



BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MATHEUS DARIF DA SILVEIRA

**SISTEMA ELÉTRICO ALTERNATIVO HÍBRIDO PARA A GERAÇÃO DE
ENERGIAS LIMPAS**

PORTO ALEGRE

2022

MATHEUS DARIF DA SILVEIRA

**SISTEMA ELÉTRICO ALTERNATIVO HÍBRIDO PARA A GERAÇÃO DE
ENERGIAS LIMPAS**

Projeto final de curso em engenharia apresentado ao Centro Universitário Ritter dos Reis, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Me. Rosalvo Mario N. Miranda

PORTO ALEGRE

2022

MATHEUS DARIF DA SILVEIRA

**SISTEMA ELÉTRICO ALTERNATIVO HÍBRIDO PARA A GERAÇÃO DE
ENERGIAS LIMPAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do
Centro Universitário Ritter dos Reis como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil pela banca examinadora constituída por:

Orientador: Prof. Me. Rosalvo Mario N. Miranda

Avaliador: Prof. Esp. Sandro Dias Martins.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais por fazerem minha inscrição na faculdade e por todo o apoio ao longo da minha graduação; à minha avó e minha querida esposa por me incentivarem a concluir o curso

AGRADECIMENTOS

A professor Rosalvo Miranda por toda sua paciência durante o semestre de conclusão e pelo apoio no tema de minha escolha para este trabalho;

Aos meus pais, Josiane e Alexandre, que me encorajaram e foram carinhosos nos momentos difíceis da graduação;

À avó Assunta que me apoiou de diversas formas, especialmente na parte financeira;

À Rosana, minha amada esposa, que não me deixou desistir na reta final do curso e que foi um grande apoio;

Ao meu amigo Ângelo que me deu suporte na montagem do protótipo do aerogerador vertical;

À empresa IEM por me fornecer os cabos e a estrutura do protótipo;

À EPCOR Energia por todo o conhecimento que tem me proporcionado nos últimos anos.

RESUMO

A necessidade de desenvolvimento e aperfeiçoamento de novas fontes de energia está associada a redução de impacto ambiental e a escassez hídrica no Brasil. Por isso, esse estudo teve como objetivo a análise da possibilidade de aplicação da energia eólica em conjunto com a energia fotovoltaica. Utilizando ferramentas automação desenvolvemos um aerogerador de baixo custo, feito a partir de peças de descarte tais como materiais de sucata, motor de micro-ondas, hélice de um anemômetro estragado, cano de PVC entre outros itens. Desta forma foi possível se obter dados de geração de energia e curva de potência. Concluindo com a análise da eficiência de ambos os sistemas, sua viabilidade econômica e o seu estudo do funcionamento como sistema eólico, sistema solar fotovoltaico e ambos integrados no sistema híbrido.

Palavras-chave: energia eólica; energia fotovoltaica; energia híbrida; energia limpa.

ABSTRACT

The need of development and improvement of new energy sources is attached in the reduction of environmental impact and water scarcity in Brazil. Hence, this study had as purpose the analyze of the possibility of application of wind energy along with photovoltaic energy. Using automotion tools we development one wind turbine of low cost, made of pieces of disposal as scrap material, microwave's motor, propeller of spoiled anemometer, PVC pipe and others items. That way was possible to have data of power generation and power curve. Concluding with the analyze of efficiency of both systems, their economic viability and their operation's study as wind power system, photovoltaic power system and both integrated in hybrid system.

Keywords: wind energy; photovoltaics energy; hybrid energy; clean energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os principais geradores de energia elétrica no Brasil ao final do ano 2020.....	16
Figura 2 - Modelo genérico de aerogerador eólico horizontal.....	21
Figura 3 - Modelo demonstrativo dos aerogeradores horizontais e verticais.....	22
Figura 4 – Junção P-N típica de uma célula fotovoltaica de silício	23
Figura 5 – Princípios básicos de uma célula fotovoltaica.....	24
Figura 6 - Painéis fotovoltaicos	24
Figura 7 - Sistema de instalação por MLPE	25
Figura 8 – Capacidade global de sistema solar e edições anuais de 2010 até 2020.....	28
Figura 9 - Capacidade do sistema solar fotovoltaico nos primeiros 10 países comparado com o resto do mundo	32
Figura 10 - Fontes de energias híbridas.....	34
Figura 11 - Fontes de energia por painel fotovoltaico e eólico vertical	34
Figura 12 - Anemômetro estragado.....	36
Figura 13 - Micro motor Dc 12.....	36
Figura 14 - Placa de ensaio e display LED	37
Figura 15 - Anemômetro de mão.....	38
Figura 16 - Curva de potência do motor gerador de 12V.....	41
Figura 17 - Atlas do Rio Grande do Sul.....	42
Figura 18 - <i>Global Wind Atlas</i>	43
Figura 19 - <i>Global Solar Atlas</i>	44
Figura 20 – Curva e Potência do aerogerador vertical – AtlasX	45
Figura 21 Curva e potência do aerogerador horizontal – Skystream.....	45
Figura 22 - Curva e potência do modulo fotovoltaico HI-Milo 490-505W.....	46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Cronograma de atividade.....	35
Quadro 2 - Fluxo de potência do protótipo aerogerador vertical.....	40
Quadro 3 - Diferença entre ruídos dos aerogeradores vertical e horizontal	46
Quadro 4 - Orçamento do sistema fotovoltaico.....	47
Quadro 5 - Orçamento do sistema eólico horizontal	48
Quadro 6 - Orçamento do sistema eólico vertical	48
Quadro 7 - Orçamento de projeto híbrido fotovoltaico e eólico vertical	49

LISTA DE SIGLAS

A	Ampere
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
GD	Geração Descentralizada
H	Hora
PV AGRÍCOLA	Sistema Agrivoltaicos
TEEH	Turbinas eólicas de eixo horizontal
TEEV	Turbinas eólicas de eixo vertical
V	Volts
W	Watt

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo geral	13
1.3.2 Objetivos específicos	13
1.4 JUSTIFICATIVA	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL.....	16
2.2 CRISE ENERGÉTICA BRASILEIRA.....	17
2.3 IMPACTO CAUSADO PELAS FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA CONVENCIONAIS	18
2.4 SISTEMA EÓLICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA	20
2.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GEREÇÃO DE ENERGIA ELETRICA	22
2.6 ENERGIA EÓLICA PELO MUNDO.....	25
2.7 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO.....	28
2.8 GERAÇÃO DE ENERGIA HIBRIDA.....	33
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	35
3.1 DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO	35
3.2 ANÁLISE DO GEOPOSICIONAMENTO	37
3.2.1 Recurso eólico	37
3.2.2 Recurso solar fotovoltaico	38
3.3 ANÁLISE DO SISTEMA HÍBRIDO	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 PROTÓTIPO	40

4.2 ANÁLISE DO GEOPOSICIONAMENTO.....	41
4.2.1 Análise eólica.....	41
4.2.2 Análise da exposição solar	43
4.3 CURVAS DE POTÊNCIA E RUÍDO	44
4.3.1 Curva de potência eólico.....	44
4.3.2 Curva de potência solar fotovoltaica.....	46
4.3.3 Ruído	46
4.4 RECURSO FINANCEIRO	47
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
5.1 PROTÓTIPO	50
5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
5.3 SISTEMA EÓLICO	50
5.4 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO	51
5.5 SISTEMA HÍBRIDO.....	51
5.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS	52
REFERÊNCIAS.....	53
ANEXO A – SKYSTREAM 3.7.....	57
ANEXO B – SETUP	58
ANEXO C – SUNOVA SOLAR	91
APÊNDICE A - PROGRAMAÇÃO PARA O ARDUINO	93

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia no Brasil por meio energias renováveis vêm crescendo a todo momento (BRASIL, 2021). Isso se deve ao aumento populacional e à busca crescente pelo desenvolvimento social e econômico. Nos países desenvolvidos, há um incentivo e esforço conjunto para diminuir o impacto provocado pela emissão de gases tóxicos oriundos da queima de combustíveis fósseis, de modo a avançar em novas formas de produção de energia limpa (MARINHO, 2009).

O impacto ambiental causado pela construção civil, seguido da implantação de uma usina hidrelétrica, é de grande intensidade. Muitas delas estão afastadas dos centros urbanos, onde não corre o conhecimento da população.

O constante aumento dos valores da conta de luz e de consumo impressionam os consumidores de energia elétrica do nosso país. Uma solução atrativa seria a geração distribuída de energia (GD), que é a geração descentralizada de energia elétrica nas áreas próximas ou no local onde ela é consumida. A GD geralmente é realizada por investidores independentes e autoprodutores que preferem a geração de energia elétrica utilizando fontes renováveis (solar, eólica, biogás, biomassa etc.).

Preço do combustível e da conta de luz Diante da procura por novas fontes de energia por meio de novas tecnologias, consumidores tem demonstrado interesse em produzir sua própria energia de maneira renovável, como por exemplo, através do sol e do vento. Em conjunto do alto custo com combustível e do alto valor da conta de luz atualmente a demanda de energia gera interesse em investimento do setor privado e do setor público.

A oferta de irradiação solar que boa parte do país recebe durante o ano torna a implantação de energia fotovoltaica atrativa. Sendo assim é uma ótima alternativa para a produção energética tanto para pequenas usinas (residências) quanto para usinas de médio e grande porte. Conduzindo uma redução na conta do consumidor final que hoje tem um custo elevado devido à escassez hídrica que vem assolando o país (ZANATTA, 2022).

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Sabe-se que o Brasil vem enfrentando uma crise energética devido ao baixo volume de água nos reservatórios que abastecem as usinas hidrelétricas. Diante desse quadro, este trabalho pretende responder questões do setor energético como: De que modo a energia fotovoltaica e a energia eólica, associada ou não a um sistema híbrido podem ajudar o consumidor a diminuir o custo de energia?

1.2 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Serão analisadas duas fontes de energias renováveis, seus benefícios, os custos para a construção, tipos de locais propícios para a instalação dessas fontes energéticas, manutenção das usinas e a importância de investir em um sistema que produzirá energia limpa 24 por 7.

1.3 OBJETIVOS

Os objetivos do presente trabalho são apresentados a seguir.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho consiste em discutir e avaliar a implementação de energia fotovoltaica e ou eólica híbrida sustentável que gere economia para o consumidor.

1.3.2 Objetivos específicos

- Estudar o sistema eólico, nos locais propícios para a instalação, tipos de sistema de aerogeradores vertical ou horizontal para a geração de energia;
- estudar o sistema fotovoltaico, seus benefícios e locais adequados para a geração;

- estudar sistemas híbridos para a captação da energia fotovoltaica e da energia eólica;
- estudar e construir um protótipo de aerogerador vertical.

1.4 JUSTIFICATIVA

A utilização de fontes renováveis para a geração de energia elétrica já esteve mais distante, mas avançou bastante com a Resolução Normativa 482/2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que permite ao consumidor brasileiro a geração da sua própria energia elétrica via fontes renováveis e utilizar as energias limpas em sua residência, fornecendo o excedente para a rede de distribuição local (ANEEL, 2012).

O setor público e o setor privado como exemplo a cidade como Recife (PE) e Curitiba (PR) propõem a instalação de painéis solares em sedes públicas na área da saúde, da educação, do esporte e no edifício-sede da prefeitura e o Programa de Mais Energia, incentivando a energia renovável em espaços Públicos (BRASIL, 2022).

A economia financeira torna este projeto interessante para aplicações em residências localizadas em regiões com boa velocidade, direção, frequência de vento e boa irradiação solar. A realidade atual, considerando a sustentabilidade e os avanços tecnológicos, sugere uma avaliação mais detalhada do uso de energia renovável híbrida na geração de eletricidade. Para implantação de energia eólica e fotovoltaica em instalações elétricas residenciais, podem ser utilizados micro e minigeradores de eletricidade acionados pela força do vento e do sol. A microgeração e a minigeração podem ocorrer isoladamente ou conectadas à rede elétrica, sendo que, neste último caso, o cliente poderá se beneficiar dos créditos de energia (ANEEL, 2015).

Os aspectos apontados acima justificam e apresentam a importância do presente trabalho, no sentido de chamar a atenção para os benefícios decorrentes da utilização da energia eólica e fotovoltaica como fontes renováveis geradoras de energia elétrica, em especial, considerando a implantação de aerogeradores verticais ou horizontais de pequeno porte e usina solar fotovoltaica em instalações

elétricas residenciais de forma híbrida, dessa forma diminuindo a conta de luz e gerando a possibilidade de ganhar créditos carbono.

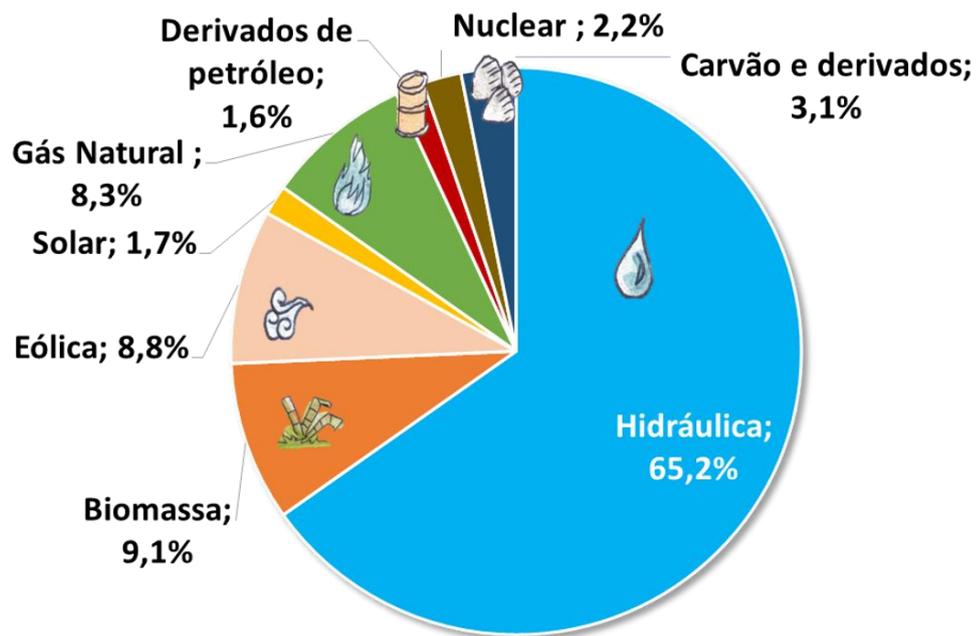
2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo são apresentados o estudo do impacto da geração de energia por sistema fotovoltaico e eólica com dados do Brasil e do mundo.

2.1 PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

No ano de 2020 vemos na Figura 1 os principais geradores de energia elétrica do Brasil onde observamos o crescimento de energias renováveis se comparado ao ano de 2019 vide Tabela 1.

Figura 1 - Os principais geradores de energia elétrica no Brasil ao final do ano 2020



Fonte: Brasil, 2021.

Em 2020 o Brasil gerou 621,2 TWh de energia elétrica, o qual representa 0,8% a mais do que o ano anterior. As centrais elétricas de serviço público, gerarão 82,9% do total e o restante dos 17,1% foram gerados por autoprodutores, atingindo um montante de 106,5 TWh. Desse total, 60,7 TWh não foram injetados na rede, ou seja, produzidos e consumidos pela própria instalação geradora (BRASIL, 2021).

A geração elétrica não renováveis representou 18,8% do total nacional, contra 17,7 em 2019. Importante notar a evolução do gás natural que por mais de dez anos vem contribuindo para minimizar as emissões provenientes de óleo combustível e o diesel (BRASIL, 2021). No ano de 2020 o Brasil importou uma geração líquida de 24,7 TWh que se soma a geração nacional em 645,9 TWh um montante -0,8% inferior a 2019 (BRASIL, 2021). A principal fonte de energia elétrica do país continua sendo a de energia hidráulica que corresponde a oferta interna de 65,2%, totalizando 84,8% das energias renováveis no país.

É notável como mostra na Tabela 1 que a energia solar obteve um aumento de 32,92% ao ano anterior de 2020. No ano de 2020, a capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil um acréscimo de 4.618 MW do total de 174.737 MW não incluindo mini e microgeração.

Tabela 1 - Capacidade de geração de energia elétrica instalado no Brasil ao final do ano de 2019 e 2020

Fonte	2020	2019	2020/19
Hidrelétrica	109271	109058	0,20%
Térmica	43057	41219	4,46%
Nuclear	1990	1990	0,00%
Eólica	17131	15378	11,40%
Solar	3287	2473	32,92%
Capacidade disponível	174736	170118	2,71%

Fonte: Brasil, 2021.

