



BANCADAS DIDÁTICAS APLICADAS AO ENSINO DOS GERADORES EÓLICOS A PARTIR DA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS, ELETRODOMÉSTICOS E ELETRÔNICOS

NATHÁLIA DE CASTRO NASCIMENTO; LUCAS LOBATO CHAGAS; SILZAMAR DE MORAES SANTOS; LUCAS DO NASCIMENTO RAIOL; KEVIN BORGES DA SILVA

RESUMO

O mundo está sofrendo sérias consequências devido a utilização inadequado dos recursos naturais do planeta, e como medida para evitar o colapso ambiental, a Organização das Nações Unidas (ONU) instituiu uma agenda para 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), com o intuito de promover um mundo mais sustentável e igualitários, com prazo para serem cumpridas até 2030. Visando atender aos ODS, o presente trabalho tem como objetivo a construção de uma coleção de bancadas didáticas aplicadas ao ensino-aprendizagem dos geradores eólicos a partir da utilização de materiais descartados, resíduos sólidos, eletrodomésticos e eletrônicos. Foram feitas inicialmente pesquisas bibliográficas a respeito das principais características que influenciam a produção de energia eólica, a fim de idealizar uma bancada de experimento capaz de simular as condições reais da geração de energia eólica. Com as metas experimentais bem definidas, iniciou-se o levantamento, testes e seleção de possíveis materiais utilizados para construção do protótipo da bancada didática dos geradores eólicos. Com um acervo de materiais bem robusto, foi possível fazer a seleção dos materiais que mais se adequaram às propostas do projeto, resultando na construção de um material didático que proporciona uma bateria de teste bem extensa, que leva o estudante a refletir sobre os desafios de projetar uma usina de geração de energia eólica. A bancada didática desenvolvida atende os dois principais aspectos propostos na idealização do projeto, que consiste na reutilização de resíduos sólidos evitando o descarte indevido e a sustentabilidade ambiental e a disponibilidade de uma nova ferramenta para fomentar o estudo por fontes de energia renovável.

Palavras-chave: e-waste; energia eólica; desenvolvimento sustentável; energia renovável; metodologia de ensino.

1 INTRODUÇÃO

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, realizada em Estocolmo no ano de 1972, foi a precursora de uma série de outras discussões internacionais para traçar metas com o objetivo de garantir um mundo mais sustentável, uma vez que o desenvolvimento acelerado das indústrias, novas tecnologias e maior poder aquisitivo da sociedade estão acompanhadas de mudanças comportamentais humanas que acarretam graves consequências ao meio ambiente. Segundo Camelo (2015), os impactos da globalização, a produção em massa de todos os tipos de produtos e o consumismo exagerado da sociedade é acompanhada da utilização inconsequente dos recursos naturais do planeta, afetando diretamente o equilíbrio ambiental.

Os paradigmas da quarta revolução industrial e indústria 4.0 são caracterizados pelos comportamentos de consumo humano baseados na aquisição de novas tecnologias, além da corrida constante para disponibilizar ferramentas e produtos novos capazes de substituir e/ou

facilitar tarefas humanas, proporcionando mais comodidade, bem-estar e aceleração do processo de obsolescência de produtos aos olhos dos consumidores (Câmara e Ferreira, 2021). Camelo (2015) e Câmara e Ferreira (2021) reforçam a ideia de uma sociedade que caminha para colapsos nos aspectos da escassez de recursos naturais, demanda energética para suprir toda a produção e consumo, utilização das tecnologias disponíveis e o descarte inadequado de todo os equipamentos ociosos e ultrapassados que são constantemente substituídos por equipamentos mais aprimorados, uma vez que estes já não são tão atrativos diante de uma tecnologia nova disponível no mercado.

