

## Capítulo 6

# ENERGIA LIMPA – A IMPORTÂNCIA DA ENERGIA EÓLICA

**Aline Barros da Silva,  
Bernardo Zagari Carneiro Panza Costa,  
Gabriel Aurilio da Silva,  
Gustavo Dias da Costa Filho,  
Pedro Eduardo Bezerra dos Santos  
Victor Hugo Campos de Azevedo.  
Prof. Dr. José Carlos Teixeira Pistilli**

Doutor em Planejamento pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestre em Engenharia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Engenheiro pela Universidade Federal Fluminense, Mestre em Educação pela UNESA, Especialista em Didática do Ensino Superior pela SOMLEY/RJ, Especialista em Administração de Marketing pela SOMLEY/RJ, professor de Ciências e Matemática pela FEUC/RJ. Atualmente, sou regente de turmas do Ensino Fundamental e do Ensino médio, e coordeno Projetos Multidisciplinares, no Colégio Brigadeiro Newton Braga (CBNB). E-mail: josecarlospistilli@gmail.com Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1532187548265953>

Orcid: <https://orcid.org/0009-0000-7320-8003>

**Profa. MSc. Gabriela de Souza Rego**

Graduada em Química com atribuições tecnológicas e em licenciatura em Química pela UFRJ. Mestre em Química também pela UFRJ. Oficial da Força Aérea. Atua como docente no Colégio Brigadeiro Newton Braga. E-mail: [gabriela.rego1994@gmail.com](mailto:gabriela.rego1994@gmail.com) Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1273683205008395>



## RESUMO

O presente estudo trata da energia eólica como uma das formas de energia limpa, renovável, sustentável cuja produção e consumo não têm relação com a emissão de poluentes atmosféricos, o que implica na redução de impactos ambientais ligados ao efeito estufa. Convém lembrar que as turbinas eólicas fazem a conversão da energia cinética, do movimento do ar, do vento em energia mecânica por meio de hélices rotativas, que captam a força do vento, e esse, por sua vez faz as mesmas girarem. Em sequência, a energia mecânica se converte em energia elétrica por meio de um aparelho chamado gerador, que fica na torre de tratamento, e assim, a energia é distribuída para o devido consumo. Tanto a produção quanto o consumo da energia eólica recebem especial atenção nesse artigo. Pois exige do estudioso a atenção especial no sentido das necessárias avaliações do ponto de vista econômico técnico, social e ambiental. Dessa forma, dizemos aqui do que se refere aos prós e contras de sua adoção enquanto forma energética alternativa às tantas formas contidas na matriz energética ditas convencionais. Isso posto, fazendo referência a mostras de estudantes do Colégio Militar Brigadeiro Newton Braga, o artigo, em conformidade com recomendações contidas na Agenda 2030 da ONU, intenta despertar interesse e discutir a importância do uso da energia eólica como forma sustentável de produção de energia elétrica.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energia Renovável; Eólica; Redução de Poluentes; Sustentabilidade.

## INTRODUÇÃO

O presente artigo trata do desenvolvimento de um projeto, cuja orientação se constituiu na parceria entre a Física, representada pelo professor José Carlos Pistilli e a Química representada pela professora Tenente Gabriela de Souza Rego.

O trabalho tem base nas reflexões e discussões travadas nas aulas da disciplina PI – Sustentabilidade, ministrada pelos professores José Carlos Pistilli, e Rafaela Petra, quando as análises da problemática ambiental perpassaram as articulações de metas contidas em Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis (ODS) da Agenda 2030 da ONU.

É dessa forma que visamos a ampliação e o aprofundamento de estudos no CBNB sobre fontes de energia limpa, envolvendo sua produção, seu consumo, suas vantagens e desvantagens.

O estudo foi realizado com o intuito de trazer reflexões sobre a importância apresentada pelas fontes de energia renováveis enquanto mitigadoras do processo de degradação do meio ambiente, visto que, no mundo atual, há a predomi-

minância majoritária de fontes de energia não renováveis que, ao serem produzidas e consumidas acabam contribuindo com a emissão de poluentes causadores de impactos ambientais.

Numa tentativa de exposição mais lúdica e mantendo o rigor dos conceitos da ciência fizemos, na Feira de Ciências e na apresentação do projeto Historiando a Ciência, uso de maquetes construídas pelos estudantes orientados pelos citados professores, mostrando a dinâmica do funcionamento das torres eólicas e sua possível implantação no espaço urbano em que vivemos. Além do uso de diversas fontes de consulta tais como de livros e de sites da internet. Incluímos nessa dinâmica a importância de trazer para nosso espaço escolar a visibilidade de uma hipotética utilização de torres eólicas na área externa do colégio CBNB.