2.2 CRISE ENERGÉTICA BRASILEIRA

A crise energética do Brasil é apontada pelos principais fatores políticos, ambientais e econômicos, que estão justamente ligados a dificuldade do país em

perpetuar o seu abastecimento de energia. No ano de 2021 foi marcado pela escassez hídrica em grande parte do território brasileiro, que causa dificuldades em obter a produção de energia para o país, por ser muito dependente da matriz hidráulica. A falta de investimentos no setor agravou a crise, considerada tão agravante quando ao apagão de 2001 (CAMPOS, 2022).

As consequências da crise no Brasil tornam não só a escassez como o aumento dos custos da energia elétrica, que tanto para o consumidor doméstico quanto para comerciantes e industriais. O aumento da fatura de energia elétrica impacta diretamente a vida dos brasileiros, o que faz com que contribua ativamente para o aumento da inflação no país.

Em âmbito produtivo, o encarecimento da energia elétrica resulta na diminuição da produtividade industrial, elevando o custo da produção e o aumento do desemprego (CAMPOS, 2022).

2.3 IMPACTO CAUSADO PELAS FONTES DE GERAÇÃO DE ENERGIA CONVENCIONAIS

A resolução 001 do Conselho Nacional do Meio ambiente (CONAMA, 1986, p. 636) definiu impacto ambiental como: “[...] qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente [...]” que podem afetar a qualidade dos recursos ambientais, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, as atividades sociais e econômicas, a saúde, a segurança e o bem-estar da população.

O principal fator a ser considerado ao determinar a localização de uma usina hidrelétrica é a disponibilidade de recursos, neste caso rios caudalosos. Quanto mais energia o sistema produz, menor o custo da energia gerada. Essa prática é chamada "Escalando". Assim, o setor elétrico no país tem constituído a partir de grandes usinas, em áreas com recursos naturais suficientes e normalmente longínquos dos centros urbanos (ECOIA, 2022).

Obras de grande dimensão geram impactos ambientais consideráveis, a sucessiva preocupação com o meio ambiente e o surgimento de novas leis visando à preservação ambiental, acaba por travar a implantação de hidrelétricas. A falta de liberdade de recursos financeiros necessários para concretizar grandes obras é outra causa que nos leva a examinar novas alternativas energéticas.

A Comissão Mundial de Barragens (WORLD COMMISSION ON DAMS, 2000) aponta os principais problemas socioambientais oriundos do emprego de hidrelétricas:

- grilagem de terras e desmatamentos;
- perda de terras férteis pelo alagamento que poderiam ser utilizadas para agricultura;
- destruição da mata nativa e desaparecimento de espécies devido à inundação da área do reservatório;
- diminuição da biodiversidade aquática;
- redução da área de desova de peixes;
- salinização e acidificação da água, tornando-a imprópria para o consumo e agricultura;
- emissão de gases tóxicos e gases causadores de efeito estufa (com ênfase para o metano – CH₄).

A emissão de poluentes causadores dos gases do efeito estufa, por meio da combustão do carvão mineral é de cerca de 30% a 35%, conforme estimativas, além de efluentes como metais pesados e drenagem ácida de mina, que polui os recursos hídricos, um dos impactos mais significativos na região carbonífera de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (RECKZIEGEL; FAGUNDES, 2013).

Tem sido a forma mais agressiva de produção de energia é por meio da queima do carvão mineral, por ser composto pela decomposição de matéria orgânica, a certas condições de temperatura e pressão por milhões de anos. Por ter sido explorado de forma rudimentar e sem critérios na região carbonífera no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, esta forma de geração de energia é refutada pela população da região (RECKZIEGEL; FAGUNDES, 2013).

Conforme Lima *et al.* (2015), a produção de energia por meio da queima de carvão mineral, é a que lança maior quantidade de poluentes atmosféricos, bem como gases de efeito estufa. Por causa dos poluentes emitidos na queima do carvão, estão os materiais particulados, que podem ser líquidos ou sólidos, que ficam suspensos no ar, são facilmente inalados pelo organismo e podem causar problemas dermatológicos, pulmonares, cardiovasculares, câncer e efeitos no sistema nervoso e entre outros.

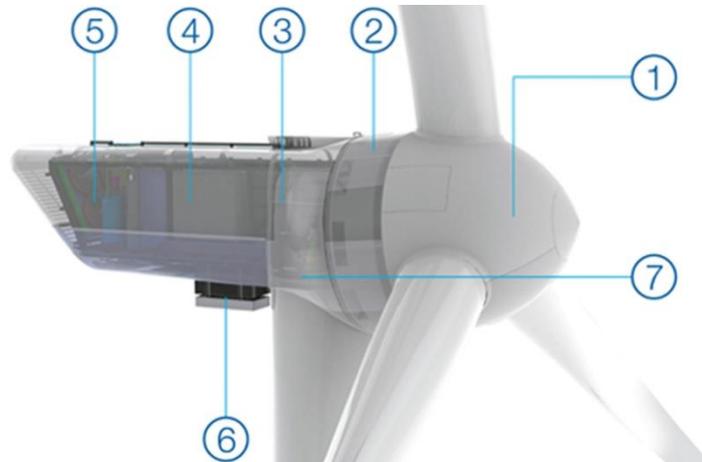
2.4 SISTEMA EÓLICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA

O vento é uma forma de energia que tem controle solar, resultado do aquecimento desigual da atmosfera pelo sol, as diferenças de altitude da terra, e a rotação da terra. Padrões de fluxo de vento e velocidades divergem muito entre diferentes locais do mundo, e podem ser transformados por corpos de água, vegetação, e desníveis no terreno. As pessoas usam este fluxo de vento, ou energia de movimento, para muitos propósitos: barcos a vela, empinar pipa, e até mesmo a geração de eletricidade (COELHO, [2022]).

A energia eólica simboliza o processo pelo qual o vento é utilizado para gerar energia mecânica ou elétrica. A turbina eólica transforma a energia cinética do vento em energia mecânica, esta energia mecânica pode ser usada para tarefas específicas ou um gerador pode converter esta energia mecânica em energia elétrica. Para gerar a eletricidade, uma turbina eólica de geração de energia funciona ao contrário de um ventilador, em vez de usar eletricidade para fazer ventar, como um ventilador, as turbinas eólicas usam o vento para gerar eletricidade. O vento gira as pás, que giram um eixo, um sistema de freio dependendo da velocidade máxima suportada pelo gerador, e então se liga ao gerador de energia, produzindo eletricidade. O gerador é basicamente formado por ímãs que, ao girar um sobre outro, produzem carga elétrica. Essa carga é direcionada para uma para uma subestação e então distribuída pela rede elétrica.

Veja na Figura 2 as partes da estrutura do aerogerador horizontal.

Figura 2 - Modelo genérico de aerogerador eólico horizontal



Fonte: elaborado pelo autor, 2021.

- 1 - Cubo (hub) / Sistema de passo das pás (ângulo de pitch)
- 2 - Painéis de controle (freio)
- 3 - Gerador síncrono de ímãs permanentes
- 4 - Conversor de potência plena
- 5 - Sistema de resfriamento fechado com fluido térmico
- 6 - Transformador
- 7 - Base da nacela / Sistema de orientação ativo (ângulo de yaw)

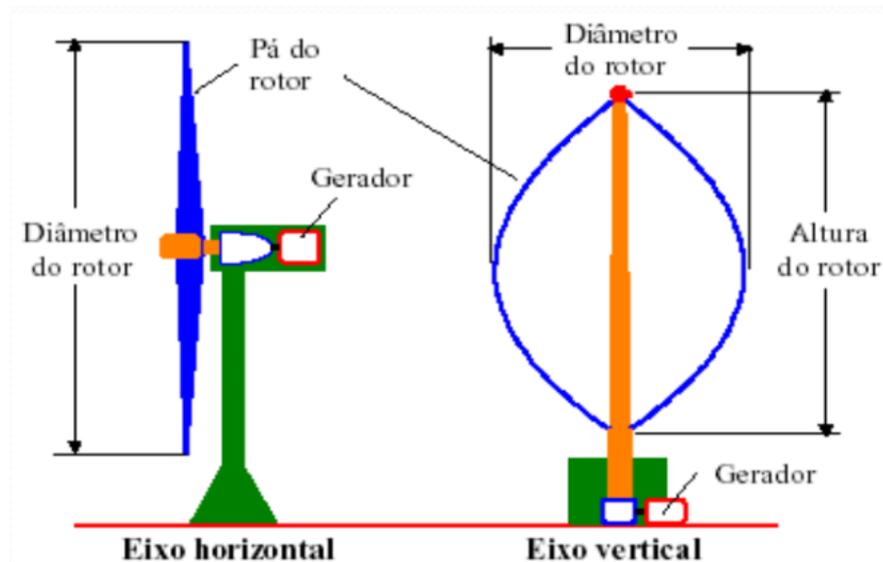
As turbinas eólicas distinguem-se pôr eixo horizontal e de eixo vertical. As turbinas eólicas de eixo horizontal (TEEH) têm o eixo de rotação paralelo da turbina com a direção do movimento do vento, enquanto, que as turbinas eólicas de eixo vertical (TEEV) têm o eixo de rotação orientado na mesma direção da torre que suporta a estrutura do rotor, numa direção que é perpendicular à direção do movimento do vento (GASCH; TWELE, 2022).

Neste tipo de sistemas a caixa de velocidades e o gerador elétrico podem ser instalados perto da base da torre e, geralmente, isto acontece quando a turbina tem grandes dimensões. O fato de o gerador ficar perto da base faz com que a

manutenção do próprio gerador e da caixa de velocidades seja mais fácil em comparação com a das Turbinas Eólicas de Eixo Horizontal (TEEHs).

As TEEVs não têm necessidade de de ser orientadas na direção do vento, uma vez que o movimento de rotação do rotor é independente de direção. O funcionamento das TEEV é bastante silencioso em comparação com as TEEHs. A estrutura do rotor de uma TEEV é normalmente menos complexa do que o de uma TEEH, isto facilita o fabrico da turbina e reduz os esforços estruturais na torre. A Figura 3 mostra a estrutura de cada tipo de aerogerador.

Figura 3 - Modelo demonstrativo dos aerogeradores horizontais e verticais.



Fonte: Silva, 2013.

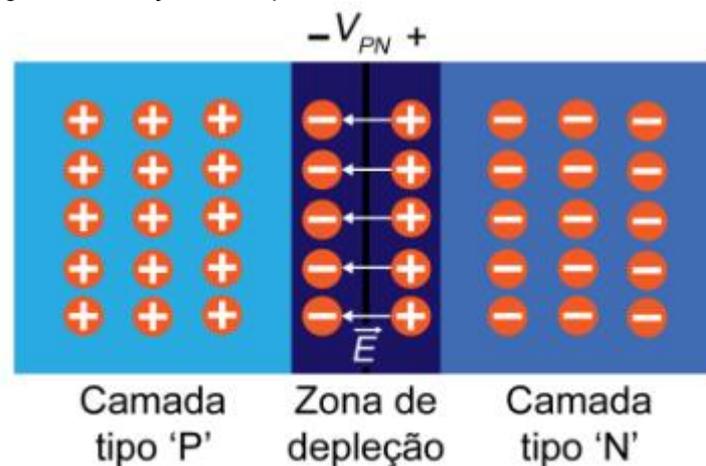
2.5 SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELETRICA

O conjunto de geração de Energia solar fotovoltaica consiste em converter a energia luminosa proveniente da luz solar em eletricidade, através células solares, que são materiais semicondutor convenientemente tratados. As células que são comercializadas utilizam o silício como material-base para sua fabricação, e sua aparência externa é de lâminas circulares ou quadradas na tonalidade azul-escuro ou preto. Na parte superior da célula apresenta linhas de coloração cinza que é o material condutor (ZILLES, 2012) A figura 4 mostra de modo geral como a célula fotovoltaica

de silício são constituídas de semicondutores dopados positivamente e negativamente.

O acúmulo de cargas positivas na camada do tipo 'N' e de cargas negativas na camada do tipo 'P' dá origem a um campo elétrico e conseqüentemente, a uma diferença de potencial (V_{pn}). É importante mencionar que essa tensão consiste numa verdadeira barreira impedindo a circulação de elétrons entre os dois materiais.

Figura 4 – Junção P-N típica de uma célula fotovoltaica de silício

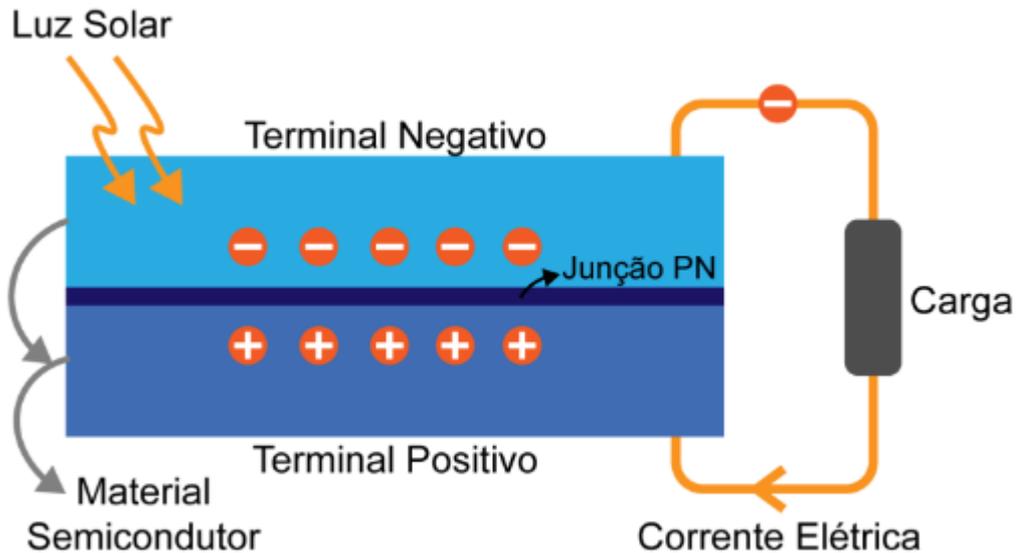


Fonte: Moraes, 2020.

Uma vez em equilíbrio, só haverá deslocamento de elétrons da camada 'N' para a camada 'P' quando estes conseguirem energia suficiente de um meio externo. Nas células fotovoltaicas, essa energia é proveniente dos fótons presentes na luz solar, que ao provocar os elétrons faz com que estes passem da camada de valência para a camada de condução (MORAES, 2020).

Logo, por meio de um circuito externo, conectando a camada negativa à positiva sucede um fluxo de elétrons (corrente elétrica) que manter-se-á enquanto a luz incidir na célula. A figura 5 ilustra esse fenômeno de forma simplificada. Naturalmente, a taxa de elétrons gerada dependerá da quantidade de luz incidente e da capacidade de absorção do material semicondutor.

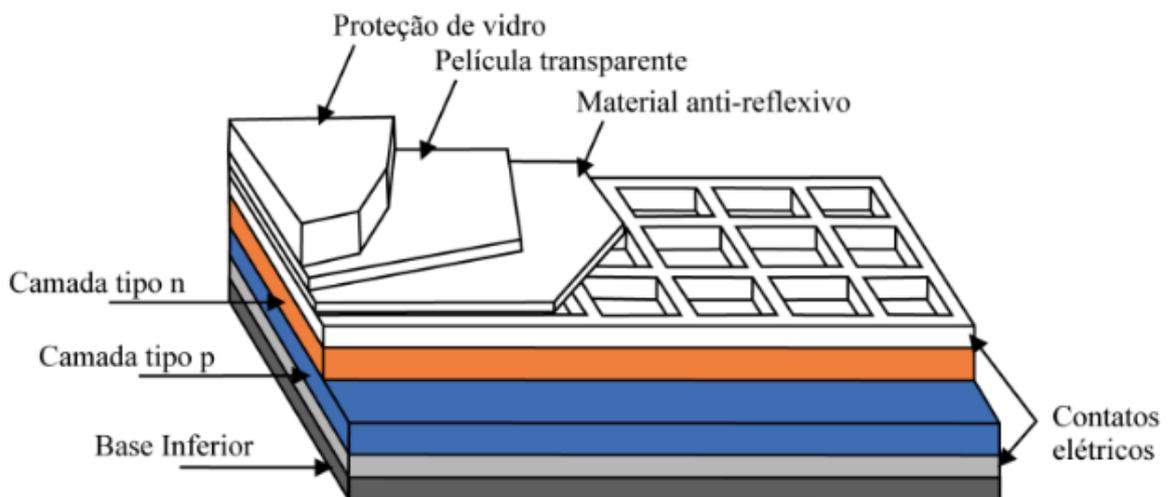
Figura 5 – Princípios básicos de uma célula fotovoltaica



Fonte: Moraes, 2020.