Como uma medida para evitar o colapso do planeta e promover a sustentabilidade ambiental e inclusão social, foi realizada no ano de 2015 em Nova Iorque a Cúpula das Nações Unidas, cujo objetivo central foi a instituição pela Organização das Nações Unidas (ONU) dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS):

Nesta agenda estão previstas ações mundiais nas áreas de erradicação da pobreza, segurança alimentar, agricultura, saúde, educação, igualdade de gênero, redução das desigualdades, energia, água e saneamento, padrões sustentáveis de produção e de consumo, mudança do clima, cidades sustentáveis, proteção e uso sustentável dos oceanos e dos ecossistemas terrestres, crescimento econômico inclusivo, infraestrutura, industrialização, entre outros (Ministério da Educação, 2023).

Dentre os 17 ODS, ressaltam-se o objetivo 11 que possui o tema cidades e comunidades sustentáveis e o objetivo 12 com a temática de consumo e produção responsáveis (Gomes e Ferreira, 2018), estes são os dois principais objetivos que estimulam o desenvolvimento de projetos acadêmicos e científicos que utilizem materiais reutilizáveis. Dentre as grandes áreas, encontram-se na engenharia diversas literaturas que descrevem produções de sistemas a partir de componentes elétricos e eletrônicos provenientes de sucatas, sobretudo na concepção de bancadas didáticas, das quais são possíveis citar o reaproveitamento de materiais encontrados em uma impressora descartada para a criação de um kit didático para o ensino de automação industrial (Vaz et al., 2019) e a reutilização de uma antena parabólica para o desenvolvimento de uma bancada didática sobre a energia solar térmica para estudantes de ensino fundamental e médio (Lobato *et al.*, 2022).

O presente trabalho visa desenvolver uma bancada didática aplicada ao ensino dos geradores eólicos, visando promover o interesse dos alunos pelo estudo desta fonte de energia sustentável e promover a sustentabilidade ambiental. Além disso, serão utilizados para a construção estrutural da bancada didática majoritariamente resíduos sólidos destinados ao lixo, dando a eles novas formas e utilidades.

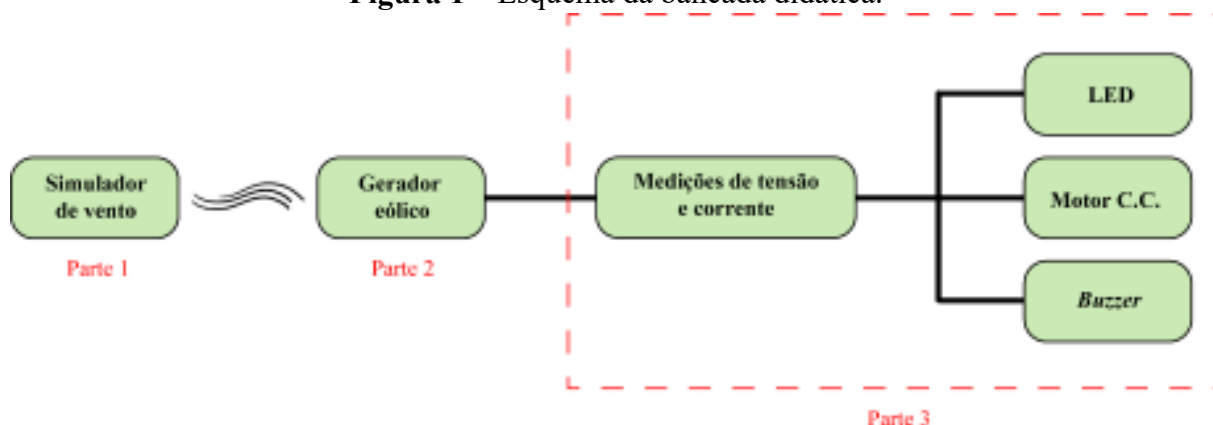
2 MATERIAL E MÉTODOS

A proposta deste trabalho foi feita durante a disciplina de energias renováveis do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Amapá, cujo objeto inicial era o desenvolvimento de uma exposição experimental alusiva à uma das fontes de energias renováveis. Para tanto, após a escolha da energia eólica, foram feitas pesquisas bibliográficas a respeito das principais características que influenciam a produção de energia eólica e de que forma apresentar esses conceitos de maneira prática utilizando majoritariamente elementos reutilizados, tais como componentes elétricos e eletrônicos e suportes para fixação, visando a redução de custos financeiros, praticidade e conscientização da sustentabilidade ambiental.