## **DESENVOLVIMENTO**

O presente texto traz à discussão, a importância e a necessidade de se avaliar os prós e contras e de se fazer breve explanação do universo que contém as diversas formas de produção e consumo de energia sustentável, na qual se insere a energia eólica, como forma de mitigar o processo de degradação no planeta Terra e, a partir dessa ideia, em consonância com as metas contidas nos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que compõem a Agenda 2030 da ONU.

Nesse sentido há que se destacar que o futuro da humanidade não pode abrir mão da utilização, do emprego de todas as formas possíveis de energia renovável e desse modo falamos da energia eólica como exemplo de eficiência e de viabilidade de geração em boa parte do nosso território (Gore, 2010; Maia, 2022; Moreira, 2021).

Seguindo essa linha de raciocínio e procurando outros ângulos de análise, lembramos da crescente e cada vez mais multifacetada necessidade de produção e consumo racional de energia elétrica, o que aguça nosso pensar acerca da energia eólica como uma alternativa das mais racionais e como das mais promissoras e importantes fontes de produção de energia sustentável, alternativa das mais promissoras, no nosso país, para o presente e principalmente para o futuro (Mel, 2023).

Seguindo a ideia de que o futuro chegou e de que novas exigências emergem e dessa maneira urge pensarmos a prisão e o consumo de Energia renovável e a alternativa só uso da energia eólica, no Brasil tem papel de destaque e nos abre horizontes animadores (Tundsi, 2019).

### **Uma visão breve da importância da Energia Eólica**

Fonte limpa e renovável a energia eólica, difere de muitos outros recursos energéticos, já que não emite poluentes para o ar e nunca se extingue, assim evi-

tando o aprofundamento dos problemas ambientais em local e globalmente. Além disso, no nosso país, sua importância reside no fato de que também pelas terras onde as usinas eólicas são instaladas, dispõe-se de arrendamento de terrenos de pequenos donos de terra e com isso, proporciona-se o desenvolvimento econômico para essas regiões, dentre outras vantagens, pela geração de empregos. (BRASIL 2007; Phillip, A. & Reis, L.B. 2016).

### **O Modo Como Acontece A Produção Da Energia Eólica**

A produção dessa forma de energia é propiciada pelos ventos que, ao entrarem em atrito com as pás da estrutura do mecanismo, ativa os aerogeradores, conhecidos como turbinas. Em função desse movimento, gera-se a energia mecânica, na qual se transforma em elétrica por conta da indução eletromagnética operada em partes chamadas de turbinas.

As instalações se dão em regiões mais altas, no intuito de se obter quantidade maior de vento. Os geradores de energia eólica situam-se em chamados parques eólicos, de possível instalação tanto na terra quanto no mar. Quando em terra, o lugar escolhido deverá apresentar poucos e de preferência nenhum, relevo que venha a atrapalhar a circulação do ar.

### **Acerca dos aerogeradores (construção e montagem)**

A parte interna dos aerogeradores é oca, em geral composta de fiação e escada, para permitir acesso a compartimentos superiores. Quanto à fiação das torres ela é feita sob os aerogeradores no sentido de evitar acidentes com as pás das hélices. Quanto à parte superior das torres, podemos encontrar um motor no qual se destina a todo o funcionamento das turbinas. As dimensões das torres variam entre trinta e cento e vinte metros de altura. Tendo em vista que a torre é maior que as suas hélices.

### **Sobre as vantagens da energia eólica**

Essa forma de energia (eólica) é limpa e renovável. Possui processo de instalação rápida. Trata-se de uma das energias mais acessíveis e de baixo custo. Permite a autoalimentação de casas. Propicia incremento de emprego local. É significativamente adaptável a diversos e variados espaços.

### **Sobre as desvantagens da energia eólica**

A promoção dessa forma de energia pode gerar um gigantesco impacto ao meio ambiente em função da constância dos ventos fazendo a produção de energia ser bastante variável e assim, produzindo expressiva poluição sonora, tendo em

vista o elevado nível de ruído produzido pela rotação das turbinas as quais podem afetar gravemente o processo de movimentação migratória de aves.

Outro aspecto a ser considerado é que ocupam um espaço significativamente amplo.

### **Uma breve consideração acerca da energia eólica no nosso país**

Ocupando a sexta posição mundial, desde 2021, em capacidade instalada de energia eólica, o Brasil é considerado um importante produtor de energia eólica sendo até colocado em terceiro lugar, perdendo posição hegemônica para as energias hídricas e térmicas.