As células fotovoltaicas são encapsuladas com material que resista a danos externos como o um vidro resistente e nas laterais para os módulos convencionais um metal de alumínio como moldura para diminuir o peso em estrutura, manter igualmente resistente e plano quando é escolhido melhor ângulo para a instalação. A Figura 6 mostra como é normalmente a estrutura dos módulos fotovoltaicos.

Figura 6 - Painéis fotovoltaicos



Fonte: Moraes, 2022.

Com o avanço da tecnologia e da indústria no ramo das energias renováveis se dá a importância de se criar métodos para tornar o sistema mais compacto e atrativo, com a diminuição de cabos e espaço para equipamentos, com essa busca foi criado o sistema MLPE (*Module-Level Power Electronics*) que otimiza a geração de energia. Esse sistema substitui o inversor convencional String que tem um tamanho 40cmx40cm por um ou mais microinversores que são fixados abaixo dos módulos solares, diminuindo a quantidade de cabos ligados até o inversor que por norma deve ficar em área protegido de água, sujeira e calor. (SIRIUS, 2021). A Figura 7 mostra como é a instalação por MLPE.

Figura 7 - Sistema de instalação por MLPE



Fonte: APsystems, 2022.

2.6 ENERGIA EÓLICA PELO MUNDO

A capacidade de energia eólica estimada em 93 GW foi instalada globalmente em 2020 – incluindo mais de 86,9 GW onshore, o maior até agora, e quase 6,1 GW offshore. Este mercado recordista foi 45% superior ao anterior alta, em 2015 (63,8 GW), e representa um aumento de quase 53% em relação às instalações de 2019.

Durante vários meses de 2020, restrições relacionadas à pandemia interromperam as cadeias de suprimentos, renderam grande parte da força de trabalho de energia eólica indisponível, resultou em leilões adiados ou cancelados e investimentos atrasados, e atrasos ou cancelamentos forçados na construção de projetos em muitos países, particularmente no setor onshore.

Mas mesmo com a saúde global, desafios econômicos e políticos, até o final do ano a capacidade total global de energia eólica aumentou 14% em relação a 2019 e aproximou-se de 743 GW (707,4 GW onshore e o restante offshore); isto foi o dobro da capacidade em operação em todo o mundo apenas seis anos anteriormente, no final de 2014. O rápido crescimento em 2020 foi devido a um aumento dramático na China bem como para um salto nos Estados Unidos antes da política mudanças; o resto do mundo instalou aproximadamente a mesma quantidade de (líquida) capacidade adicional como fez em 2019. A pandemia somada financiamento, infraestrutura, política e regulamentação previamente existentes desafios em alguns países, enquanto outros países (além para a China e os Estados Unidos) viu instalações recordes durante 2020, incluindo Argentina, Austrália, Chile, Japão, Cazaquistão, Noruega, Federação Russa e Sri Lanka.

Novos parques eólicos atingiram plena operação comercial em pelo menos 49 países, de 55 países em 2019, e pelo menos um país, Tanzânia, colocou online seu primeiro projeto comercial. Até o final de 2020, mais de 100 países tiveram algum nível de energia eólica comercial capacidade de energia e 37 países – representando todas as regiões – tinha mais de 1 GW em operação. Custos em queda rápida por quilowatt-hora (tanto em terra quanto offshore) tornaram a energia eólica cada vez mais competitiva e permitiu que a energia eólica terrestre competisse de igual para igual com geração de combustíveis fósseis em um grande e crescente número de mercados, muitas vezes sem apoio financeiro. A economia da energia eólica tornou-se o principal driver para novas instalações. Fora do China (que tinha uma tarifa feed-in, ou FIT) e os Estados Unidos (com créditos fiscais e padrões estaduais de portfólio renovável, ou RPS), demanda global por energia eólica em 2020 foi impulsionada em grande parte por outros mecanismos de política, incluindo leilões (ou licitações). Corporativos acordos de compra de energia (PPAs - Power Purchase Agreement) estão desempenhando um papel crescente na alguns mercados, principalmente nos Estados Unidos e na Europa, mas também cada vez mais na América Latina e na

Ásia. Em 2020, porém, a capacidade contratada globalmente por meio de PPAs corporativos caiu 29% em relação a 2019, para 6,5 GW.

A energia eólica fornece uma parcela substancial da eletricidade em um número de países. Em 2020, a energia eólica gerou o suficiente para fornecer cerca de 15% do consumo anual de eletricidade em à UE-27, e percentagens muito mais elevadas em pelo menos cinco Estados-Membros individuais Estados.

A energia eólica atendeu a cerca de 48% da eletricidade da Dinamarca demanda em 2020 e representou quase 58,6% do país geração total.

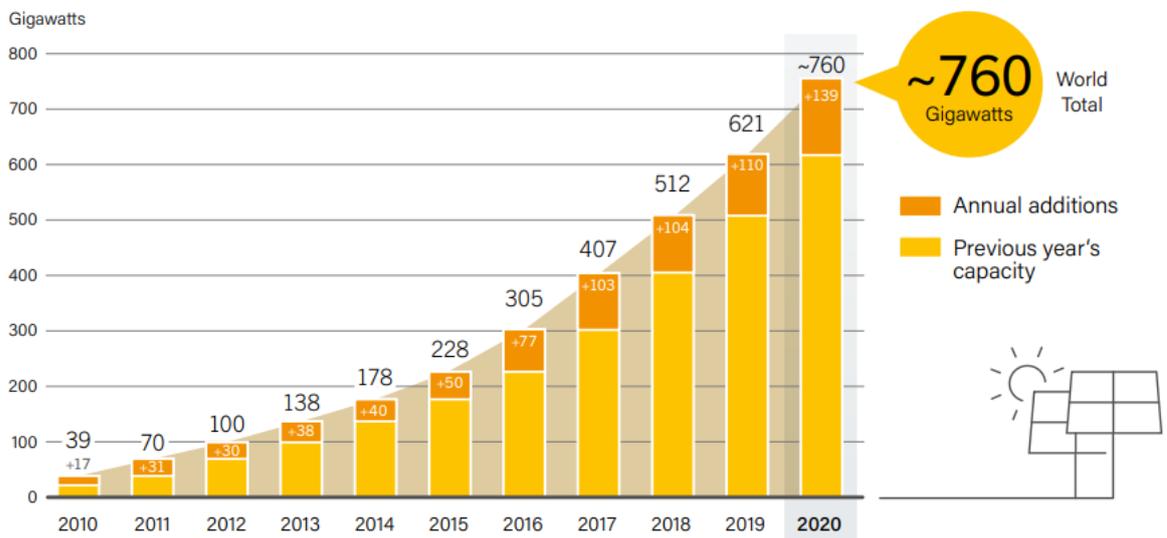
Outros países europeus com geração eólica ações de pelo menos 20% para o ano incluíram a Irlanda (38%), os Estados Unidos Reino (24,2%), Portugal (24%), Alemanha (23,2%) e Espanha (21,9%).¹⁵ Uruguai (40,4%) e Nicarágua (27,6%) também altas participações de geração de energia eólica, e as participações eram altas no nível subnacional em vários países. Globalmente, a energia eólica capacidade em operação representou cerca de 6% da geração total de eletricidade em 2020. Pelo 12º ano consecutivo, a Ásia foi a maior região mercado, representando quase 60% da capacidade adicionada (acima de 50% em 2019), com um total de quase 348,7 GW até o final de 2020; quase 56% da nova capacidade estava apenas na China. A maior parte das instalações restantes estavam na América do Norte (18,3%), Europa (14,8%) e América Latina e Caribe (5,0%). O único mercado regional que não se expandiram em 2020 foram a Europa, onde a pandemia empurrou muitas instalações para 2021, e a África e Oriente Médio, que se mantiveram estáveis.

A China ampliou sua liderança para novas capacidades (tanto onshore quanto offshore) e foi seguido de longe pelos Estados Unidos, que ficou bem à frente do Brasil, Holanda e Espanha; esses cinco países juntos responderam por pouco mais de 80% da receita anual instalações, sendo a China e os Estados Unidos os únicos responsáveis por quase 74%.²¹ Outros países entre os 10 primeiros em capacidade total adições foram Alemanha, Noruega, França, Turquia e Índia.

2.7 ENERGIA FOTOVOLTAICA NO MUNDO

O ano de 2020 foi marcado pelo crescimento recorde do aumento da capacidade de energia gerada por células fotovoltaicas. Foram adicionadas 139 GW só em 2020 mesmo com a pandemia onde muitas indústrias tiveram que diminuir a produção por falta do pessoal e as restrições de distanciamento que foram impostas, além dos atrasos no envio e entregas dos painéis solares. Totalizando a capacidade de geração em 760 GW *on-grid* e *off-grid* como mostra a Figura 8 (REN, 2021).

Figura 8 - Capacidade global de sistema solar e edições anuais de 2010 até 2020



Fonte: REN, 2021.

Os três principais mercados que alargaram os investimentos na energia fotovoltaica no último ano de 2020 foram os Estados Unidos, a China e o Vietnã. Em 2020, estima-se que 20 países adicionaram pelo menos 1 GW de nova capacidade solar fotovoltaica, acima dos 18 países em 2019, e todos os continentes contribuíram significativamente para o crescimento global. Até o final de 2020, pelo menos 42 países tinham uma capacidade acumulada de 1 GW ou mais.

E a capacidade de produção em diversos países vem sendo expandida, e novas instalações foram feitas e 15 países tinham capacidade operacional suficiente para atender pelo menos 5% de sua demanda de eletricidade com energia solar fotovoltaica. A energia solar fotovoltaica representou cerca de 11,2% da geração anual

em Honduras, Alemanha (10,5%) Grécia (10,4%), Austrália (9,9%), Chile (9,8%), Itália (9,4%) e Japão (8,5%), entre outros. Espanha e o Reino Unido quebrou recordes de geração solar no início ano, devido principalmente à nova capacidade, bem como à maior produção resultante de ar mais limpo durante confinamento em casa devido ao COVID-19; céus mais claros durante o confinamento também permitiu que quase 10% mais luz solar chegasse painéis solares em Deli e contribuiu para o aumento da produção no Emirados Árabes Unidos. Mas a fumaça dos incêndios florestais na Austrália e o estado americano da Califórnia tiveram o efeito inverso na produção, afetando negativamente a variabilidade solar (REN, 2021).

A Ásia se destacou pelo oitavo ano consecutivo em comparação com outras regiões em novas instalações, respondendo por quase 58% das adições globais, mesmo excluindo a China, a Ásia foi responsável por cerca de 23% da nova capacidade em 2020, logo depois as Américas com 18% que passou a frente da Europa com 16% (REN, 2021). A china continuou a vencer o mercado global na fabricação dos sistemas com uma participação de quase 35% acima dos 27% em 2019.

Os cinco principais mercados nacionais foram a China Estados Unidos, Vietnã, Japão e Alemanha que ao todo foram responsáveis por quase 66% da capacidade recém-instalada em 2020 que corresponde 58,5% acima para os principais de 2019, mas abaixo de 75% em 2018, à medida que o mercado global se torna um pouco menos concentrado. Os próximos cinco mercados foram a Índia, Austrália, República da Coreia, Brasil e Holanda. O tamanho anual do mercado necessário para se classificar entre os 10 principais países permaneceu em torno de 3 GW (REN, 2021).

A China adicionou 48,2 GW de capacidade solar fotovoltaica em 2020 (incluindo 32,7 GW de centralizada e 15,5 GW de solar fotovoltaico distribuída), perdendo apenas para 2017 (52,9 GW). O aumento do mercado de 60% – disparado em grande parte por alterações pendentes na estrutura FIT (*Feed-in Tariffs*) do país - seguido de dois anos consecutivos, e apesar do projeto tarifário, atrasos na construção no início de 2020 causados pela pandemia, escassez de mão de obra e interrupções no setor de suprimentos. As regiões centrais, leste e sul da China representaram cerca de 36% de adições, com 64% nas regiões oeste e norte. Os principais instaladores nas provinciais foram Guizhou (5,2 GW), Hebei (4,9 GW) e

Qinghai (4,1 GW). No final do ano, o total da China capacidade conectada à rede ultrapassou 253,4 GW, bem acima da meta oficial do 13º Plano Quinquenal (2016-2020) para o ano que era de 105 GW (REN, 2021).

O Vietnã viu outro aumento nas instalações: depois de adicionar 4,8 GW em 2019 (acima de 106 MW em 2018 e 8 MW em 2017), o país colocou em operação cerca de 11,1 GW em 2020, elevando-o para o terceiro lugar globalmente para adições e oitavo para capacidade solar fotovoltaica total. Considerando que o crescimento em 2019 foi impulsionado pela expiração pendente do esquema FIT1 do Vietnã, que incentivou grandes projetos montados no solo, a maior parte do aumento na 2020 foi em sistemas em cima de telhados, correndo para se qualificar para o FIT2 antes de expirar no final do ano.

No total, cerca de 83.000 sistemas em cima de telhados foram instalados no Vietnã em um único ano, aumentando a capacidade do telhado de menos de 0,4 GW para 9,7 GW (com 6,7 GW conectados somente em dezembro) e elevando a capacidade solar fotovoltaica total do país para 16,4 GW.⁴⁹ O interesse do Vietnã em energia solar fotovoltaica é em grande parte para atender à crescente demanda de eletricidade, que aumentou 10% ao ano em média nos últimos anos devido ao crescimento populacional e à expansão econômica, bem como para garantir a segurança energética e reduzir as emissões de carbono.

O rápido crescimento da geração solar colocou um estresse adicional na rede subdesenvolvida do país, levando à redução e, no início de 2021, o Vietnã estava considerando opções para financiar as atualizações necessárias do sistema.

O terceiro maior mercado da Ásia e o quarto maior do mundo foi o Japão. Após quatro anos de contração, o Japão adicionou 8,2 GW (mais de 16%) para um total de 71,4 GW – superado apenas pela China e pelos Estados Unidos. No entanto, o mercado do Japão continuou a enfrentar desafios relacionados à disponibilidade de terras e restrições de rede, que estão ajudando a manter os custos de energia solar fotovoltaica em grande escala do país entre os mais altos do mundo. Em 2020, o FIT do país foi revisado para focar o suporte em sistemas para geração consumida

localmente (consumo próprio e comunitário), a capacidade de isolar em caso de apagões e PV agrícola.

A energia solar fotovoltaica representou cerca de 8,5% da geração total de eletricidade do Japão em 2020, acima dos 7,4% em 2019, com as maiores contribuições locais em Shikoku (13%) e Kyushu (14%) (REN, 2021).

Outros países asiáticos que adicionaram capacidade substancial em 2020 incluíram a República da Coreia (4,1 GW), Taipé Chinês (1,7 GW) e as Filipinas (1,1 GW) (REN, 2021). A República da Coreia subiu dois degraus no ranking global de capacidade adicionada, para o oitavo lugar, e continuou em nono em capacidade total (15,9 GW). A Turquia adicionou cerca de 1 GW para um total de 9,5 GW (REN, 2021).

O mercado turco foi impulsionado por uma nova lei de medição líquida e autoconsumo, representando uma mudança do mercado tradicional de projetos em escala de megawatts. O Paquistão também adicionou capacidade, assim como o Cazaquistão, que realizou leilões e colocou em operação pelo menos dois grandes projetos em 2020.

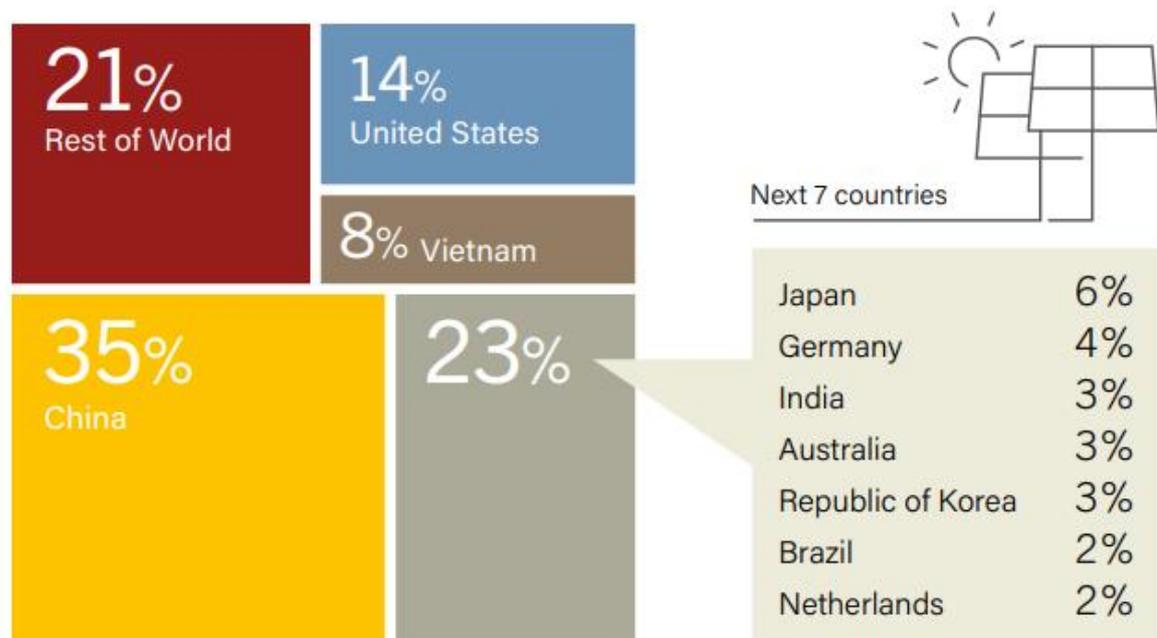
As Américas representaram cerca de 18% do mercado global em 2020, em grande parte devido aos Estados Unidos, que continuaram a ocupar o segundo lugar global tanto em novas instalações quanto em capacidade total como mostra a Figura 9.