Considerando uma boa organização e recursos suficientes para representar a geração eólica, a bancada foi dividida em três partes, conforme mostra a Figura 1. Na parte 1, tem-se a geração de ventos que pode ser alcançada utilizando um ventilador, secadores de cabelo ou qualquer outro equipamento disponível que fornece ventos, no caso deste trabalho, foi construído um simulador de vento utilizando um motor de liquidificador com velocidade

ajustável que facilita a medição e análises para diferentes condições. Na parte 2 é onde se encontra o gerador, que pode ser facilmente reproduzido utilizando um motor C.C. encontrado em diversos componentes eletrônicos juntamente com uma hélice ou *cooler* acoplada em seu eixo. A parte três possui três componentes com o intuito de simular cargas, onde o LED (do inglês, *light emitter diode*) e motor C.C. fornecem um meio visual de analisar a geração eólica, enquanto o *buzzer* proporciona um sinal audível proporcional à geração eólica. A inclusão de duas formas diferentes de percepção sensorial proporciona também a inclusão social na participação do experimento. Por fim, na parte 3 também onde serão feitas medições relacionadas às variáveis de interesse encontradas na geração eólica, tais como a tensão e corrente geradas.

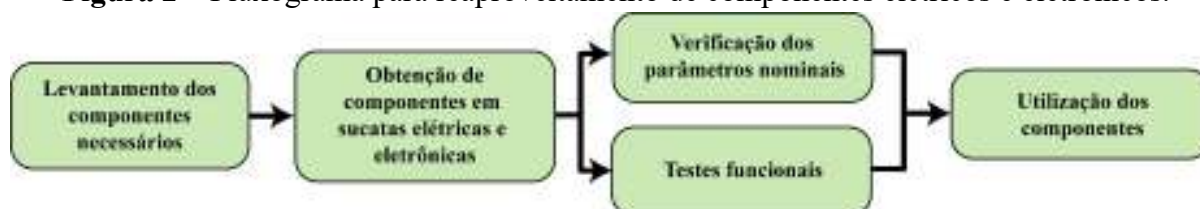
Figura 1 – Esquema da bancada didática.



É importante salientar dois pontos em relação às três partes propostas. O esquema da Figura 1 possui um ponto fixo para medições de tensão e corrente, contudo, é possível estender essas medições para outras partes da bancada didática. Além disso, a variação na geração eólica é alcançada realizando ajustes de distância, intensidade e ângulo do vento incidente sob as hélices do gerador eólico, que podem ser usados para análise das variáveis que influenciam na geração de energia eólica.

Para a montagem da bancada didática, inicialmente foram feitos levantamentos dos componentes elétricos e eletrônicos necessários. Esses componentes foram encontrados em sucatas de placas elétricas e equipamentos eletrodomésticos descartados, sendo posteriormente testados individualmente para verificação de seus parâmetros e funcionamento. Esses procedimentos são sumarizados na Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma para reaproveitamento de componentes elétricos e eletrônicos.