Entre todas as regiões a que apresenta o melhor potencial de produção de energia elétrica através dos ventos é a região Nordeste, sendo a representação dessa região mais da metade da capacidade do país inteiro.

Nosso país conta com mais de quinhentos parques, sendo que, mais de quatrocentos e estão distribuídos pelo Nordeste. A explicação para esse fato é que no período entre agosto e setembro temos a “safra de ventos”, nessa época o vento é mais constante e intenso. Acontece ainda a intensificação de ventos soprando do mar para a região da costa nordestina. (BRASIL 2009; CEPEL 2015)

### **O que a física tem a dizer sobre o assunto**

O processo de geração dessa forma de energia que se dá através de turbinas é embasado em princípios da física relativos à transformação, em energia Mecânica, de energia cinética por conta do vento e, a seguir, em energia elétrica.

Para o aprofundamento do assunto é conveniente consultar fontes científicas que detalham princípios físicos envolvidos com energia cinética do vento capturada pelas pás da turbina que são projetadas para aproveitar o chamado princípio de Bernoulli.

Cabe destacar que o movimento rotativo resultante das pás se transfere para um gerador elétrico. Via de regra utiliza-se um gerador síncrono, que apresente a rotação das pás capaz de propiciar um campo magnético capaz de permitir a indução para a produção de corrente elétrica.

Ainda interessante é entender sobre como funcionam as bases que apontam para fatores de potência para a eficiência da turbina eólica que está relacionada à capacidade de capturar a maior quantidade possível de energia do vento.

Quanto ao fator de potência, que representa a eficiência na transição, em eletricidade, de energia mecânica, essa é uma análise de grande importância.

Outro aspecto a ser aprofundado é o relativo à transmissão o que remete ao movimento rotativo do rotor o qual é multiplicado mecanicamente por uma caixa

de engrenagens em etapa anterior à de transferência para o gerador. Isso dá possibilidades a que o gerador opere a geração de energia elétrica com menos energia cinética e opere em velocidades mais eficazes e com mais eficiência em direção à produção da eletricidade (Alves, 2022).

Esses e outros aspectos, apresentados na Feira de Ciências do Colégio Brigadeiro Newton Braga (CBNB) e na exposição do projeto Historiando a Ciência, de forma sucinta, merecem um aprofundamento maior e é a isso que se presta o presente artigo, dentre outras recomendações no intuito de estímulo ao conhecimento estruturado do assunto.

Outra dimensão que merece destaque é a necessidade de se estimular pesquisas a respeito, através das empresas que mais se destacam no cenário de energia eólica no Brasil.

Assim frisamos que o setor eólico tem se desenvolvido expressivamente nas últimas décadas, quando se despontam várias empresas voltadas para a geração de energia a partir do vento. Dentre as tantas que poderíamos citar, destacamos a Omega Energia; a Enel Green Power Brasil; a EDP Renováveis Brasil; a Votorantim Energia; a CPFL Renováveis; a Wobben Windpower (Aeris Energy) e a Neoenergia.

Há que se destacar que o governo brasileiro tem promovido leilões de energia, como forma de incentivo ao desenvolvimento de projetos renováveis e de incremento do crescimento do setor no país.

Outro aspecto apresentado na Feira de Ciências foi o encaminhamento e discussão de curiosidades, acerca do tema energia eólica.

Assim, lembramos que: as mais atuais turbinas eólicas possuem pás com mais de oitenta metros de comprimento e são capazes de gerar energia suficiente para abastecer inúmeras casas; essas turbinas não devem funcionar diante de ventos extremamente fortes nem tão pouco de ventos muito fracos tendo em vista que a velocidade ideal do vento para a geração de energia é de aproximadamente vinte e cinco km/h; essa forma de energia é uma fonte limpa e renovável, não emitindo gases de efeito estufa ou demais poluentes para atmosfera; essa energia eólica pode ser usada articuladamente com outros modos de fontes de energia e isso pode incluir energias solar e hidrelétrica; as turbinas eólicas são destinadas ao uso pelo giro na direção do vento para completar a quantidade de energia gerada.

É desse modo que vários modelos de turbinas eólicas possuem algum tipo de sensor para detectar a direção do vento e, automaticamente, regular a posição das pás; essas turbinas tendem a ser silenciosas (produzindo ruído equiparável ao de refrigeradores domésticos); o maior parque eólico do planeta localiza-se na China. O parque Gansu, é capaz de gerar mais de seis gigawatts (suficiente para

alimentar mais de cinco milhões de lares; quanto à potência de geração elétrica de uma torre de energia eólica podemos afirmar que ela varia em função da sua altura. De 50 a 200 metros, as torres geram, em média, potências de 100 kW a 3 MW.