O país adicionou um recorde de 19,2 GW – um aumento de 43% em relação a 2019 e 27% acima do pico anterior em 2016 – para um total próximo de 96 GW. A energia solar fotovoltaica foi a principal fonte de nova capacidade de energia pelo segundo ano consecutivo, respondendo por 43% de todas as adições de capacidade de energia dos EUA em 2020 (em comparação com 4% uma década antes), a maior parcela até o momento.

O mercado continuou a ser geograficamente mais diversificado, com 27 estados adicionando mais de 100 MW, mesmo que os principais estados para adições permanecessem Califórnia (3,9 GW), Texas (3,4 GW) e Flórida (2,8 GW). (87,7 TWh)

mais sistemas de pequena escala conectados à rede (41,7 TWh) geraram um total de 129,5 TWh, ou 3,2% da geração líquida dos EUA em 2020.

Figura 9 - Capacidade do sistema solar fotovoltaico nos primeiros 10 países comparado com o resto do mundo



Fonte: REN, 2021.

O mercado norte-americano foi liderado pelo setor de utilidades, que cresceu 67% para quase 14 GW, totalizando 59,8 GW no final do ano. O salto significativo ocorreu quando as incorporadoras correram para se qualificar para o crédito tributário federal de investimento (ITC) antes da redução da alíquota esperada no final do ano (a alíquota acabou sendo prorrogada por dois anos em dezembro de 2020).

O volume de novos projetos anunciados em 2020 atingiu 30,6 GW, elevando o pipeline de projetos de energia solar fotovoltaica em escala de serviço público dos EUA sob contrato no final do ano para 69 GW. O crescimento neste setor é impulsionado por vários fatores, incluindo planos de redução de carbono de serviços públicos auto-aplicados, a expansão de mandatos em nível estadual por meio de

padrões de portfólio de energia renovável (leis RPS) e grandes corporações com metas de redução de carbono ou energia renovável.

As instalações não residenciais caíram (4%) pelo terceiro ano consecutivo e enfrentaram os piores atrasos relacionados à pandemia de qualquer setor, adicionando 2,1 GW para um total de 16,7 GW (REN, 2021). Em contrapartida, o mercado residencial cresceu 11% em relação a 2019, com um recorde de 3,2 GW adicionados para um total de 19,1 GW (REN, 2021). A pandemia também causou grande perturbação neste setor, com instaladores demitindo milhares de funcionários e alguns declarando falência, e forçou muitos instaladores a mudar as vendas de pessoalmente para online e fazer sérios cortes de preços.

Alguns países da América Latina e do Caribe continuaram a expandir sua capacidade de energia solar fotovoltaica, apesar das condições econômicas desafiadoras, graças em grande parte à abundância de recursos solares, preços em queda e políticas favoráveis em alguns países.

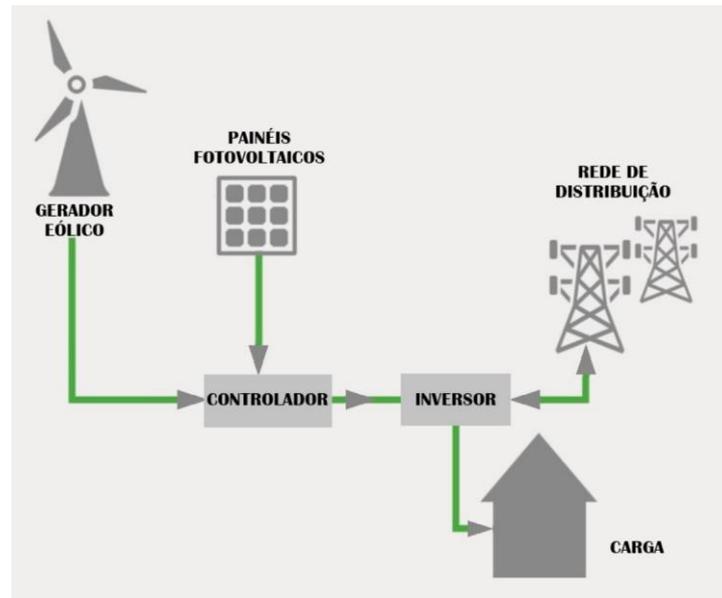
Os quatro principais instaladores da região em 2020 foram Brasil (adicionando 3,1 GW), México (1,5 GW), Chile (0,8 GW) e Argentina (0,3 GW). O Brasil manteve sua liderança regional em adições anuais e ultrapassou o México (5 GW) em capacidade total, encerrando o ano com 7,7 GW.

2.8 GERAÇÃO DE ENERGIA HÍBRIDA

A geração de energia híbrida pode incluir módulos fotovoltaicos e um aerogerador de pequeno porte com tecnologia de controle elétrico, podendo ou não ter baterias como mostra na Figura 10, para serem utilizadas em períodos de baixa geração de energia ou em casos de “apagam” por parte de concessionárias de energia (PORTAL SOLAR, 2022).

A base para que seja feita a implementação de um sistema híbrido solar fotovoltaico e eólico é o controlador de carga e um inversor que podem para ambos serem híbridos ou separados para cada tipo de sistema. A Figura 10 mostra em resumo para a instalação do sistema híbrido solar fotovoltaico e eólico (EPCOR SOLAR, 2022).

Figura 10 - Fontes de energias híbridas



Fonte: Portal Solar, 2022.

A vantagem de ter esse sistema híbrido como mostra na Figura 11, que é uma ótima opção para diminuir o consumo da energia elétrica já que o sistema pode funcionar 24h por 7 dias também são uma fonte de energia renovável/energia verde pois não causam impactos ao meio ambiente como os combustíveis fósseis (PORTAL SOLAR, 2022).

Figura 11 - Fontes de energia por painel fotovoltaico e eólico vertical



Fonte: Portal Solar, 2022.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste trabalho desenvolvemos a definição do projeto, o estudo dos sistemas aerogeradores, fotovoltaico e híbrido, definição de protótipo, desenvolvimento de protótipo, análise de geoposicionamento do recurso eólico e a exposição solar, resultados discussões e conclusões, estes itens foram divididos temporalmente pelas seguintes etapas:

Quadro 1 - Cronograma de atividade

Cronograma de atividade do projeto							
ETAPAS	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Definição de projeto	x	x	x	x	x	x	x
Estudo de sistemas de aerogeradores, fotovoltaico e híbrido				x			
Definição de protótipo					x		
Desenvolvimento de protótipo					x		
Análise da utilização do protótipo					x		
Análise de geo posicionamento					x		
Recurso eólico						x	
Exposição solar						x	
Análise do sistema híbrido						x	
Resultado e discussões						x	x
Conclusões							x

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

3.1 DEFINIÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

Para a criação do aerogerador vertical foi utilizado a estrutura de um anemômetro com a parte eletrônica sem funcionamento fornecido pela empresa IEM – Intercambio Eletro Mecânico, o anemômetro é muito utilizado para a análise do vento em torres anemométricas, medindo o recurso eólico de uma determinada região, a Figura 12 mostra a estrutura do anemômetro utilizada para o protótipo.

Figura 12 - Anemômetro estragado



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Para transformar a estrutura do anemômetro em um aerogerador vertical foi utilizado um Micro Motor Dc 12v obtendo assim a geração de energia em volts, a Figura 13 mostra o exemplo de modelo de motor utilizado.

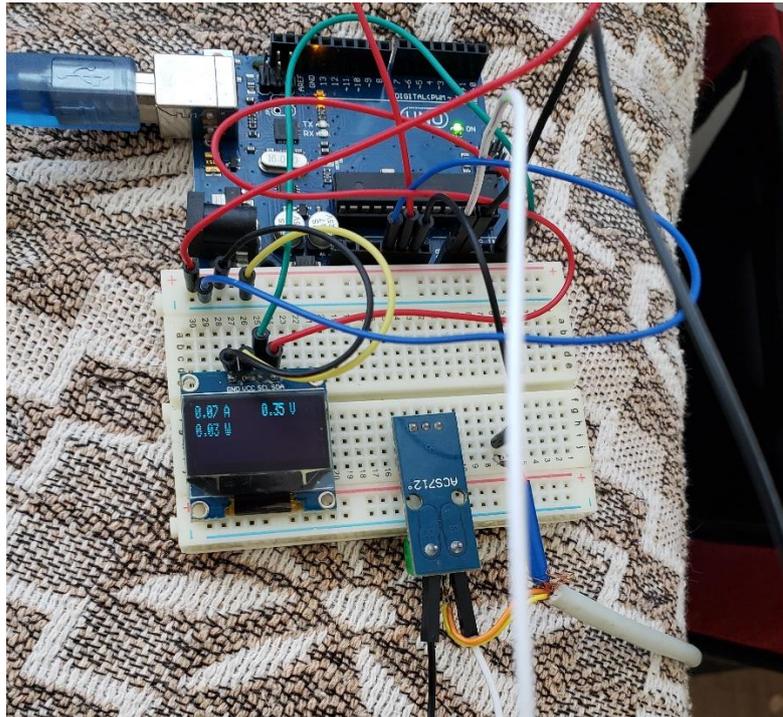
Figura 13 - Micro motor Dc 12



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

No sentido de obter dados da geração foi utilizado uma placa Arduino UNO R3, sensor de corrente, uma placa de ensaio e um display LED para mostrar em tempo real a produção em W, voltagem em V e a corrente em A. A Figura 14 mostra os sensores utilizados para entregar a informação dos dados coletados.

Figura 14 - Placa de ensaio e display LED



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

3.2 ANÁLISE DO GEOPOSICIONAMENTO

3.2.1 Recurso eólico

Na análise da cinética da massa de ar no local e para verificar a melhor localização da instalação do protótipo foi utilizado um anemômetro de mão, na Figura 15 mostra o anemômetro utilizado e que foi colocado a 2m do chão.

Figura 15 - Anemômetro de mão



Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

Para se obter informações sobre o recurso eólico na região é necessário realizar um estudo com a medição de ventos de no mínimo um período de 12 meses, ocorrendo um erro de até 3% nas medições pode acarretar e uma perda de até 10% na produção de energia elétrica, esse estudo se faz necessário para reduzir os riscos financeiros (RODRIGUES, 2013).

3.2.2 Recurso solar fotovoltaico

Se faz necessário a análise do recurso solar na região através do site *Global Solar Atlas* analisando mapas de irradiação, índices de irradiação onde se deseja utilizar o sistema.

3.3 ANÁLISE DO SISTEMA HÍBRIDO

Com a finalidade de saber a economia do sistema híbrido será feito orçamento financeiro dos tipos de sistemas de geração de energia elétrica, não só em equipamentos como a instalação e impostos sobre os produtos.

Para a escolha do melhor sistema híbrido será considerado o local, curva de potência de cada equipamento e o fator de capacidade cada tipo de equipamento de geração.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados os resultados da viabilidade técnica e econômica da geração de energia elétrica por meio solar fotovoltaico e eólica horizontal/vertical para uma residência localizada na cidade de Viamão/RS.

4.1 PROTÓTIPO

Com o aerogerador protótipo vertical devidamente instalado e funcionando foi realizado o teste de velocidade com um anemômetro de pulso em frente ao fluxo de vento constante, com esses dados em mão foi realizado o Quadro 2 que consiste em dados de produção, tensão e corrente.

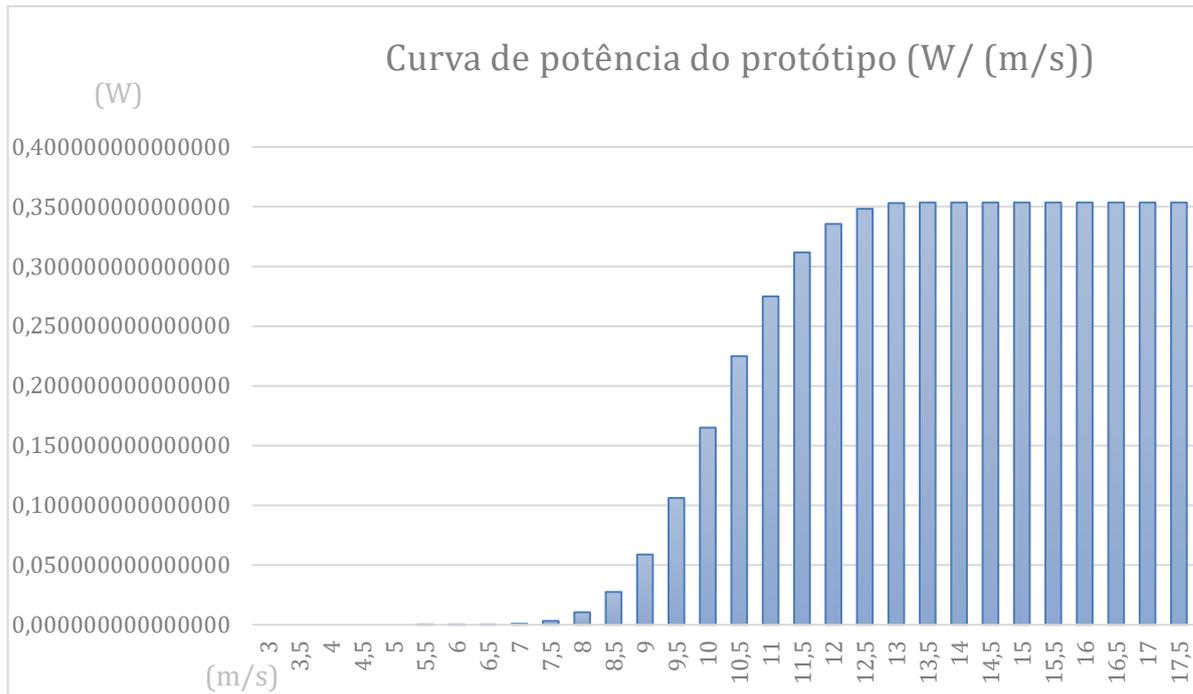
Quadro 2 - Fluxo de potência do protótipo aerogerador vertical

Teste de velocidade do aerogerador vertical			
Velocidade (m/s)	Voltagem (V)	Corrente (A)	Produção (W)
3,5	0,08	0,02	0,0016
4,5	0,14	0,03	0,0042
6	0,33	0,07	0,0231
8	0,44	0,09	0,0396
9	0,63	0,13	0,0819
12	0,74	0,15	0,111

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

A obtenção da Curva de potência do aerogerador protótipo foi gerada pelos teste executados de forma empirista, os dados não foram adquirido em laboratório e nem foram considerados as perdas de turbulência, empuxo e resistência do ar, a fonte de geração de ar foi um dispositivo mecânico que converte energia mecânica de rotação aplicada em seus eixos para aumento do fluxo de ar, foi feito um cone de aproximação com protótipo e com o microcontrolador foi adquirido os valores exposto no gráfico abaixo na Figura 16.

