



**ESCOLA MUNICIPAL DE ENSINO FUNDAMENTAL ANITA GARIBALDI**

**TURBINAS EÓLICAS: MODELOS E ANÁLISES COMPARATIVAS**

**Igrejinha, RS**

**2023**



Isabelly Duarte da Fonseca

Natan dos Santos Macedo

Marisa de Campos Santana

## **TURBINAS EÓLICAS: MODELOS E ANÁLISES COMPARATIVAS**

Relatório apresentado à 7ª FEMIC - Feira  
Mineira de Iniciação Científica.

Orientação da Prof.<sup>a</sup> Marisa de Campos  
Santana

**Igrejinha, RS**

**2023**



## RESUMO

Um aerogerador é um dispositivo utilizado para gerar energia elétrica a partir do vento, sendo uma fonte de energia renovável. Este projeto tem como objetivo desenvolver um protótipo de aerogerador de eixo vertical, com custo reduzido, de preferência materiais reutilizáveis, a fim de obter o melhor custo-benefício para o modelo proposto. O projeto também visa investigar e comparar o desempenho entre diferentes modelos de aerogeradores, de eixo vertical construído no presente ano e de eixo horizontal fabricado no ano anterior. A justificativa para desenvolver um projeto com esse tema é a necessidade de disponibilizar um equipamento alternativo que possa converter energia de maneira mais eficiente e substituir a energia elétrica em caso de necessidade, permitindo um maior acesso a essa tecnologia, especialmente para famílias de baixa renda. Neste trabalho, foram abordadas questões relacionadas ao tema dos aerogeradores, como a história da energia eólica, os diferentes tipos de aerogeradores e o potencial eólico do Brasil, encerrando a revisão bibliográfica com o potencial eólico do estado do Rio Grande do Sul. Após a elaboração do projeto, vários protótipos de aerogeradores de eixo vertical foram construídos. As turbinas eólicas de pequeno porte foram equipadas com um dínamo de bicicleta de 12 V como gerador. Os modelos propostos foram testados em ambiente controlado. Os testes consistiram em girar a turbina com o auxílio de um ventilador de coluna, analisando o comportamento do sistema como um todo. Após a seleção do melhor modelo de aerogerador de eixo vertical, os dados foram comparados com o protótipo de eixo horizontal. Ambos os modelos demonstraram eficiência na geração de energia, mostrando que a construção de um aerogerador de pequeno porte, utilizando materiais reutilizáveis, é viável e eficiente, podendo incentivar o uso desse tipo de energia renovável. Todos os sistemas permitiram acender uma lâmpada, carregar a bateria de um celular e ativar alarmes.

**Palavras-chave:** aerogeradores, energia renovável, protótipos



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	5
<b>2 JUSTIFICATIVA</b> .....	6
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	7
3.1 OBJETIVO GERAL .....	7
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	7
<b>4 METODOLOGIA</b> .....	8
4.1 MATERIAIS UTILIZADOS.....	8
4.2. MONTAGEM DE UM AEROGERADOR DE PEQUENO PORTE OBTIDO COM MATERIAIS REUTILIZÁVEIS.....	18
4.2.1. ROTOR.....	18
4.2.2. TURBINA .....	18
4.2.3. GERADOR.....	18
4.2.4. SISTEMA DE TRANSMISSÃO .....	19
4.2.5. PROTÓTIPOS E TESTES .....	20
<b>5 RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	13
<b>6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	14
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	16



## 1 INTRODUÇÃO

Diante da crescente preocupação com os efeitos adversos no meio ambiente e o fenômeno do aquecimento global, os governos estão empenhados em encontrar alternativas para mitigar os impactos causados pela atividade humana. Os acordos internacionais, como o Acordo de Paris de 2015, são exemplos dessas iniciativas. A produção de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis, tais como carvão mineral, gás natural e petróleo, constitui um dos principais desafios ambientais. Essas fontes são amplamente utilizadas pelos países industrializados, contribuindo de maneira significativa para a poluição e o aumento das temperaturas globais. Além das preocupações ambientais, os governos têm o objetivo de assegurar o acesso universal à energia elétrica. Estudos como os de Gomes & Trierveiler (2018) indicam que aproximadamente 16% da população mundial ainda carece desse recurso, especialmente nas áreas rurais, onde a distância das unidades geradoras e os custos elevados de transmissão dificultam o acesso. Essa realidade tem impulsionado pesquisas e desenvolvimento de novas formas de geração de energia a partir de fontes renováveis, como energia solar, eólica e biomassa. Contudo, os custos associados à implantação dessas soluções ainda são considerados proibitivos para consumidores de menor porte, desestimulando investimentos nessa direção. Tem-se observado também uma tendência crescente em buscar soluções em que os próprios consumidores possam construir e utilizar fontes de energia com base em materiais facilmente acessíveis, de modo a atender às suas necessidades energéticas.