Na Feira de Ciências e na exposição do Historiando a Ciência foram feitas simulações da transformação da Energia Eólica em Energia Elétrica.

Dessa forma, no intuito de demonstrar fisicamente o funcionamento em menor escala de um gerador de energia eólica, durante os citados eventos realizados no ano letivo de 2023, no CBNB destacamos uma experiência que transforma a energia gerada pela rotação de dois pequenos motores acoplados a hélices que quando movidas por um vento cria uma tensão elétrica nos polos dos motores.

### **A experiência – montagem da maquete**

- motores de corrente contínua retirados de uma impressora HP jato de tinta (sucata), sendo os motores da impressora aqueles que movimentam os cartuchos;
- hélices retiradas de sucata de coolers de CPU de computador;
- leds vermelhos;
- leds verdes;
- 1 protoboard 5x5cm para ligação dos leds;
- Fio fino retirado de cabo de rede para conexão dos terminais do motor e dos leds;
- Isopor para maquete;
- Pequenas casas de papel para simulação de uma cidade/comunidade na maquete;
- Madeira para suporte dos motores;
- 4 hélices de brinquedo para simular uma fazenda de energia eólica;
- Algumas peças de lego (blocos de montar) para demonstração da usina eólica e do sistema de distribuição da energia gerada pelo Sistema;
- Secador de cabelo para simular o efeito do vento nas hélices e gerar o movimento necessário para rotacionar o eixo dos motores.

Com relação à Teoria do motor-gerador cabe esclarecer que tanto o motor como o gerador elétrico são equipamentos utilizados para converter energia através de indução eletromagnética.

A principal diferença entre esses dispositivos é que o gerador converte energia mecânica em eletricidade, enquanto o motor elétrico faz o contrário, convertendo energia elétrica em mecânica.

Na nossa experiência utilizamos a primeira, ou seja, transformamos a energia mecânica de rotação do motor-gerador impulsionada pelas hélices/ventos em energia elétrica.



Quanto à montagem do sistema, lembramos que a cada eixo do motor foi conectada uma hélice do cooler de um cpu. Aos terminais do motor foram soldados fios que conectamos ao circuito protoboard, onde os leds foram dispostos e conectados no formato de circuito paralelo. Como o led possui polaridade, os fios do terminal do motor precisam estar conectados de acordo com a polaridade dos leds.

A tensão elétrica gerada pelos motores vai depender do sentido da rotação do motor e do sentido giratório da hélice. O giro do eixo do motor para esquerda ou para direita faz com que a tensão nos terminais gere polaridades diferentes nos terminais. Durante as mostras estas conexões já estavam definidas e não foram modificadas. Cada motor estava ligado a um conjunto de 5 leds vermelhos ou verdes para diferenciação da geração por cada motor no momento da demonstração. Os motores ao serem rotacionados foram capazes de gerar uma tensão contínua entre 6 e 7 volts. Na demonstração esta tensão foi suficiente para gerar tensão e corrente elétrica que deram alto brilho nos leds.

Em teoria, estes motores seriam capazes de acender até o triplo de leds facilmente. Isso serve para demonstrar o grande potencial de utilização de um sistema de energia eólica como uma fonte de energia limpa quando em grande escala com um sistema de motores-geradores-turbinas e hélices de alta capacidade.

Abaixo seguem algumas imagens do experimento demonstrado na Feira de Ciências e no projeto Historiando a Ciência.

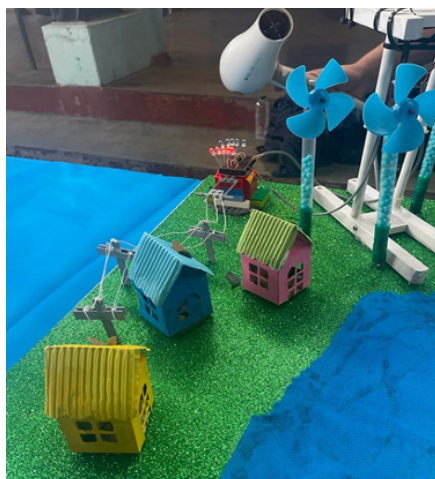


Figura 1: Maquete do experimento apresentado na Feira de Ciências

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 2: Alunos apresentando o trabalho

Fonte: Arquivo pessoal

Ao longo das mostras realizadas no CBNB ficou evidente a necessidade de traçarmos paralelos entre os prós e os contras com relação às questões pertinentes à energia sustentável no Brasil.