Figura 16 - Curva de potência do motor gerador de 12V

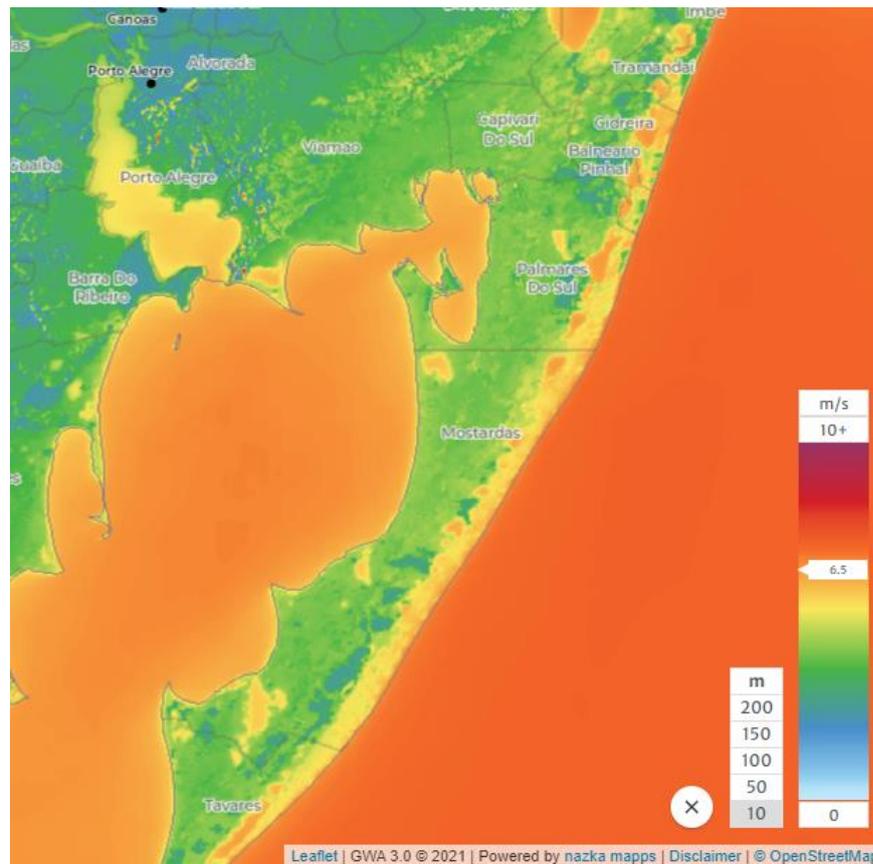


Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

4.2 ANÁLISE DO GEOPOSICIONAMENTO

4.2.1 Análise eólica

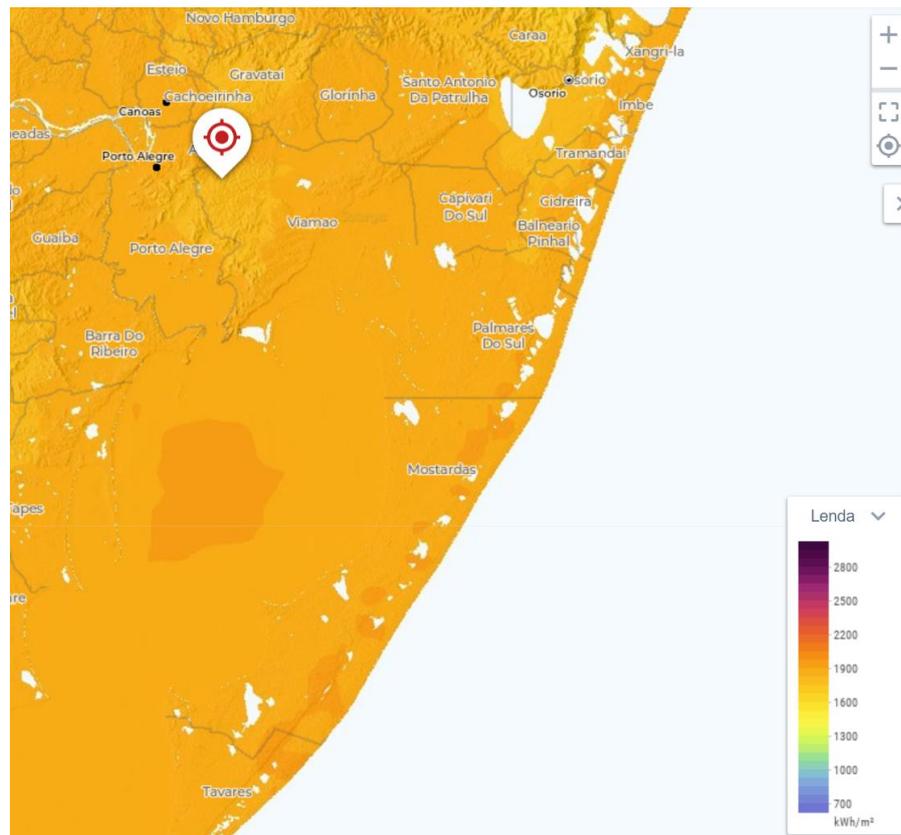
Como o objetivo de uma análise média visual foi utilizado o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul na Figura 17 que mostra parte da Capital do Rio Grande do Sul e o litoral norte do estado.

Figura 18 - *Global Wind Atlas*

Fonte: GWA, 2021.

4.2.2 Análise da exposição solar

Com o propósito de obter o índice global irradiação foi utilizado a plataforma Global Solar Atlas, pois plataforma é bem completa contendo informações de inclinação de módulos solares fotovoltaicos e melhores regiões para a instalação do sistema fotovoltaico. A Figura19 mostra a região analisada mostra que a região norte do estado do Rio Grande do Sul tem uma boa irradiação solar.

Figura 19 - *Global Solar Atlas*

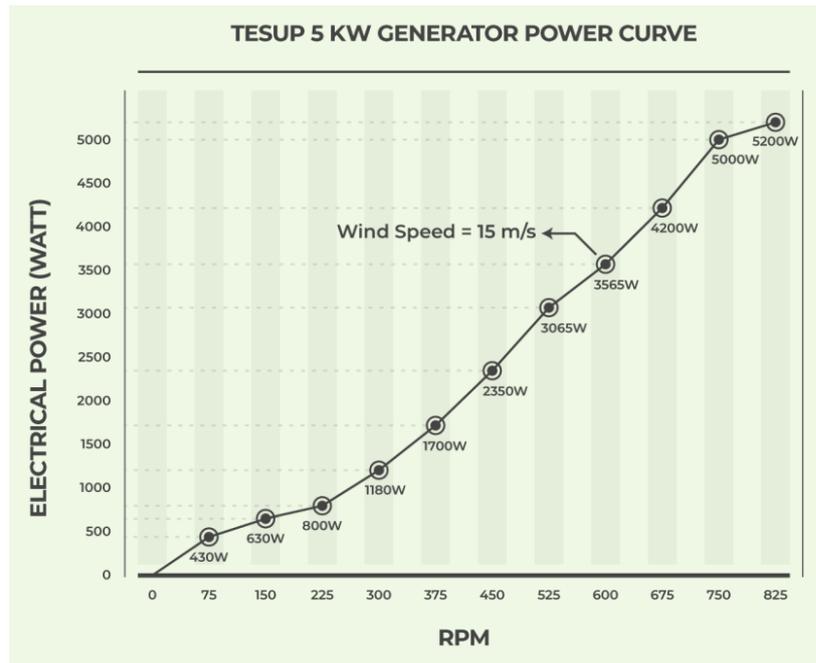
Fonte: GSA, 2022.

4.3 CURVAS DE POTÊNCIA E RUÍDO

4.3.1 Curva de potência eólico

A curva de potência dos aerogeradores e módulos fotovoltaicos foram os seguintes modelos ATLASX como mostra na Figura 20.

Figura 20 – Curva e Potência do aerogerador vertical – AtlasX

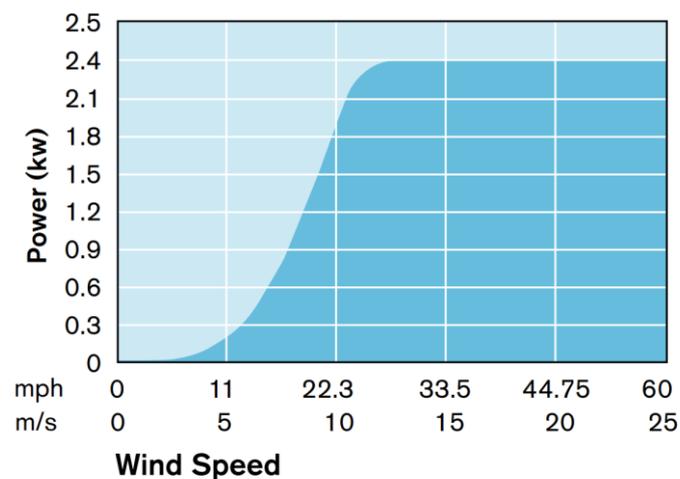


Fonte: Setup, 2022.

A Figura 21 mostra a curva de potência do aerogerador horizontal Skystream com uma velocidade inicial de 3m/s e a 12m/s alcançando a potência máxima de 2,4kw.

Figura 21 Curva e potência do aerogerador horizontal – Skystream

Performance Curves

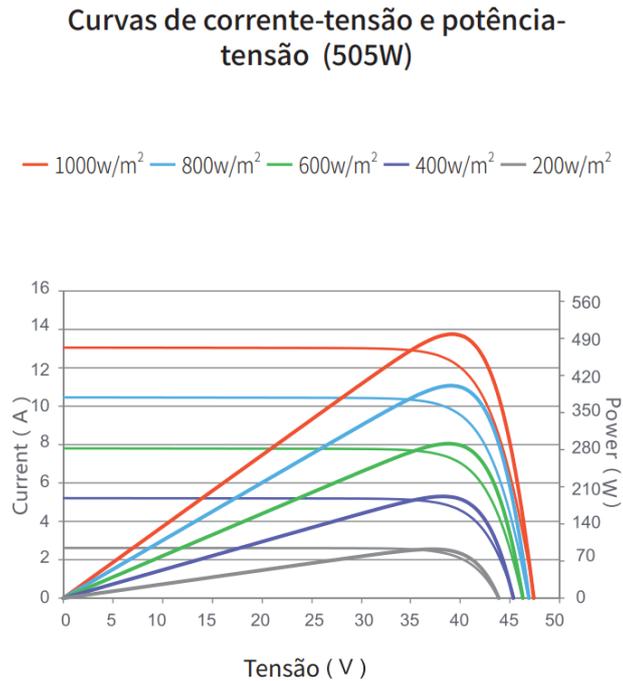


Fonte: Skystream 3.7, 2022.

4.3.2 Curva de potência solar fotovoltaica

A Figura 22 mostra a curva de potência do módulo fotovoltaico Hi-milo chegando no máximo a 505W.

Figura 22 - Curva e potência do modulo fotovoltaico HI-Milo 490-505W



Fonte: Sunova Solar, 2022.

4.3.3 Ruído

No Quadro 3 são mostradas as diferenças de ruído entre os aerogeradores e que é notável que o ruído emitido pelos equipamentos o aerogerador vertical é o que apresentar menor ruído.

Quadro 3 - Diferença entre ruídos dos aerogeradores vertical e horizontal

Aerogeradores do orçamento	
Tipo	Total de dB
Aerogerador horizontal	60
Aerogerador Vertical	30

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

4.4 RECURSO FINANCEIRO

Na análise do sistema fotovoltaico para uma residência foi realizado um orçamento utilizando sistema *Module-Level Power Electronics* (MLPE), baseado em uma conta de luz em que a média é de 1000 kWh/Mês. O Quadro 4 mostra um orçamento de sistema solar fotovoltaico.

Quadro 4 - Orçamento do sistema fotovoltaico

ORÇAMENTO PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO - MICROINVERSOR	
POTÊNCIA (KWp)	8,08
DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS/ESTRUTURA	QTD
Módulo Fotovoltaico Xpower 505Wp - 132 Células – Monocristalino Monofacial - XP-505W-66MDH	16
Micro Inversor Hoymiles HM-1500 - 1.5kW - 220V	4
Junção U 10Cm Alumínio - Solar Group	8
Parafuso para telha fibrocimento com estrutura de madeira M10X250 10-4,5	30
Grampo Intermediario Smart 30/35/40mm Solar Group	28
Grampo Terminal Smart 30/35/40mm Solar Group	8
Perfil Regular Smart 3,3M Solar Group	12
Porca p/ Cabeça De Martelo M8 Inoxpar	8
Parafuso Cabeça de Martelo M8X30 Inoxpar	8
Conector Hoymiles - AC Fêmea - Exclusivo para Modelos HM e MI	2
Conector Hoymiles - AC Macho - Exclusivo para Modelos HM e MI	1
Conector Hoymiles - End Cap Fêmea - Exclusivo para HM e MI	2
AC Box c/ Wattmetro 25A Clamper	2
Monitoramento Hoymiles DTU W100 3G - Exclusivo para Modelos HM e MI	1
TOTAL	R\$ 25.459,27
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO	
Instalação do sistema no telhado e ART	R\$ 10.504,00
IMPOSTOS	
Imposto	R\$ 2.036,74
TOTAL (Equipamento + Mão de obra + Impostos)	R\$ 38.000,01

Fonte: Genyx, 2022.

Para análise do sistema eólico horizontal foi realizado um orçamento utilizando o mesmo consumo de 1000kW como mostra no Quadro 5.

Quadro 5 - Orçamento do sistema eólico horizontal

ORÇAMENTO PARA SISTEMA EÓLICO HORIZONTAL	
POTÊNCIA (KWp)	8,08
DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS/ESTRUTURA	QTD
Aerogerador SKYSTREAM 2,4kW	3
Mastro de 12m	3
TOTAL	R\$ 140.000,00
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO	
Instalação do sistema no telhado e ART	R\$ 30.000,00
TOTAL (Equipamento + Mão de obra)	R\$ 170.000,00

Fonte: Energia Pura, 2022.

Para análise do sistema eólico vertical foi realizado um orçamento utilizando o mesmo consumo de 1000kW como mostra no Quadro 6.

Quadro 6 - Orçamento do sistema eólico vertical

ORÇAMENTO PARA SISTEMA EÓLICO VERTICAL	
POTÊNCIA (KWp)	8,08
DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS/ESTRUTURA	QTD
Turbina Eólica de ATLASX	5
Inversor Off Grid Híbrido Epever UPower-Hi UP5000 - 80A MPPT - 48/220V	2
TOTAL	R\$ 51.000,00
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO	
Instalação do sistema e ART	R\$ 8.000,00
TOTAL (Equipamento + Mão de obra)	R\$ 59.000,00

Fonte: Setup, 2022.

Para tornar a residência híbrida com o custo mais em conta com o sistema fotovoltaico e eólico vertical juntos, serão necessários os seguintes equipamentos que se encontram no Quadro 7.

Quadro 7 - Orçamento de projeto híbrido fotovoltaico e eólico vertical

ORÇAMENTO PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO - MICROINVERSOR	
POTÊNCIA (KWp)	4,04
DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS/ESTRUTURA	QTD
Módulo Fotovoltaico Xpower 505Wp - 132 Células – Monocristalino Monofacial - XP-505W-66MDH	8
Micro Inversor Hoymiles HM-1500 - 1.5kW - 220V	2
Junção U 10Cm Alumínio - Solar Group	4
Parafuso para telha fibrocimento com estrutura de madeira M10X250 10-4,5	15
Grampo Intermediario Smart 30/35/40mm Solar Group	14
Grampo Terminal Smart 30/35/40mm Solar Group	4
Perfil Regular Smart 3,3M Solar Group	6
Porca p/ Cabeça De Martelo M8 Inoxpar	4
Parafuso Cabeça de Martelo M8X30 Inoxpar	4
Conector Hoymiles - AC Fêmea - Exclusivo para Modelos HM e MI	1
Conector Hoymiles - AC Macho - Exclusivo para Modelos HM e MI	1
Conector Hoymiles - End Cap Fêmea - Exclusivo para HM e MI	1
AC Box c/ Wattmetro 25A Clamper	1
Monitoramento Hoymiles DTU W100 3G - Exclusivo para Modelos HM e MI	1
TOTAL EQUIPAMENTOS	R\$ 13.065,81
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO	
Instalação do sistema no telhado e ART fotovoltaico	R\$ 5.252,00
IMPOSTOS	
Imposto	R\$ 1.045,26
TOTAL (Equipamento + Mão de obra + Impostos) FOTOVOLTAICO	R\$ 19.363,07
ORÇAMENTO PARA SISTEMA EÓLICO VERTICAL	
POTÊNCIA (KWp)	4,04
DESCRIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS/ESTRUTURA	QTD
Turbina Eólica de ATLASX	2
Inversor Off Grid Híbrido Epever UPower-Hi UP5000 - 80A MPPT - 48/220V	1
TOTAL	R\$ 22.000,00
DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO	
Instalação do sistema e ART	R\$ 8.000,00
TOTAL (Equipamento + Mão de obra) EÓLICO	R\$ 30.000,00
TOTAL DE SISTEMA HÍBRIDO	R\$ 49.363,07

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1 PROTÓTIPO

O objetivo da criação do protótipo foi colocar em prática os conhecimentos de sistemas elétricos, eletrônicos e programação adquiridos durante a graduação. O principal objetivo é compreender se a energia eólica vertical seria favorável para instalação em uma residência comum.