Nesse contexto, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver uma solução alternativa de geração de energia isolada, caracterizada por custos reduzidos, facilidade de manipulação e capacidade de suprir a demanda de pequenas cargas durante períodos específicos de escassez de energia elétrica.



## 2 JUSTIFICATIVA

As fontes de energia renováveis têm sido amplamente reconhecidas como soluções para abordar diversos desafios socioambientais. No entanto, a fabricação de aerogeradores de pequeno porte, quando industrializada, apresenta custos elevados, o que dificulta o acesso desses equipamentos por parte de pessoas com baixa renda. Além disso, o processo de produção desses aerogeradores geralmente não incorpora o uso de materiais reutilizáveis. Diante dessa situação, justifica-se nosso projeto pela necessidade de desenvolver um equipamento alternativo que possa converter a energia de maneira mais eficiente, com menor custo, de fácil manutenção, com dimensões reduzidas, utilizando preferencialmente materiais reutilizáveis, podendo substituir assim a energia elétrica em caso de necessidade. Este projeto de pesquisa é uma continuação do projeto apresentado no ano de 2022, que teve como título: Aerogerador de pequeno porte construído com materiais reutilizáveis. A proposta atual é construir protótipos utilizando materiais diferentes dos apresentados além de construir um aerogerador com eixo vertical para comparação, análise e verificação de qual aerogerador desempenhar melhor



### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

Este projeto tem como objetivo desenvolver um protótipo de aerogerador de eixo vertical, de baixo custo, preferencialmente com materiais reutilizáveis que tenha uma maior eficiência energética, a fim de comparar com o modelo proposto no projeto apresentado no ano anterior (Aerogerador de pequeno porte construído com materiais reutilizáveis).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Analisar e definir quais os materiais a serem utilizados para montagem dos aerogeradores;
- Projetar a mecânica dos aerogeradores;
- Montar protótipos dos aerogeradores de pequeno porte;
- Acondicionar a energia gerada em baterias, a fim de priorizar seu uso em momentos mais oportunos;
- Divulgar a energia eólica como uma fonte promissora de energia renovável;
- Escolher o melhor modelo de aerogerador de eixo vertical;
- Comparar as turbinas eólicas de eixo horizontal com a de eixo vertical.



## 4 METODOLOGIA

### 4.1 MATERIAIS UTILIZADOS

Para a execução da construção dos aerogeradores foram necessários: 1 - Um dínamo de bicicleta, 2 - Um cano de PVC de 100 mm de diâmetro, 3 - Um cano metálico (cabo de guarda-chuva), 4 - Uma prancheta, 5 - Uma bateria (usada), 6 - Uma polia agitadora de tanquinho, 7 - Treze parafusos, 8 - Três braçadeiras, 9 - Correia de tanquinho de lavar roupa, 10 - Pregos, 11 - Fita isolante, 12 - Folha de zinco, 13 - Quatro pranchas de madeira compensada, 14 - Duas roscas, 15 - Duas polcas, 16 - Duas arruelas. A Tabela 1 apresenta a lista dos principais materiais utilizados no processo com o valor de custo e na Figura 7 apresenta os principais materiais envolvidos na construção do aerogerador de pequeno porte (PP).

Tabela 1. Itens de construção dos aerogeradores construído com materiais reutilizados.

