem transmissiva e favorecendo uma aprendizagem mais significativa.

5 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. Os resultados indicam que a proposta favoreceu avanços 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.

A análise dos dados provenientes dos mapas conceituais, dos registros experimentais, dos questionários e das observações em sala evidenciou o desenvolvimento de habilidades investigativas, como a formulação de hipóteses, a coleta e a organização de dados, a interpretação de resultados e a argumentação baseada em evidências. A utilização do Arduino como instrumento de medição contribuiu para a materialização de conceitos tradicionalmente abordados de forma abstrata no ensino de Física, como tensão, corrente e resistência elétrica, além de favorecer a compreensão do erro experimental como elemento constitutivo do fazer científico.

Os resultados também apontam para um aumento do engajamento e do protagonismo estudantil ao longo da sequência didática, associado à participação ativa nas atividades experimentais e nas discussões coletivas. Esse movimento dialoga com a perspectiva freireana adotada, ao valorizar a problematização, o diálogo e a construção coletiva do conhecimento, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada.

Além dos aspectos conceituais e investigativos, a proposta possibilitou a ampliação da compreensão dos estudantes acerca das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTS), ao articular os conteúdos de eletricidade a discussões sobre eficiência energética, sustentabilidade e o papel das fontes renováveis na transição energética. Tais reflexões reforçam o caráter formativo da sequência e sua consonância com as competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Por fim, destaca-se que o uso do Arduino se mostrou viável e acessível como recurso didático, indicando potencial de replicação da proposta em diferentes contextos escolares. Como desdobramentos futuros, sugere-se a ampliação da sequência para outras fontes de energia renovável, bem como a realização de estudos de caráter longitudinal que investiguem os impactos dessa abordagem na aprendizagem ao longo do tempo.

6 Referências bibliográficas

- Alves, M. A. & Duarte, K. M. (2025). Educação e cidadania ambiental: uma análise a partir da Agenda 2030 da ONU. *Revista Brasileira de Educação Ambiental*, 20(2), 397–418.
- Araújo, M. S. T. & Abib, M. L. V. S. (2003). Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25(2), 176–194.
- Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). (2025). Brasil sobe uma posição e fica em 5º lugar no ranking mundial de energia eólica. Acesso em 12 dez., 2025, <https://abeeolica.org.br/brasil-sobre-uma-posicao-e-fica-em-5o-lugar-no-ranking-mundial-de-energia-eolica/>.
- Bachelard, G. (1996). *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Rio de Janeiro: Contraponto.
- Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: MEC. Acesso em 12 dez., 2025, <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/educacao-basica/bncc>.
- Burattini, M. P. T. C. (2008). *Energia: uma abordagem multidisciplinar*. São Paulo: Livraria da Física.
- Candau, V. M. F. & Koff, A. M. N. S. (2015). A didática hoje: reinventando caminhos. *Educação & Realidade*, 40(2), 329–348.
- Delizoicov, D. (1991). *Conhecimento, tensões e transições*. Tese de doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Delizoicov, D.; Angotti, J. A. & Pernambuco, M. M. C. A. (2002). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.
- Delizoicov, D. (2008). *Ensino de Ciências: fundamentos e métodos*. São Paulo: Cortez.
- Dinçer, F. (2011). The analysis on wind energy electricity generation status, potential and policies in the world. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(9), 5135–5142.
- Dutra, R. M. (2001). *Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- Freire, P. (1996). *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra.
- Freire, P. (1987). *Pedagogia do oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra.
- Gomes, S. Í. R.; Souza, A. A.; Silva, L. M. et al. (2024). Educação ambiental e sustentabilidade sob o olhar dos alunos do 9º ano do ensino fundamental. *Diversitas Journal*, 9(4), 1–12. Acesso em 10 dez., 2025, <https://doi.org/10.48017/dj.v9i4.3060>.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Climate Change 2023: Synthesis Report — Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental*

Panel on Climate Change. Geneva: IPCC, 2023. Acesso em 6 abr. 2026, https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf.

Kenski, V. M. (2012). *Tecnologias e ensino presencial e a distância*. Campinas: Papirus.

Kozulin, A. (2003). *Psychological tools: a sociocultural approach to education*. Cambridge: Harvard University Press.

Moreira, M. P. C.; Romeu, M. C.; Alves, F. R. V.; da Silva, F. R. O. (2018). Contribuições do Arduino no ensino de Física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 35(3), 721-745.

Müller, T. & Silva, M. C. (2023). Educação ambiental e sustentabilidade nos anos iniciais do ensino fundamental. *Ambiente & Educação*, 28(1), 187–208. Acesso em 12 dez., 2025, <https://doi.org/10.14295/ambeduc.v28i1.15199>.

Neto, R. S. (2020). O uso de tecnologias no ensino de Física: mitos, desafios e possibilidades. Acesso em 18 dez., 2025, <https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2020/article/download/1541/1188/>.

Novak, J. D. & Gowin, D. B. (1984). *Aprender a aprender*. Lisboa: Plátano.

Oliveira, A. M. Q. & Pinheiro, J. G. L. (2020). Energia renovável com utilização da energia eólica: tecnologia ambiental e avaliação do crescimento no âmbito global com interface da produção brasileira de energia. *Revista Episteme Transversalis*, 11(1), 242–267.

Oliveira, I. A. (2017). A dialogicidade na educação de Paulo Freire e na prática do ensino de filosofia com crianças. *Movimento – Revista de Educação*, 7, 228–253.

Piccolo, A. P.; Bühler, A. J. & Rampinelli, G. A. (2014). Uma abordagem sobre a energia eólica como alternativa de ensino de tópicos de física clássica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(4), e4306.

Solino, A. P. & Gehlen, S. T. (2015). O papel da problematização freireana em aulas de Ciências/Física: articulações entre a abordagem temática freireana e o ensino de ciências por investigação. *Ciência & Educação*, 21(4), 911–930.

Souza, S. S. F. (2024). Use of the Arduino platform in the teaching/learning process of electricity fundamentals in physics. *Research, Society and Development*, 13(3), e5213345227.