5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalho futuro do protótipo sugiro que o projeto seja feito com uma placa eletrônica que contenha todos os componentes necessários para obtenção dos dados do protótipo, favorecendo a melhora da programação com dados históricos e organização dos componentes utilizados, permitindo que todos os sensores estejam juntos. O motor instalado no protótipo é de alta rpm; um motor de redução ou motor gerador de energia teriam maior retorno na produção dos resultados desejados. Envolver outros sistemas de energia renovável para sistema híbrido.

5.3 SISTEMA EÓLICO

Apesar de ter um bom rendimento, o sistema eólico horizontal necessita de manutenção preventiva, o que gera gastos além da estrutura e montagem. Outro fator negativo da energia eólica é que ela carece de um aerogerador de grande porte para que o retorno financeiro seja significativo, uma vez que seus custos são elevados. Se a residência estiver em uma região urbana com muitos obstáculos ou baixo relevo, o fluxo de vento médio é menor; sendo assim, o investimento feito se torna inviável.

O sistema eólico vertical é de fácil instalação, mas precisa de um local propício para que o fluxo de vento seja suficiente para girar as pás do aerogerador. Também se faz necessário que o local esteja livre de obstáculos, a menos que, seja certificado por meio de estudos que o vento apresenta resultado médio e é suficiente para dar movimento às pás do aerogerador. A base do local deve ser projetada para resistir

aos ventos extremos para que acidentes ou danos à estrutura da residência não ocorram. Ele também requer manutenção especializada de lubrificação e limpeza do motor.

5.4 SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO

Diante dos resultados, constata-se que o sistema fotovoltaico é o sistema de que mais vem crescendo depois da energia eólica, sendo o mais procurado para residências e pequenas e grandes usinas ao longo dos últimos anos. O sistema requer pouca manutenção, não produz ruído e é de fácil instalação, desde que seja feita por mão de obra especializada. É imprescindível que os módulos sejam colocados em local que tenha o maior tempo de sol e de irradiação solar e direcionados para o norte para residentes do hemisfério sul.

5.5 SISTEMA HÍBRIDO

O desenvolvimento desse estudo propiciou analisar a eficiência de dois tipos de energias renováveis trabalhando simultaneamente, a energia solar e a energia eólica. Foram analisadas as viabilidades de utilização desses sistemas para redução de gastos com conta de luz na cidade de Viamão.

O sistema híbrido de energia renovável eólico e solar fotovoltaico necessita de mais equipamentos para instalação e mão de obra capacitada. Portanto, diante dos resultados deste trabalho, o sistema híbrido se tornou mais caro do que somente o sistema fotovoltaico para a região urbana. Seria ideal que, para resultados promissores, o vento gerado fosse superior a 5 m/s para o aerogerador vertical em questão. A média de ventos na cidade de Viamão a 2 metros de altura é de 3 m/s, fator que somado aos obstáculos encontrados na região, não é suficiente para girar as pás do aerogerador, fornecendo assim energia insuficiente para atender às necessidades de consumo da residência analisada. Vale ressaltar que o aerogerador horizontal foi descartado da análise do sistema híbrido por conta do alto custo de instalação, da estrutura e do equipamento.

A partir da análise orçamentária para a utilização do sistema híbrido no meio urbano, conclui-se que é possível a instalação de aerogerador vertical desde que se faça um estudo anual dos ventos no local para a constatação de que o recurso eólico na região é favorável.

5.6 VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS SISTEMAS

As vantagens do sistema eólico horizontal é que o aerogerador é mais eficiente quando utilizado a partir de 50 metros de altura e sua durabilidade é alta.

As vantagens do sistema eólico vertical são fáceis se adaptar a direção do vento, fácil acesso para a manutenção, não precisa de fundação profunda e tem baixo ruído.

As vantagens do sistema solar fotovoltaico é o sistema com o menor custo para obtenção, de fácil instalação e manutenção, vida útil de mais de 25 anos e não produz ruído.

As desvantagens do sistema eólico horizontal o recurso é intermitente, com custo elevado para instalação, manutenção e produz ruído.

As desvantagens do sistema eólico vertical o recurso é intermitente, com custo elevado a manutenção e para de funcionar com fortes ventos.

As desvantagens do sistema solar fotovoltaico é que em dias cinzentos diminui a produção de energia e não pode sofrer sombreamentos.

REFERÊNCIAS

APSYSTEMS. 2022. Disponível em: <https://apsystems.com/>. Acesso em: 24 nov. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanco energético nacional 2021**: ano base, 2020. Brasília: EPE, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf> Acesso em: 06 mai. 2022

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Informe técnico**: o papel das cidades no uso da energia. Brasília: EPE, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/informe-tecnico-o-papel-das-cidades-no-uso-da-energia>. Acesso em: 29 abr. 2022.

CAMPOS, Matheus. Crise energética no brasil. **UOL**: mundo educação. 2022. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/geografia/crise-energetica-no-brasil.htm#:~:text=A%20crise%20atual%20de%20energia,ao%20longo%20dos%20%C3%BAltimos%20anos>. Acesso em: 11 maio 2022.

COELHO, André M. Como funcionam as turbinas eólicas de geração de energia? **Palpite digital**. 2022. Disponível em: <https://www.palpitedigital.com/como-funcionam-turbinas-eolicas-geracao-energia/>. Acesso em: 21 out. 2022.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução Conama n. 1**, 23 jan. 1986.

ECO.A. **Estudo mostra o estrago que fazem as represas: um problema também no pantanal**. Campo Grande, 31 jan. 2022. Disponível em: https://ecoa.org.br/estudo-forbes-pch-pantanal/?gclid=Cj0KCCQjw1ZeUBhDyARIsAOzAqQLUw8-JUFwKF5-XFuoyL80AN-EI_e_OVVmCXvPg6kX46u5iU_m-l0aAr2wEALw_wcB. Acesso em: 19 maio 2022.

ENERGIA PURA. 2022. Disponível em: <https://www.energiapura.com/>. Acesso em: 03 nov. 2022.

EPCOR SOLAR. 2022. Disponível em: <http://epcor.com.br/site/epcor-solar/>. Acesso em: 20 out. 2022.

GENYX. **Proposta comercial**. Contagem, 17 nov. 2022.

GLOBAL WIND ATLAS (GWA). **Welcome to the Global Wind Atlas**. 2022. Disponível em: <https://globalwindatlas.info/en/>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GLOBAL WIND ATLAS (GSA). **Welcome to the Global Solar Atlas**. 2022. Disponível em: <https://globalsolaratlas.info/map>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GASCH, R.; TWELE, J. **Wind power plants**. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2012.

LIMA, C. M. D. *et al.* Monitoramento da emissão de material particulado no município de Candiota, RS. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL*, 6, 2015. **Anais** [...]. [S.l.:s.n.], 2015.

MARINHO, Yuri Rugai. Créditos de carbono: incentivo do Direito Internacional Ambiental. **Jus Navigandi**, Teresina, v. 13, n. 2215, jul. 2009. Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/13160/creditos-de-carbono-incentivo-do-direito-internacional-ambiental>. Acesso em: 11 maio 2022.

MORAES, Caio. Célula fotovoltaica: tudo o que você precisa saber. **Eletrônica de Potência**, [S.l.], 5 maio 2020. Disponível em: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. Acesso em: 10 maio. 2022.

PORTAL SOLAR. **Mini guia**: o que você precisa saber sobre energia híbrida. 2022. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/mini-guia-o-que-voce-precisa-saber-sobre-energia-hibrida>. Acesso em: 09 nov. 2022.

RECKZIEGEL, Viviana Nedel; FAGUNDES, Rosângela. Aplicação de indicadores de sustentabilidade no desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental em uma empresa de mineração. *In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR*, 2, 2013. **Anais** [...]. Santa Maria: [s.n.], 2013.

REN. **Renewables 2021**: global status report. [S.l.]: Ren, 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas eólico**. Porto Alegre: Secretaria do Desenvolvimento e Promoção do Investimento, [2014].

RODRIGUES, P. R. **Energia eólica**: energias renováveis. [S.l.], 5 nov. 2013. Disponível em: https://issuu.com/youssefbrasil/docs/energia_eolica. Acesso em: 03 nov. 2022.

SETUP. **Atlas 4.0**: vertical turbine. 2022

SILVA, Selênio Rocha. **“Energia eólica”**: características operacionais de turbinas eólicas. Belo Horizonte: UFMG, 2013. Disponível em: <https://docplayer.com.br/45585798-Energia-eolica-prof-titular-departamento-de-engenharia-eletrica-ufmg-caracteristicas-operacionais-de-turbinas-eolicas.html>. Acesso em: 28 nov. 2022.

SIRIUS. **MLPE**: a tecnologia dos sistemas de energia solar fotovoltaica. [S.l.], 29 nov. 2021. Disponível em: <https://energiasirius.com/mlpe/>. Acesso em: 30 out. 2022.

SKYSTREAM 3.7. **Technical Specifications**. [S.l.:s.n.], 2022.

SUNOVA SOLAR. **490-505W**: módulo mono PERC Half-Cell de alta eficiência. [S.l.:s.n.], 2022.

WORLD COMMISSION ONDAMS. **Barragens e desenvolvimento**: um novo modelo para tomada de decisões: o relatório da comissão mundial de barragens. [S.l.]: WORLD COMMISSION ONDAMS, 2000. Disponível em: https://www2.mppa.mp.br/sistemas/gcsubsites/upload/41/cmb_sumario.pdf Acesso em: 19 maio 2022.

ZANATTA, Pedro. Aneel mantém bandeira tarifária escassez hídrica em abril. **CNN Brasil**, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/aneel-mantem-bandeira-tarifaria-escassez-hidrica-em-abril/>. Acesso em: 11 maio 2022.

ZILLES, Roberto. **Energia solar fotovoltaica**. São Paulo: Universidade de São Paulo. 2012. Cap. 13. Disponível em: https://www.iee.usp.br/sites/default/files/biblioteca/producao/2012/Livros/zillesenergia_solar.pdf. Acesso em: 03 nov. 2022.

ANEXO A – SKYSTREAM 3.7

SKYSTREAM 3.7™

Technical Specifications

Model	Skystream 3.7
Rated Capacity	1.8 kW rated, 2.4 kW peak
Weight	170 lbs. / 77 kg
Rotor Diameter	12 feet / 3.72 meters
Swept Area	115.7 ft ² / 10.87 m ²
Type	Downwind rotor with stall regulation control
Direction of Rotation	Clockwise looking upwind
Blades	3-Fiberglass reinforced composite
Rated Speed	50 - 325 rpm
Tip Speed	66 - 213 ft/s / 9.7 - 63 m/s
Alternator	Slotless permanent magnet brushless
Yaw Control	Passive
Grid Feeding	Southwest Windpower inverter 120-240 VAC 50-60 Hz
Battery Charging	Battery Sensor available for battery charging systems
Braking System	Electronic stall regulation w/redundant relay switch control
Cut-in Wind Speed	8 mph / 3.5 m/s
Rated Wind Speed	21 mph / 9.4 m/s
User Control	Wireless 2 way interface remote system
Survival Wind Speed	140 mph / 63 m/s
Warranty	5 Year Limited Warranty

1. Based on a 12 mph (5.4 m/s) wind and utility energy cost of \$0.09/kWh
2. Taller towers are available
3. Assuming the Skystream 3.7 is producing more energy than the load is consuming

SKYSTREAM 3.7™



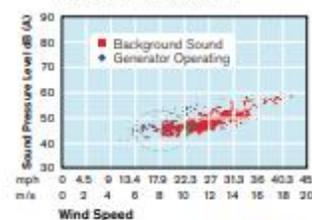
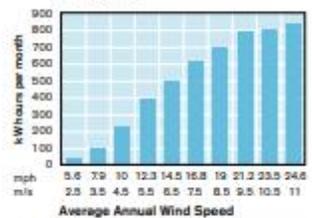
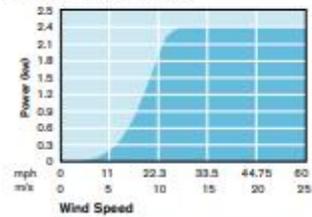
Southwest Windpower
 1801 W. Route 66 • Flagstaff, AZ 86001
 Tel 928.779.9463 • Fax 928.779.1485
www.skystreamenergy.com

Makers of **==== USA**
 Skystream 3.7™
 Air Breeze
 Whisper 100/200/500

Skystream 3.7 is a breakthrough in a new generation of RPAs (Residential Power Appliances) that is changing the energy landscape of how homes and small businesses receive electricity. Skystream is the first fully integrated system that produces energy for less than the average cost of electricity in the United States and it produces usable energy in exceptionally low winds.¹

Skystream is available on towers ranging from 33 feet (10.2m) to 110 feet (33.5m)² tall. Its universal inverter delivers power compatible with any utility grid from 110-240 VAC. Skystream efficiently and quietly provides 40-90% of the energy needs for a home or small business. Any extra energy is fed into the grid spinning the meter backward.³

Performance Curves



ANEXO B – SETUP



ATLAS X VERTICAL TURBINE



Revision Index 00
Revision Date: 01st Nov '22
ENGLISH | EN

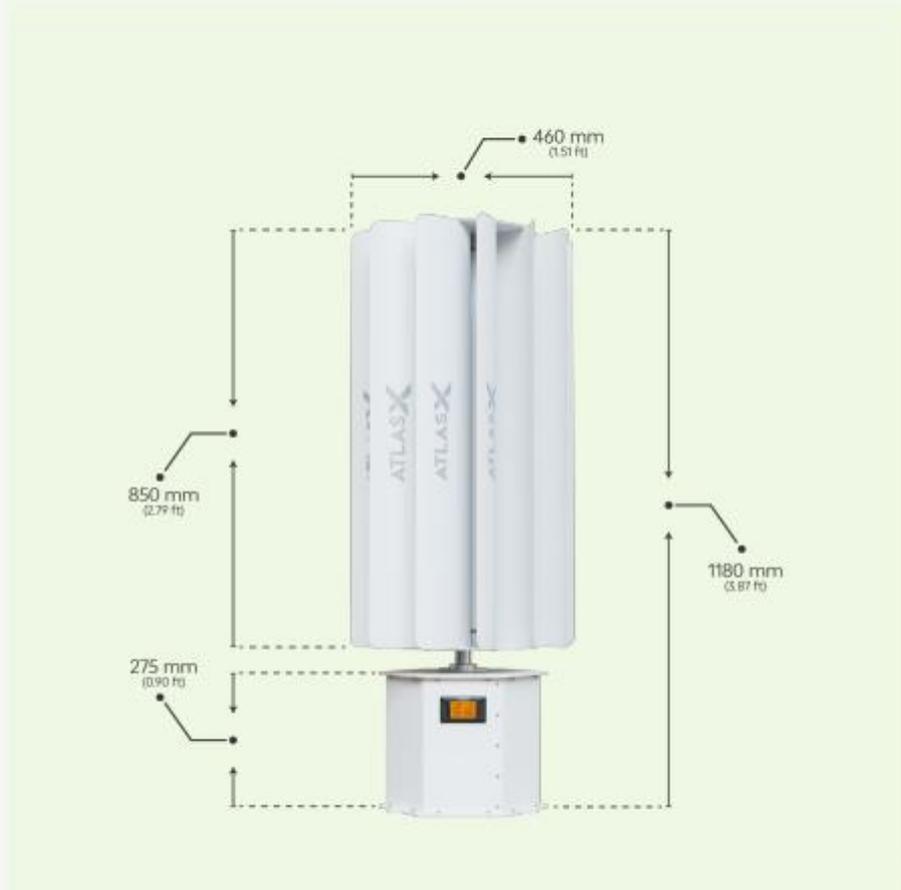
USER
MANUAL

“WIND POWER NOW AT YOUR
DOORSTEP.”