Item	Quantidade	Diâmetro	Comprimento (cm)	Custo da peça (R\$)
Cano PVC	01	100	60	----
Cabo de guarda-chuva	01	-----	20	----
Correia	01	-----	-----	----
Polia agitador	01	-----	-----	-----
Dínamo 12 V	01	-----	-----	100,00
Bateria de carro	01	-----	-----	100,00
Fios (verde e vermelho)	02	1.5	200	8,00
Madeira	04	-----	-----	-----
Parafusos	13	-----	-----	40,00
Pregos	30	-----	-----	-----
Rosca	02	-----	-----	-----
Polca	02	-----	-----	-----
Arruela	02	-----	-----	-----
Braçadeira	03	-----	-----	-----
Folha de zinco	01			150,00
Fita isolante	01	-----	-----	7,00

Fonte: Autores (todos os materiais foram doados ou emprestados)

### 4.2 MONTAGEM DE UM AEROGERADOR DE PEQUENO PORTE OBTIDO COM MATERIAIS REUTILIZÁVEIS



#### 4.2.1 ROTOR

O primeiro passo foi a elaboração do projeto de pesquisa, após isso foi definido o rotor a ser utilizado. A escolha do modelo de eixo vertical se deu pela proposta de dar continuidade ao projeto iniciado no ano anterior, além disso muitos aspectos foram considerados, tais como: simplicidade de montagem, facilidade de encontrar os materiais, custo empregado e necessidade de saber o desempenho do rotor escolhido. Após essa etapa, julgamos que o uso de um modelo de multipás seria mais viável e promissor para o nosso projeto. O último passo foi analisar quais materiais encontraríamos com mais facilidade e assim foram realizadas as seguintes escolhas para a construção.

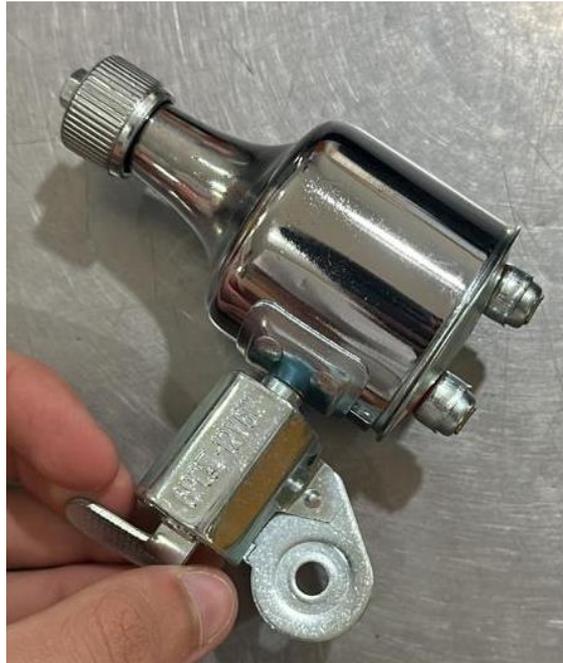
#### 4.2.2 TURBINA

A turbina é o componente responsável pela transformação da energia cinética produzida pelos ventos em energia mecânica. A turbina eólica é composta pelo rotor e pela torre que o sustenta, pelo sistema de transmissão e pelo conversor. Ela pode extrair energia cinética somente do ar que passa através da área interceptada pelas pás rotativas. O protótipo terá os seguintes aspectos, será composto por quatro pás, construídas a partir de sobras de zinco e algumas partes de madeira, cortado com um comprimento de aproximadamente 60 cm. Partes da turbina foram feitas de madeira compensada. Quatro pás pequenas em forma de cone foram fixadas na parte de cima com parafusos a uma placa de madeira de aproximadamente 11 milímetros de espessura, e um furo central foi realizado para ser fixo ao eixo vertical ao centro.

#### 4.2.3 GERADOR

Conforme discutido por Gomes e Trierveiler (2018), o gerador desempenha um papel crucial e tem um impacto direto nos demais componentes de um aerogerador eólico de pequeno porte. A seleção inadequada desse componente pode comprometer a viabilidade e o funcionamento do sistema. Para a escolha do gerador, foram considerados alguns fatores, como disponibilidade, custo e facilidade de manuseio. Dessa forma, a pesquisa foi limitada ao estudo de um dínamo de bicicleta de 12V, doado pelo aluno Natan Macedo, aluno da turma 19 da EMEF Anita Garibaldi.

Figura 11. - Dínamo Utilizado na Construção do protótipo



Fonte: Autores (2023)

#### 4. 2. 4 SISTEMA DE TRANSMISSÃO

Conforme descrito por Amarante (2016), as polias são dispositivos cilíndricos que giram em torno de um eixo. Elas desempenham um papel crucial na transferência de energia e força cinética para movimentar objetos por meio de cordas ou correntes. Além disso, as polias podem ser utilizadas para transferir o movimento de um eixo para outro, usando cabos ou correias.