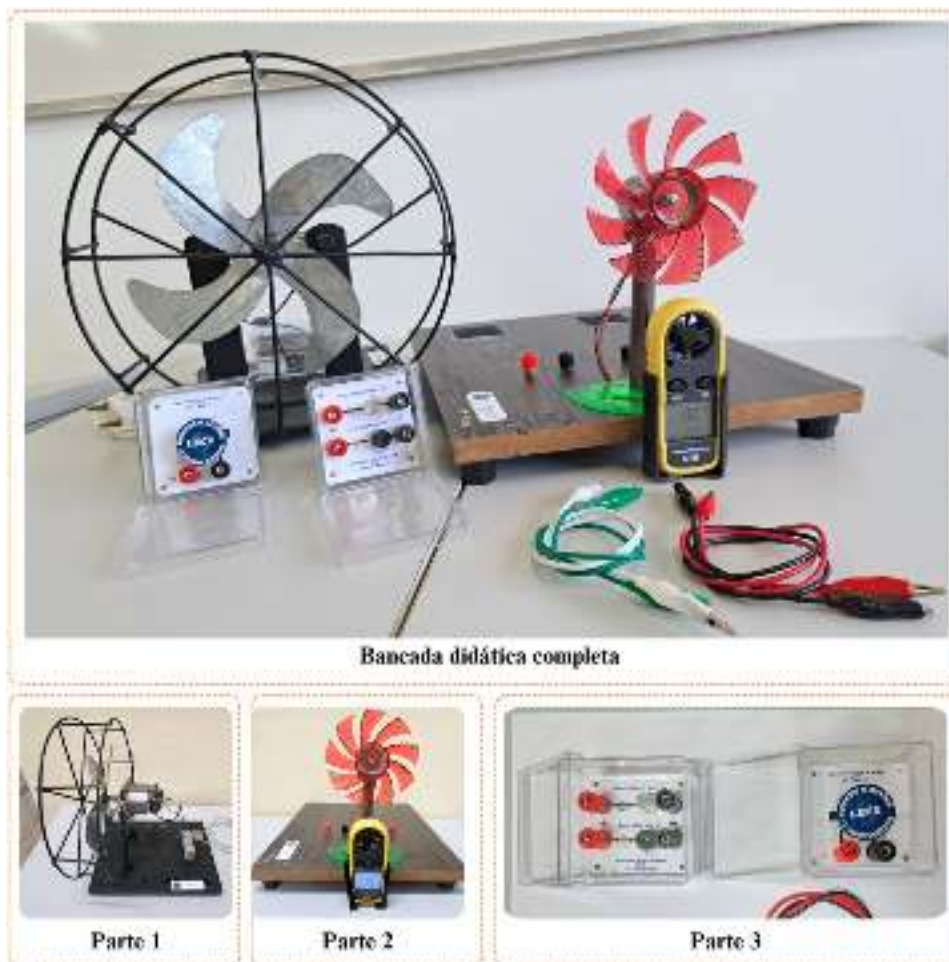


Com a parte elétrica do projeto já definida, aos poucos outros resíduos sólidos foram sendo gradativamente incrementados para compor a estrutura física da bancada, como placas de MDF (do inglês, *Medium Density Fiberboard*) para base do gerador eólicos, arames, parafusos e arruelas, placas de alumínio para construção das hélices do gerador de vento, borracha oriunda de sandálias, taco de bilhar para a torre do gerador eólico, entre outros.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bancada didática desenvolvida é mostrada na Figura 3, onde são mostradas também individualmente as partes que a compõem. Foram utilizados um número total de 50 materiais, sendo 33 componentes eletroeletrônicos e peças reutilizáveis. Dessa forma, a bancada didática obteve um percentual de 66% de peças reutilizáveis.

Figura 3 – Bancada didática desenvolvida.



Embora não previsto inicialmente, durante a construção foi inserido na frente da parte 2 um compartimento para abrigar um anemômetro digital portátil (medidor de velocidade dos ventos), isso permitiu aos autores verificar a eficiência do simulador de vento construído bem como auxiliar nas definições das distâncias e ângulos do gerador eólico que serão utilizadas para compor um roteiro de experimentos.

Faz-se necessário também o planejamento e escrita de um roteiro de experimentos para ser utilizado juntamente com a bancada didática, uma sugestão de organização para tal é descrita nos parágrafos seguintes.