MADE IN EUROPE

PRODUCT OVERVIEW

ATLAS X



INDEX

Sr. No.	Description	Page no.
1	Index	3
2	General	5
2.1	General Instructions	5
2.1.1	Operating and Installing Conditions	6
2.2	Symbols Used	7
2.3	Warranty Details	7
2.4	Product Feedback	7
3	Technical Description	8
3.1	Intended Use	8
3.2	Reasonably foreseeable misuse	8
3.3	System Components	9
3.4	Wind Turbine Components	10
4	Parameter and Dimensional Details	11
4.1	Parameter Details	11
4.1.1	Power Curve	12
4.2	General Arrangement Drawing	13
5	Controller	14
5.1	Technical Details	14
5.2	Wiring Diagram	15
5.3	Permissible Storage & Operation	16
6	Safety Information	17
6.1	Modifications or changes by the user	17
6.2	Residual Risks	17
6.3	Personnel Requirements	17
6.4	Important Safety Instructions	18
7	Pre-Use Preparation	19
7.1	Shipping Conditions	19
7.2	Prerequisites at the place of use	19
7.2.1	Permissible wind class, footprint, and minimum clearances	19
7.2.2	Mounting Details	20
7.3	Unpacking the components	21
7.4	Assembling the wind turbine	21
7.5	Electrical Connections	24
8	Regular Operation	25
8.1	Switching on the wind turbine system	25

INDEX

Sr. No.	Description	Page no.
8.2	Restart after emergency	25
9	Shutting down the System	26
9.1	Emergency Shutdown	26
9.2	Temporary shut-down	26
9.3	Prolonged shut-down	26
10	Maintenance	27
10.1	Safety precautions during maintenance work	27
10.2	Inspection and maintenance schedule	27
10.3	Maintenance & cleaning by the user	28
11	Removal from service & disposal	29
11.1	Final decommissioning wind turbine	29
11.2	Disposal of the wind turbine system & components	29
12	Declaration	30
13	Appendix	31
14	Notes	32

2.1 GENERAL INSTRUCTIONS

- Before you begin installing, read this entire owner's manual. Identify and note your model wind turbine where it appears in this manual. Following the instruction and recommendations in this manual will help assure safe and enjoyable use of your new renewable energy system. Please take the time to read through this manual prior to assembly.
 - Place this instruction manual in a safe place for reference.
 - TESUP Wind Turbines can only be used with TESUP Charge Controllers and TESUP selling Inverters.
 - There has to be constant load consumption for the wind turbine system (wind turbine, charge controller and inverter) to work smoothly without stopping and heating. That's why we recommend grid connected systems only.
 - Wind turbines, charge controllers and inverters have to be installed outdoors.
 - Wait until a calm day to install or perform maintenance on your Turbine with activation of brake.
 - Listen to your Turbine, if you hear any mechanical noise, maintenance may be required, please contact your Turbine dealer.
 - After installation re-adjust and tighten the screws and bolts.
 - Adhere to proper grounding techniques as established by the National Electrical Code.
 - Your Wind Turbine must be installed in accordance with this manual and local and national building code. Incorrect installation may void your warranty.
 - Wind Turbine blades spin at a potentially dangerous speed, this must be respected. Never approach a Turbine in motion.
 - Note wire size prior to wiring. Any under sizing of wire can be potentially dangerous.
 - Check the manual brake periodically.
 - Check the battery health periodically. The low battery voltage and improper connection can cause over-spin issues.

2.1.1 OPERATING & INSTALLING CONDITIONS

- Please make sure that:
 - The wind turbine system has been erected correctly by a suitably trained person.
 - All operating personnel have read and fully understood this translation of the original instructions
 - The wind turbine system is properly maintained and repaired.

2.2 SYMBOLS USED

In this Manual:

-  **IMPORTANT:** Please take a note.
-  **DANGER:** Immediate danger can cause serious injury.
-  **WARNING:** Potential Danger can cause Serious injury.
-  **CAUTION:** Potential Danger can cause moderate injury.
-  **NOTE:** Useful Tips

OTHER SIGNS USED:

-  GENERAL WARNING.
-  HIGH VOLTAGE
-  MAY START WITHOUT WARNING.
-  ENVIRONMENTAL HAZARD

SAFETY SYMBOLS

2. GENERAL

2.3 WARRANTY DETAILS

- The "General Terms of Sale and Delivery" of the manufacturer or his authorized representative apply.

2.4 PRODUCT FEEDBACK

- Please notify the manufacturer or his authorized representative about any of the following:
 - Accidents
 - Potential safety hazards associated with the wind turbine system
 - Ambiguities in this translation of the original instructions
 - Description of the wind turbine system

3.1 INTENDED USE

- The wind turbine system may only be used as a "small wind turbine system" (SWTS) to generate power in accordance with EN 61400-2.
- The wind turbine system may only be operated in accordance with the ratings and in the approved wind class (refer to the technical data).
- Observance of the original instructions and compliance with the maintenance and repair instructions are essential preconditions of use for the intended purpose.

3.2 REASONABLY FORSEEABLE MISUSE

- All forms of use which deviate from or exceed the limits of use described above are contrary to the intended purpose. The manufacturer is not liable for any damage resulting from such use.
- No liability will be accepted by the manufacturer if the equipment has been altered as well as in the event of improper assembly, installation, start-up, operation, maintenance, or repair.
- Only original parts supplied by the manufacturer are approved as spare parts or accessories. Any spare parts or accessories not supplied by the manufacturer have not been tested for operation and could be detrimental to reliability. No liability will be accepted by the manufacturer for any damages which result from the use of non-approved spare parts or accessories.
- Reasonably foreseeable misuse includes:
 - Operation outside the manufacturer's specification.
 - All modifications or changes to the wind turbine system without the manufacturer's written approval!
 - Use of parts other than ATLAS X original parts.
 - Operation in non-approved SWTS classes.
 - Operation in strong winds or hurricanes.

3.3 SYSTEM COMPONENTS



ATLAS X



CHARGE CONTROLLER



BATTERY



INVERTER

3. TECHNICAL DESCRIPTION

✓
NOTE: Several Batteries can be connected in Parallel
Or series depending upon the system voltage.

3.4 WIND TURBINE COMPONENTS

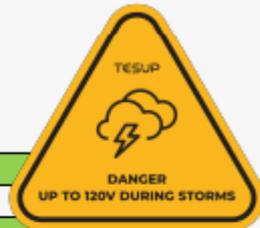


3. TECHNICAL DESCRIPTION

Sr. No.	Description	Quantity
1	Turbine Blades	12
2	Bottom Flange	1
3	Mounting base	1
4	Wing Support	24
5	Mounting Shaft	1
6	Top Flange	1

PART LIST TABLE

4.1 PARAMETER & DIMENSIONAL DETAILS



SPECIFICATIONS	
DESIGNATION	12V to 48V
GENERATOR	
TYPE	4KW vertical axis wind permanent magnet generator
WEIGHT	23kg (51lbs)
MAX. POWER	4 KW
OPERATING CIRCUIT VOLTAGE	0-100V
CURRENT	3-Phase
START OF CHARGING	3m/s
BASE PLATE MATERIAL	Sheetmetal
DIRECTION OF ROTATION	Clockwise
TEST STANDARDS	EN 61000-6-1 (electromagnetic compatibility - immunity) EN 61000-6-3 (electromagnetic compatibility - emissions)
ROTOR BLADES	
MATERIAL	Composites
HUB FLANGE	Aluminum
DIAMETER	525 mm (1.72 Feet)
WEIGHT PER ROTOR BLADES	650 g (1.43 lbs)
DIRECTION OF ROTATION	Clockwise
STARTING WIND SPEED	3 m/s
NO. OF BLADES	12
MAX RPM	650
MAX SPEED	50m/s
NOISE	30 dB

4. PARAMETER & DIMENSIONS

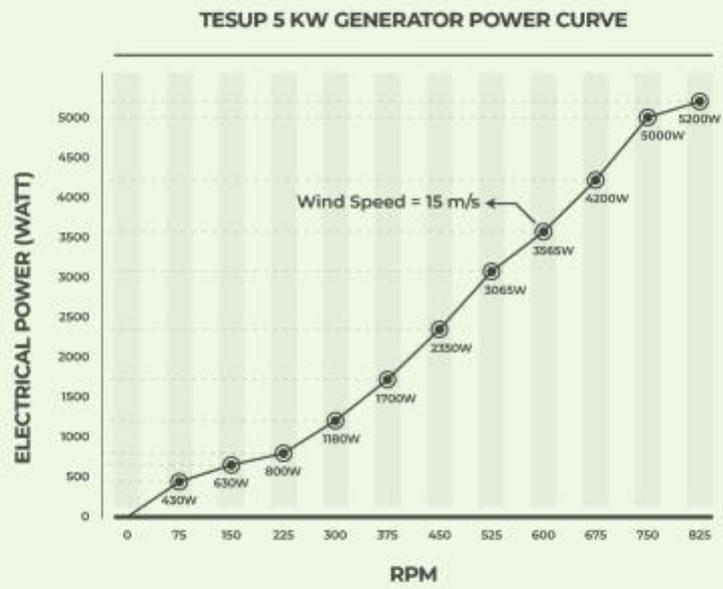


PARAMETERS

WARNING: If a hurricane scale III (50-58 m/s) or above occurs, please cover wind turbine blades.



4.1.1 POWER CURVE



POWER CURVE

4.2 GENERAL ARRANGEMENT



4. PARAMETER & DIMENSIONS



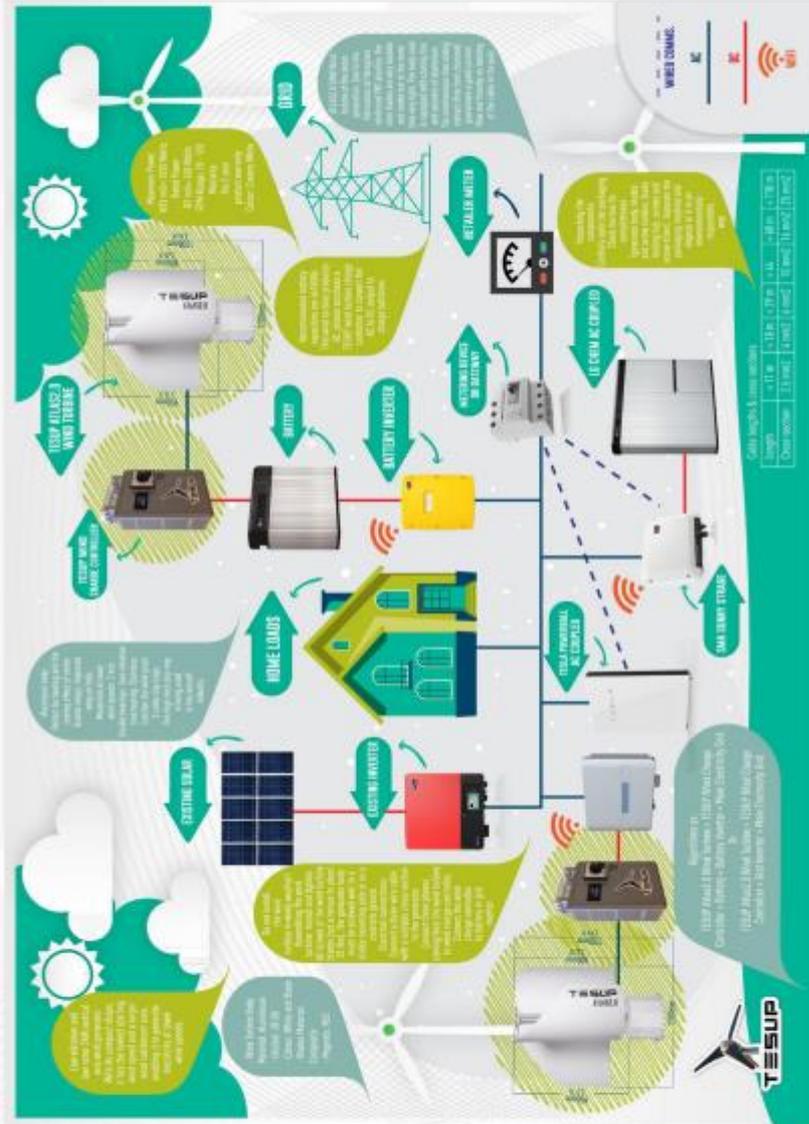
NOTE: DIMENSIONS ARE IN mm (ft)

5.1 TECHNICAL DETAILS

- The Wind Turbine Charge Controller from TESUP is an intelligent controller which controls the wind turbine. It safely and efficiently charges and control your battery with the wind generator combination.
- With its discreet appearance and simple operation with integrated protection functions, this device has high efficiency and no-load losses. The version of the controller will significantly increase the life and sustainability of all the component of the system.
- The special features and product information are listed below:
 - Use of solid-state components.
 - Manual brake function.
 - Increasing the life of the controller. Microprocessor controlled charge with integrated voltage and current limiting.
 - Dump-load is included. Modern Load dissipation system in three steps to avoid immediate blockage of turbine.
 - Resistors might be used for heating.



5.2 WIRING DIAGRAM



WIRING DIAGRAM

5. CONTROLLER

5.3 STORAGE & OPERATION

- **STORAGE:**
 - Ambient temperature: -15 to +40°C.
 - Storage location: Dry, frost-free
- **OPERATION:**
 - Ambient temperature: -25 to +40°C.
 - Place of use: Max. SWTS Class III acc. to EN 61400-2.

Our wind turbine systems can only be used as a Small Wind Turbine System (SWTS) to generate power in accordance with EN 61400-2. Our products can be used for low voltage generation purposes; voltage can be maximised to 75V with a TESUP Charge Controller. Our wind turbines should operate with a charge controller at all times. We are constantly improving our technology; our latest wind turbines can generate more than 100 volts during high winds, some products even at 10 m/s wind speed.

The TESUP Charge Controller can adjust and limit the output voltage level between 0 to 75 volts. If the inverter option is selected using the button on the TESUP charge controller, there is no maximum voltage limitation. Stickers warning of electrical danger are on our products. We do not take any responsibility for health risks associated with the use of electricity.

The Company (TESUP) is not responsible for modifications and external damages that may inhibit voltage generation. While we take utmost care to ensure that product descriptions, pictures, information and prices are correct, we do not accept any liability for any inaccuracies, errors or omissions. We do not accept any liability for any inaccuracies for incorrect usage of TESUP products. We do not take any responsibility for installation and modifications mistakes for the products which are delivered disassembled. Colours may differ slightly from those shown on the website due to limitations of internet, software and computer hardware technologies. In line with our policy of continuous product improvement, TESUP reserves the right to change, vary or make different the product specification without prior notification.

6.1 MODIFICATIONS BY THE USER

- The wind turbine system is in conformity with the European Machinery Directive 2006/42/EC provided only original ATLAS X components are used and subject to proper erection. The use of components from other manufacturers as well as modifications or changes to the wind turbine system by the user are prohibited and could render the declaration of conformity invalid!

6.2 RESIDUAL RISKS

- Any residual risks which arise because of operation or maintenance are described in the relevant sections of these instructions.

6.3 PERSONNEL REQUIREMENTS

- All work on the wind turbine system must be carried out by authorized persons! Such persons must be familiar with the safety devices and regulations prior to carrying out the work.
- Authorized persons are defined as follows:

Operating mode	Necessary qualifications
Erection	Suitably trained persons
Normal operation	Trained personnel
Cleaning	Trained personnel
Maintenance	Suitably trained persons
Repair	Manufacturer

PERSONNEL REQUIREMENT TABLE

6.4 IMPORTANT SAFETY INSTRUCTIONS

- Tighten all fasteners properly.
- Use grounding techniques as established by the NEC.
- Install turbine in accordance with this manual and local and national building codes. Failure to comply may affect and possibly void your warranty.
- Properly complete the Warranty Registration Card.
- Observe wire size and fuse recommendations listed in the Wiring Section of this manual.
- Outdoor use only .
- CAUTION: High Wind Speed - High Voltages - High Temperatures Fire Resistant Cables Only .
- Making system operational: Wind turbine, charge controller and grid inverter are all required.



WARNING: Rotating blades are a serious mechanical hazard. Install wind turbines so that no one can come into contact with blades.

7.1 SHIPPING CONDITIONS

- The wind turbine system is shipped disassembled.
- Refer to the contract documentation for the scope of supply.

7.2 PRE-REQS AT THE PLACE OF USE

- Certain pre-requisites are to be followed at the place of use.
- Specifications related to footprint, minimum clearances and installation conditions are provided, which needs to be taken care.

7.2.1 PERMISSIBLE WIND CLASS, FOOTPRINT, AND MINIMUM CLEARANCES:

- For information on local wind classes, please contact the responsible authorities or your nearest meteorological office.
- The place of use must be free of obstacles; alternatively, the wind turbine must be erected with a sufficient height (refer to Fig.). As this is specifically for home use, the location on top of the house or terrace should be good for proper functioning of the turbine.

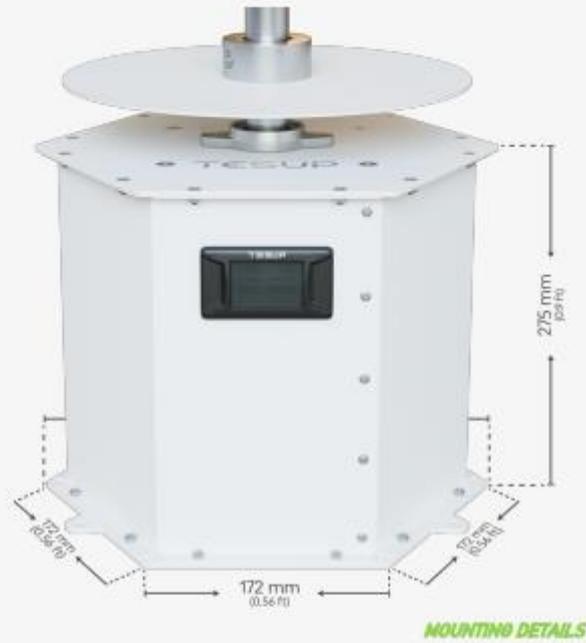


WARNING: Danger to life due to operation in non-approved wind classes!
The wind turbine system may only be operated at Class III wind sites.