No contexto do estudo, foram analisados dois tipos de polias para a construção do protótipo. O primeiro tipo foi uma polia agitadora retirada de um tanquinho de lavar roupas, enquanto o segundo tipo foi uma polia menor feita de forma artesanal utilizando madeira (Figura 12). Esses materiais foram avaliados como boas opções para a construção do protótipo.

Para a transferência de rotação entre as polias foi utilizada uma correia lisa também de tanquinho de lavar roupa. Ambos os materiais foram doados por colegas.

Figura 12. Sistema de Polias Construído



Fonte: Autores (2023)

#### 4.2.5 PROTÓTIPOS E TESTES

Após a conclusão dos processos de construção previamente descritos, todos os componentes do projeto foram integrados, resultando no aerogerador de pequeno porte proposto. Ao longo do projeto foram construídos quatro modelos piloto de aerogerador PP de eixo vertical (Figura 13 e Figura 14) até chegar no modelo considerado ideal (Figura 15).

Figura 13. Modelos pilotos de aerogerador de eixo vertical.



Fonte: Autores (2023)



Figura 14. Modelo piloto



Fontes: Autores (2023)

Figura 15. Protótipo



Fonte: Autores (2023)



Os testes realizados com os modelos propostos consistiram em girar a turbina com o auxílio de um ventilador de coluna, analisando o comportamento do sistema de forma conjunta. Com o auxílio de um voltímetro foi possível coletar a grandeza elétrica (tensão).

Figura 16. Grandeza Obtida no Teste do Dínamo.



Fonte: Autores (2023).



## 5 RESULTADOS OBTIDOS

As construções dos protótipos transcorreram de acordo com as expectativas. Devido às limitações climáticas e ao cronograma estabelecido, os modelos propostos foram submetidos a ensaios em um ambiente controlado e *indoor*.

Figura 17. Protótipos comparados



Fonte: Autores (2022)

Fonte: Autores (2023)

Os testes envolveram a rotação da turbina por meio de um ventilador de coluna, permitindo a análise do comportamento do sistema como um todo. Utilizando um voltímetro, foi possível medir a grandeza elétrica (tensão), conforme exemplificado na Figura 16.



Era esperado obter-se uma tensão de 12 V, porém este valor foi além das expectativas, alcançando uma tensão de até 13 V, para o aerogerador de eixo vertical e 14 V para aerogerador de eixo horizontal. Sendo assim, nossa hipótese inicial de que o aerogerador de eixo vertical apresentaria uma eficiência energética superior em relação a um aerogerador de eixo horizontal não foi comprovada, pois ambos geraram praticamente a mesma quantidade de energia, apesar do rotor de eixo vertical não girar seguindo a direção do vento. Mas, no entanto, todos os protótipos provaram sua eficiência no funcionamento do sistema proposto, permitindo acender uma lâmpada, carregar a bateria de um celular na falta de energia elétrica, ativar alarmes, e bombear água.

## **6 CONCLUSÕES OU CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A crescente demanda por fontes de energia alternativas e a preocupação com a atual situação ambiental têm direcionado a atenção do setor energético para as energias renováveis. Diversos estudos relacionados ao desenvolvimento dessas tecnologias são amplamente divulgados em todo o mundo. Nesse contexto, a energia eólica assume uma posição de destaque devido à sua tecnologia de geração de energia de fácil adoção e ao seu baixo impacto ambiental. Portanto, torna-se essencial o estudo aprofundado dessa forma de energia. O presente trabalho de pesquisa teve como objetivo principal o desenvolvimento de um protótipo de aerogerador de eixo vertical, com baixo custo e fácil montagem, visando suprir a demanda por energia elétrica.

Após confecção dos modelos e realização dos testes experimentais, constatou-se que o aerogerador de eixo horizontal efetivamente apresenta uma maior capacidade de produção de energia em comparação ao aerogerador de eixo vertical. Porém a diferença foi relativamente sutil.

Para comprovar o funcionamento do sistema proposto, foi construído um protótipo PP, que pareceu muito favorável diante o atual cenário energético e ambiental. Apesar de amplos e talvez complexo, todos os objetivos foram alcançados, comprovando que é possível gerar uma energia de forma limpa e sustentável, utilizando materiais reutilizáveis.