A etapa inicial do experimento tem como objetivo a visualização do efeito da geração de energia elétrica a partir da força dos ventos, que pode ser alcançada visualizando uma das cargas em funcionamento quando o simulador de ventos está energizado e direcionado para o gerador eólico. Essa etapa é acessível para alunos em qualquer nível de escolaridade, como forma de introdução às energias renováveis.

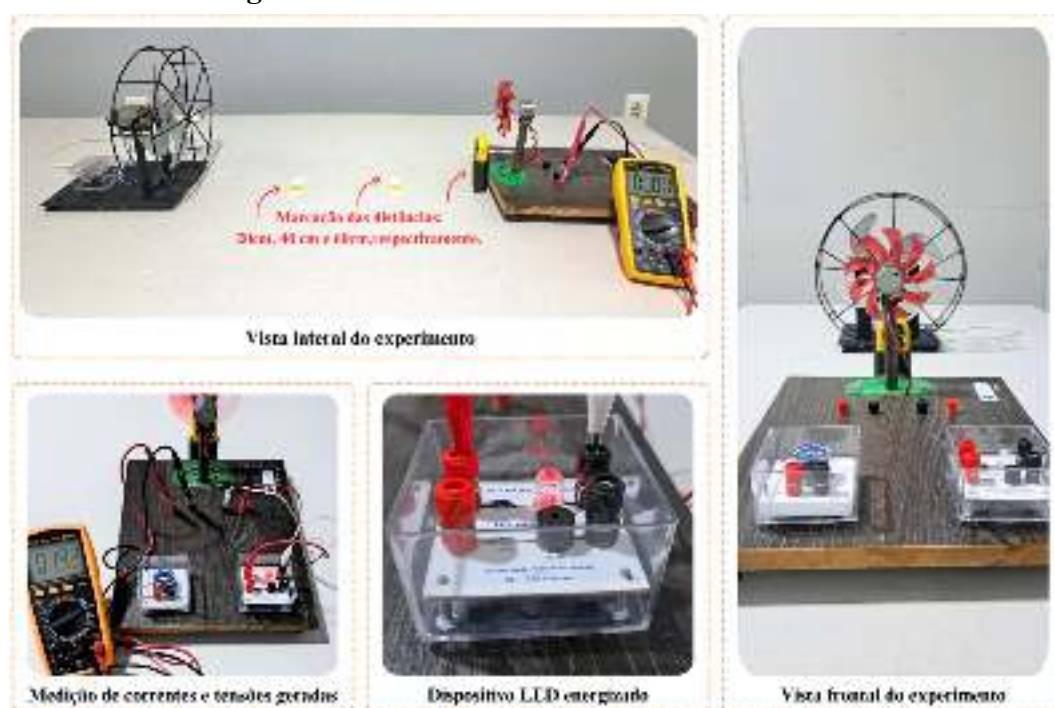
A segunda etapa do experimento consiste nas medições das correntes e tensões que são geradas quando o simulador de vento está a uma distância fixa do gerador eólico, com o objetivo de introduzir os alunos nas medições experimentais e demonstrar conceitos básicos

envolvidos na teoria dos circuitos. Essa etapa é aplicada a estudantes do nível fundamental II/médio e graduação.

A terceira etapa leva o estudante a uma reflexão mais aprofundada a respeito das variáveis envolvidas na geração eólica. Nessa etapa, ajusta-se a distância e intensidade do simulador de vento em relação ao gerador eólico, além da mudança do ângulo do vento incidente no eixo do gerador eólico. Ademais, é possível realizar coletas de dados para todas diferentes condições, para posterior tratamento e análise, familiarizando os alunos ao uso de tabelas, softwares para plotagem de gráficos e interpretação de curvas.

Na Figura 4 são mostrados alguns exemplos do uso da bancada didática. No espaço entre o simulador de vento e o gerador eólico pode também ser inserido algum obstáculo, garantindo uma experiência mais completa e robusta.