Cabe ainda salientar que sempre os avanços não vêm sem desafios e esses devem ser assumidos em qualquer que seja o processo educativo nas escolas.

Convém registrar a variabilidade na produção, dos possíveis impactos ambientais, como o ruído e a interferência na migração de aves o que são questões que demandam atenção na expansão dessa tecnologia.

Cabe destaque para o contexto brasileiro, pois a energia eólica tem sido estrategicamente implementada, especialmente no Nordeste, onde o potencial eólico é significativo.

A presença crescente de parques eólicos e o crescimento na capacidade instalada demonstram o compromisso do país em diversificar sua matriz energética e reduzir a pegada ambiental.

Assim, a simulação prática realizada, utilizando motores para evidenciar a conversão da energia cinética do vento em eletricidade, ressalta o potencial expansivo dessa tecnologia quando aplicada em larga escala.

Essa representação prática oferece uma visão tangível do potencial de geração de energia eólica e destaca sua viabilidade em um contexto real.

Cabe ênfase ao fato de que a energia eólica se posiciona como um tema fundamental na busca por um sistema energético mais limpo e sustentável, embora ainda exija aprimoramentos e soluções para mitigar seus desafios. É uma contribuição significativa para um futuro mais verde e com menor impacto ambiental (Tundisi, 2019).

Em concordância com esse autor afirmamos ainda que o futuro chegou e que novas exigências emergem e dessa maneira urge pensarmos a produção e o consumo de Energia renovável e que a alternativa do uso da energia eólica, no Brasil tem papel de destaque e nos abre, cada vez mais, horizontes animadores.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa sobre energia eólica, no âmbito das alternativas às formas ditas convencionais que compõem a matriz energética hegemônica ou contra hegemônica revela uma perspectiva brilhante para o futuro energético, oferecendo uma fonte limpa, renovável e promissora de eletricidade. A capacidade de gerar energia sem emissões atmosféricas, aliada ao potencial de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e minimizar os impactos ambientais, destaca a energia eólica como uma protagonista na transição para um cenário mais sustentável.

A pesquisa foi elaborada por estudantes sob as orientações dos docentes José Carlos Pistilli e Tenente Gabriela de Souza Rego e, tendo como ponto de partida as articulações subliminares das metas contidas nos objetivos de desenvolvimento sustentável que compõem a Agenda 2030 da ONU.

Nessa linha de raciocínio foi possível a realização de um projeto que mostrou, por meio da atividade prática (simulação da transformação da energia eólica em energia elétrica) o quanto é possível expressar os impactos positivos que a energia eólica pode ter no nosso país.

Numa tentativa de síntese de tudo de importante que pudemos apreender sobre o tema energia sustentável destacamos o fato de que se torna cada dia mais importante que a escola se faça espaço de conscientização sobre as questões que envolvem produção e consumo racional de energia no sentido de se respeitar o meio ambiente e daí encontrarmos, coletivamente, caminhos exequíveis de mitigação do processo de degradação do nosso planeta.

## REFERÊNCIAS

ALVES, R. **Teoria, Projeto e Construção de Gerador Eólico – Use a força do Vento e poupe seu dinheiro.** São Paulo: Ed. Clube dos Autores, 2022.

**As energias solar e eólica no Brasil.** CEPEL – Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. 2013. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/download/casasolar2013.pdf>&gt;. Acesso em: 03 de out. 2015.

**Energia eólica.** 2009. BRASIL ESCOLA. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/energia-eolica.htm>> Acesso em 18 set. 2023.

84 GORE, A. **Nossa Escolha: um plano para solucionar a crise climática.** Our choice: a plan to solve the climate crisis. Barueri, SP: Ed. Manole, 2010.

MAIA, F.J. **Energia Eólica.** São Paulo: Ed. Lumen Juris, 2022.

MEL, Elbia. **Energia Eólica para produção de Energia Elétrica.** São Paulo: Ed. Sybergua 2023.

MOREIRA José Roberto. **Energias Renováveis - Geração Distribuída - Eficiência Energética.** São Paulo: Ed. LTC, 2021.

PHILLIP, A.; REIS, L.B. **Energia e Sustentabilidade.** São Paulo: Ed. Manole, 2016.  
**Potência.** 2007. BRASIL ESCOLA. Disponível em: <<https://brasilescola.uol.com.br/fisica/potencia.htm>> Acesso em 10 ago. 2023.

TUNDISI, H.S.F. **Usos de Energia Alternativa para o Século XXI.** Rio de Janeiro: Ed. Atual, 2019.