Essa construção demonstrou sua relevância ao aplicar diversos conhecimentos e



adquirir experiência ao longo do desenvolvimento do projeto. Além disso, a construção dos protótipos serviu como um teste de criatividade, pois enfrentou várias dificuldades, como a falta de ferramentas e materiais adequados, exigindo a busca por soluções utilizando os recursos disponíveis.

Embora proponha um modelo específico, esse projeto contribui para que os leitores possam tomar suas próprias decisões, fazendo escolhas mais adequadas às suas necessidades. Assim, ele não limita a imaginação daqueles que estão pensando em construir um aerogerador de forma sustentável.

Apesar de serem abrangentes e possivelmente complexos, todos os objetivos estabelecidos foram alcançados, evidenciando a viabilidade de gerar energia de forma limpa e sustentável ao aproveitar materiais recicláveis. Os protótipos resultantes estão disponíveis na EMEF Anita Garibaldi, localizada no município de Igrejinha (RS), permitindo a realização de futuros estudos, tais como:

Elaboração de uma análise de custo-benefício;

Desenvolvimento de material informativo que ilustre passo a passo a construção desse protótipo, auxiliando indivíduos a construir seu próprio aerogerador;

Por fim, é importante destacar que a participação no desenvolvimento do protótipo, na elaboração de cronogramas e no entendimento de conceitos além da sala de aula ampliou significativamente a visão do grupo de estudantes sobre os diferentes tipos de energia e suas aplicações.



## REFERÊNCIAS

FILHO, A.C. LIMA. Considerações sobre o Avanço da Energia Eólica. Revista científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento, ano 04, v. 13, ed. 10, p. 111-127, 2019. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-mecanica/avanco-da-energia>

GOMES A. M. F.; TRIERVEILER M.; UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, PALHOÇA, SC. Desenvolvimento de um minigerador eólico de baixo custo utilizando a técnica do it yourself, 2018, 120p, Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia).

GONÇALVES A.A., ARAÚJO R. M, FERREIRA B. Y. Aerogeradores construídos de materiais. 2013.

JÚNIOR L. G. K. UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS, Aerogerador de pequeno porte construído a partir de materiais reutilizáveis para aplicação em sistema isolado. 2014, 64p, Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia).

**Você sabe como funciona um aerogerador?** Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/te-interessa/meio-ambiente/Paginas/como-funciona-um-aerogerador.aspx>> Acesso em: 23 de jun. de 2022.

**A história da energia eólica.** Disponível em: <<https://www.neoenergia.com/pt-br/sala-de-imprensa/noticias/Paginas/historia-da-energia-eolica.aspx>> Acesso em: 23 de jun. de 2022.

**Energia eólica no país tem potencial praticamente inesgotável.** Disponível em: <<https://www.alemdaenergia.engie.com.br/energia-eolica-no-pais-tem-potencial-infinito/>> Acesso em: 23 de jun. 2022.

XAVIER M. **Rio Grande do Sul mostra potencial na produção de energia eólica.** Disponível em: <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/economia/rio-grande-do-sul-mostra-potencial-na-produ%C3%A7%C3%A3o-de-energia-e%C3%B3lica-1.224839>> Acesso em: 23 de jun. de 2022.

**Evolução da energia eólica.** Disponível em: <<https://perfilenergia.com.br/evolucao-da-energiaeolica/#:~:text=O%20surgimento%20da%20energia%20e%C3%B3lica,come%C3%A7aram%20a%20surgir%20na%20Europa.>> Acesso em: 11 de jul. de 2022.

**Eólica já é a segunda fonte da matriz elétrica brasileira com 15 GW de capacidade instalada.** Disponível em: <<http://abeeolica.org.br/noticias/eolica-ja-e-a-segunda-fonte-da-matriz-eletrica-brasileira-com-15-gw-de-capacidade-instalada/>> Acesso em 12 de Jul. de 2023.

Dados Abeeólica 2022. Disponível em: <<https://abeeolica.org.br/energia-eolica/dados-abeeolica/>> Acesso em 04 de jul. de 2023.

Energia eólica ultrapassa marca de 14 GW de capacidade instalada. Disponível em:



<<https://www.biomassabioenergia.com.br/imprensa/energia-eolica-ultrapassa-marca-de-14-gw-de-capacidade-instalada/20181122-091815-r845>> Acesso em 16 jun. 2023.