Figura 4 – Testes realizados na bancada didática.



Na Figura 5 é mostrado o arranjo feito para rotacionar o gerador eólico, de maneira que haja um ângulo entre os ventos incidentes e o eixo do gerador eólico, onde é possível observar que foi utilizado um transferidor para a medição do ângulo.

Figura 5 – Ajuste do ângulo do gerador eólico.



4 CONCLUSÃO

O uso de componentes elétricos e eletrônicos reutilizáveis no desenvolvimento de projetos acadêmicos se mostra compatível com os conceitos da sustentabilidade, além de demonstrar uma eficiência e funcionalidade consonante com outros dispositivos que ainda não foram utilizados. Por outro lado, deve-se enfatizar que testes preliminares de resíduos eletrônicos para avaliar tal eficiência e funcionalidade são extremamente importantes para seu uso posterior, selecionando os componentes com características propícias para o projeto.

A utilização de materiais descartados com funcionalidades construtivas também se mostra eficaz para seus propósitos, além de proporcionar uma redução considerável de custos financeiros. Deve-se considerar, nesse caso, possíveis medidas alternativas para o tratamento e uso desses materiais, sendo possível alcançar resultados satisfatórios até mesmo com objetos de uso pessoal, tais como sandálias, sombrinhas, materiais escolares, entre outros.

No que tange a metodologia de ensino proposta pela bancada, tem-se uma bateria de testes realizáveis que abrange com clareza conceitos envolvidos no estudo da geração de energia a partir da força dos ventos, proporcionando ao estudante uma maneira prática de visualizar os aprendizados teóricos vistos em sala de aula, além de proporcionar contato com instrumentos de medição, uso de software para tratamento e análise de dados, sendo essas habilidades importantes e frequentemente requeridas no mercado de trabalho.

Por fim, foram atendidas todas as propostas iniciais feitas para o desenvolvimento da bancada didática, garantido uma oportunidade de ensino e aprendizagem aliada aos ODS que tratam de tecnologias sustentáveis e consumo consciente, estimulando também outros estudantes no ambiente da universidade e de escolas de ensino médio/fundamental a promoverem a conscientização da preservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

CÂMARA, A. F.; FERREIRA, M. L. A. A quarta revolução industrial e os novos paradigmas ao bem viver. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL EM DIREITOS HUMANOS E SOCIEDADE, 3., 2021, Santa Catarina. **Anais** [...]. Santa Catarina: UNESC, 2021.

CAMELO, M. M. Sociedade de consumo e produção industrial em massa: influências na sustentabilidade ambiental. **Revista de Direito da Faculdade Guanambi**, Bahia, v. 1, n. 1, p. 42-49, jul./dez., 2015. Disponível em:

<https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/RDFG/article/view/13854>.

Acesso em: 05 jul. 2024.

GOMES, M. F.; FERREIRA, L. J. Políticas públicas e os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Direito e Desenvolvimento**, [S. l.], v. 9, n. 2, p. 155–178, 2018. Disponível em: <https://periodicos.unipe.edu.br/index.php/direitoedesenvolvimento/article/view/667>. Acesso em: 05 jul. 2024.

LOBATO, P. B. *et al.* Desenvolvimento de um kit didático de fogão solar com concentrador para divulgação do uso de energia solar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 9., 2022, Florianópolis. **Anais** [...]. Florianópolis: ABENS, 2022.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. ODS Agenda 2030. **Instituto Federal do Ceará**, 2023. Disponível em: <https://ifce.edu.br/caninde/ods-agenda-2030/ods-agenda-2030>. Acesso em: 05 jul. 2024.

VAZ, I. S.; FLORES, T. K. S.; MEDEIROS, D. F.; NETTO, A. V. S. Desenvolvimento de kit didático sustentável para ensino de automação industrial. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE AUTOMÁTICA, 22., 2018, Paraíba. **Anais** [...]. Paraíba: SBA, 2018.