NOTE: When choosing the place of use, make sure adequate room is available to tilt the tower and blades

7.2.2 Mounting Details



7. PRE-USE PREPARATION



NOTE: Use of M10 hex bolts or Anchor Fasteners recommended.

7.3 UNPACKING THE COMPONENTS

- Carefully open the packaging.
- Check the shipment for completeness (refer to the shipping documents).
- Separate the packaging material and dispose of it in an environmentally responsible way.

7.4 ASSEMBLING THE WIND TURBINE



Turbine Body:

- Take out the shaft and flanges out of the box.
- Double holes of the shaft will be down side, single hole upside.
- Use bottom and top flanges to be connected to the shaft.
- Flange screwing holes for the blades should be matched when you look at them from the top.
- Connect flange-shaft parts to the body now and use screws for the bottom hole to make it tight. Use white belts to merge the bottom and top wings.

Turbine Wings:

- Then, use blade support to connect blades to the flange.
 - There are 12 blade supports, to connect blade parts to each other from the outside of the blades.
- Connect the wing and shaft by matching the holes

SCAN TO WATCH INSTALLATION VIDEO



7. PRE-USE PREPARATION



TURBINE BODY ASSEMBLY PROCEDURE
BASE—ROD—BOTTOM FLANGE—TOP FLANGE

7. PRE-USE PREPARATION



WING AND TURBINE BODY ASSEMBLY PROCEDURE
WINGS—TURBINE BODY—ATLAS X

7.5 ELECTRICAL CONNECTIONS



- Wind Turbine has 3 phase AC connection. These connections are to be connected with TESUP Charge Controller.
- The output of the charge controller can be then connected in two ways:
 - The Output of the charge controller can be connected to the battery.
 - The Output of the charge controller can be connected to the power grid using the inverter.
- The cables from charge controller to the battery or the power grid will be DC connection.
- Cable Lengths and cross sections should be as follows:

Length	<11 m	<18 m	<29 m	<44 m	<68 m	<110 m
Cross-section	2.5 sq. mm	4 sq. mm	6 sq. mm	10 sq. mm	16 sq. mm	25 sq. mm

CABLE DETAILS



WARNING: All work on electrical equipment must be carried out by a qualified electrician with the power switched off!



NOTE: To ensure proper operation, you must use an original TESUP charge controller.

8.1 SWITCHING ON THE WIND TURBINE SYSTEM

- Unlock the emergency stop button or release the brake button on the TESUP charge controller.
- The brake is released.
- The fast-blinking red LED on the TESUP charge controller goes out.
- The wind turbine system supplies power.



NOTE: For information on operating the charge controller, refer to the separate instructions.

8.2 RESTART AFTER EMERGENCY

- Make sure the risk has been removed.
- Switch on the wind turbine system (section 8.1).

9.1 EMERGENCY SHUTDOWN

- Switch on the brake.
- The wind turbine is short-circuited via the TESUP charge controller.

9.2 TEMPORARY SHUTDOWN

- Switch on the brake.
- The wind turbine is short-circuited via the TESUP charge controller.
- This type of shutdown can occur during the stormy weather when the wind speed is higher than 27 m/s.

9.3 PROLONGED SHUTDOWN

- Switch on the brake.
- The wind turbine is short-circuited via the TESUP charge controller.

10.1 SAFETY PRECAUTIONS DURING MAINTENANCE WORK

- Shut down the wind turbine system (section 8.2).



WARNING: Risk of injury when carrying out maintenance work! X Shut down the wind turbine system prior to all maintenance work. X Take steps to prevent the wind turbine system from being switched on again by unauthorized persons.

10.2 INSPECTION & MAINTENANCE SCHEDULE

Interval	Component	Activity
Daily	Wind turbine	Check for abnormal noises
	Rotor blades	Check that the blades turn freely
	Tower	Inspect for damage
Yearly twice / at end of winter or after extreme weather events	Rotor blade	Inspect for cracks / damage and if necessary, replace
		Treat with underbody protection wax
		Are the rotor blades balanced?
	Mounting Base	Check for vibration
		Check the guy wires
		Is the Base mounted properly?
Wind turbine	Check the bolts	
Electrical wiring	Inspect the cables for damage	

INSPECTION SCHEDULE



WARNING: Shut down the wind turbine system immediately if the rotor blades or the electrical wiring are damaged.

- Refer to the supplementary documents for information on maintaining supplier components.

10.3 MAINTENANCE & CLEANING BY THE USER

- Coat the wind turbine and the rotor blades regularly with commercially available.



NOTE: A wax film protects the surfaces of the wind turbine and the rotor blades from the weather and increases the efficiency of the blades.

11.1 FINAL DECOMMISSIONING OF WIND TURBINE



WARNING: Risk of injury due to unqualified dismantling, e.g.

- Persons without suitable training
 - Stored energy
 - Breakage during dismantling Important note on dismantling and disposal.
 - The system must be dismantled in the proper way by a suitably qualified person.
-
- Shut down the wind turbine system (section 8).
 - Have the electrical systems and equipment removed from service by a qualified electrician.
 - Make sure all rotors are braked.
 - Carefully tilt the tower.
 - On the ground: Detach the rotor blades from the generator.
 - Detach the generator from the tower and disconnect the electrical wiring.

11.2 DISPOSAL OF WIND TURBINE SYSTEM & COMPONENTS

- Where necessary, dispose of the individual components in consultation with the responsible local authorities.

Wind turbine system	
Wiring, electrical components	Dispose of as electronic scrap
Mechanical components	Segregate prior to disposal

DISPOSAL DETAIL TABLE

DECLARATIONS

TESUP

01.01.2020 EC / EU Declaration of Conformity
As defined by the Directives
2006/42/EC, 2014/35/EU and RoHS 2011/65/CE

The manufacturer:

TESUP Global AS

Declares under its own responsibility that the following products:

Product: Wind Turbines; ATLAS2.0, ATLASX, MasterX, MAGNUMS
Type designation: Up to 5000 W
Model Names: ATLAS2.0, ATLASX, MASTERX, MAGNUMS

Product: Flexible Solar Panel; T205F
Type designation: Up to 205 W
Model Name: T205F

Product: Wind Turbine Charge Controller; TESUP-CC, TESUP-CC-12
Type designation: Up to 5000 W
Model Names: CC, CC-12, TESUP-CC, TESUP-CC-12

Product: Wind Turbine Mounting Pole
Type designation: 1 meter high
Model Name: MP

Is in conformity with all provisions of the following EC / EU Directives:

- 2006/42/EC Directive 2006/42/EC OF THE European Parliament and of the Council of 17 May 2006 on machinery and amending Directive 95/16/EC (recast) (1);
- 2014/35/EU Directive 2014/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility (recast);
- RoHS 2011/65/CE Directive 2011/65/EU on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment (EEE). It replaced the first EU RoHS directive 2002/95/EC (RoHS 1) and entered into force on 21 July 2011 (recast)

The following harmonised standards were applied:

- EN ISO 12100: 2011-03 Safety of machinery – General principles for design – Risk assessment and risk reduction
- EN 60204-1: 2006/AC:2010 Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements EN 61400-2: 2014 Wind turbines – Part 2: Small wind turbines
- EN 61000-6-1: 2007-10 Electromagnetic compatibility (EMC) – Immunity standard for residential, commercial and light-industrial environments
- EN 61000-6-3: 2011-09 Electromagnetic compatibility (EMC) – Emission standard for residential, commercial and light-industrial environments

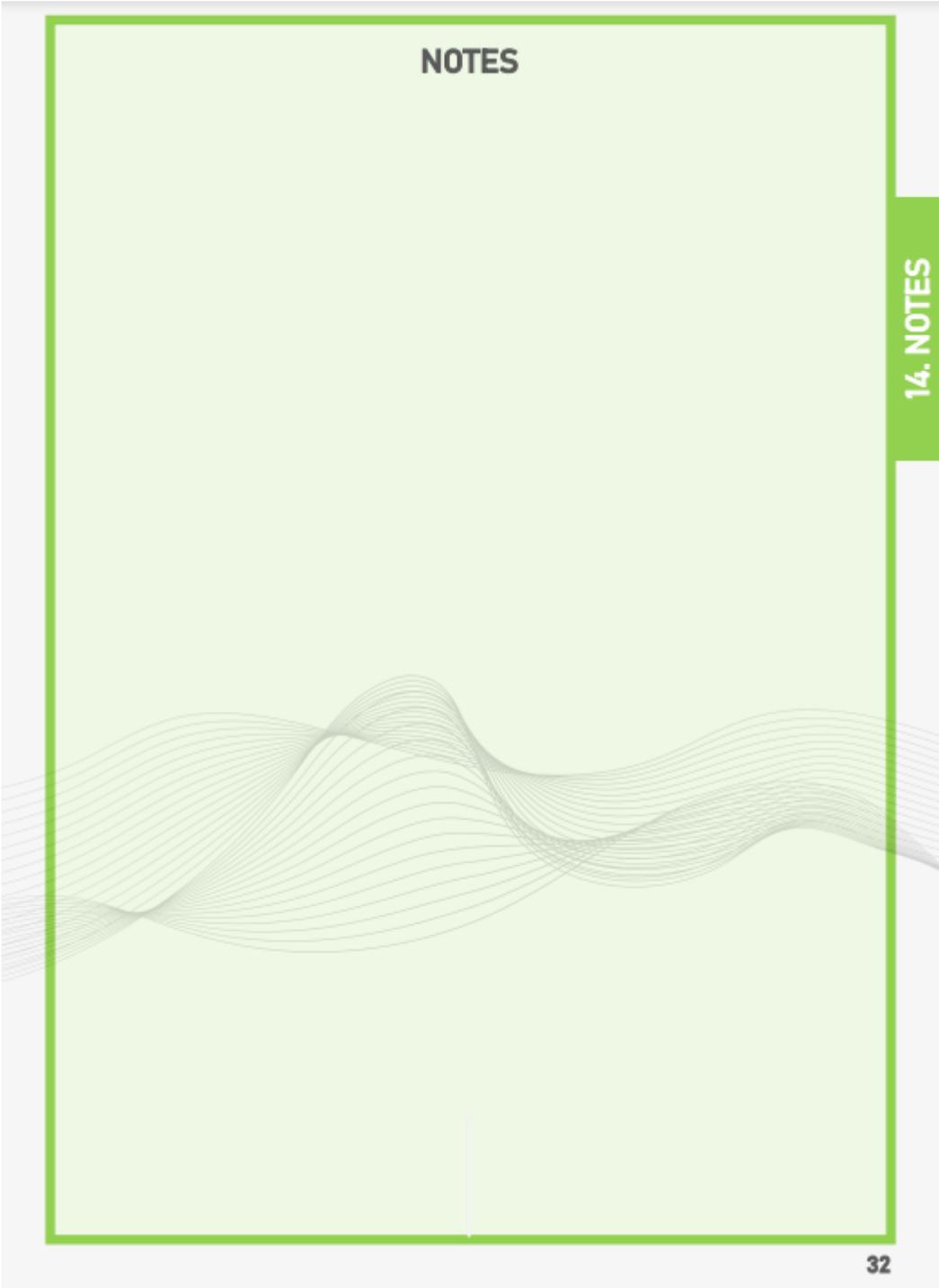
12. DECLARATION

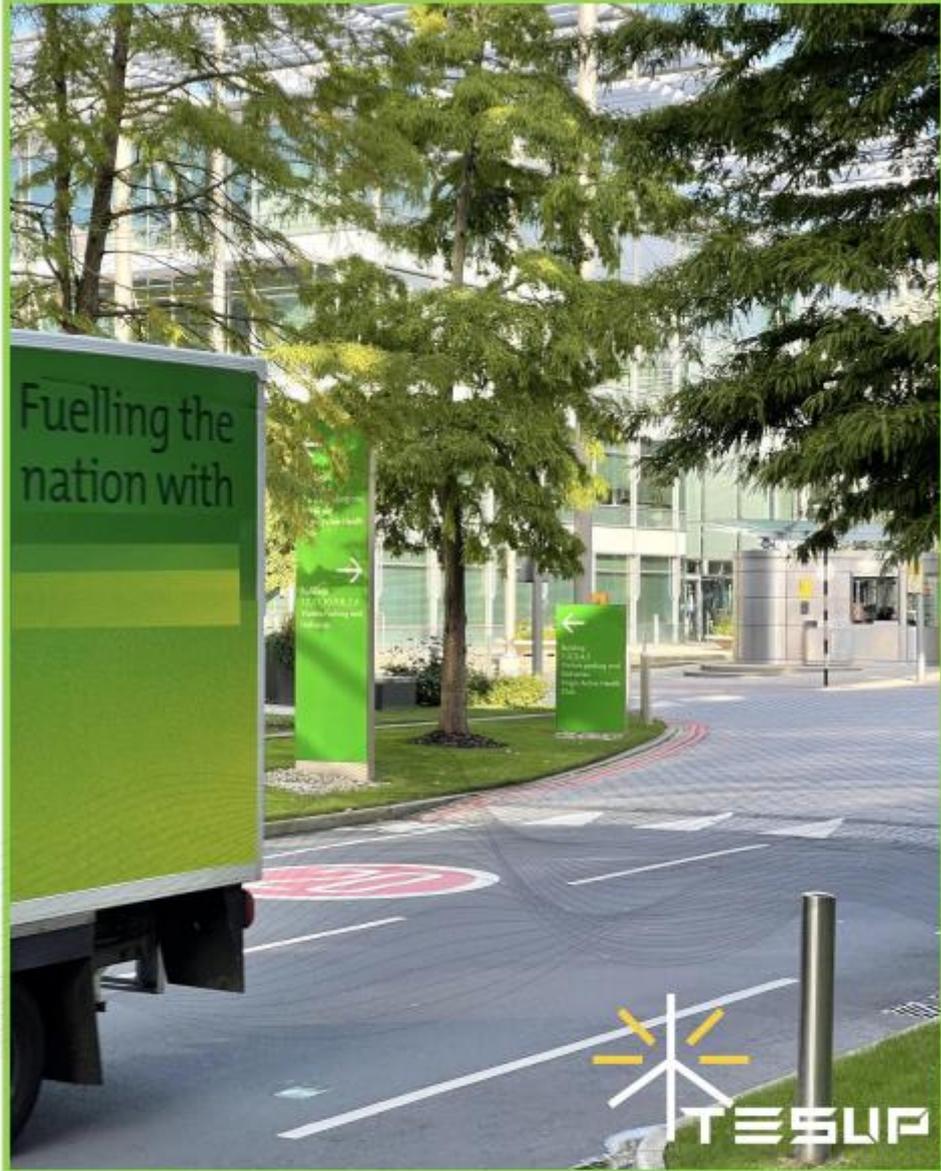
LIST OF TABLES & FIGURES

- PAGE 6 : SAFETY SYMBOLS
- PAGE 9: PARTLIST TABLE
- PAGE 10: PARAMETERS
- PAGE 11: POWER CURVE
- PAGE 14 : WIRING DIAGRAM
- PAGE 16: PERSONNEL REQUIREMENT TABLE
- PAGE 19: MOUNTING DETAILS
- PAGE 23: CABLE DETAILS
- PAGE 26: INSPECTION TABLE
- PAGE: 28: DISPOSAL DETAIL TABLE

NOTES

14. NOTES





HEADQUARTERS



TESUP HEADQUARTERS, 22 SUTTON LANE
NORTH CHISWICK, LONDON W4 4LD
UNITED KINGDOM

ANEXO C – SUNOVA SOLAR



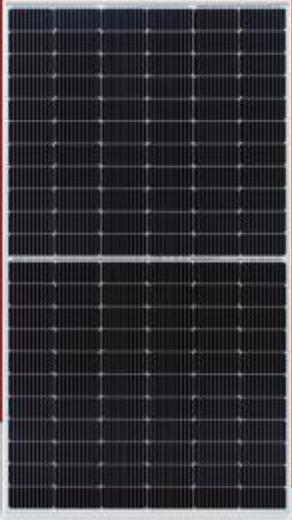
SUNOVA SOLAR

Leading one-stop PV Supplier

HI-M10

490-505W

Módulo Mono PERC Half-Cell de Alta Eficiência





Excelente desempenho com baixa irradiação



Melhor retenção de luz e coleta de corrente para melhorar a saída de energia e a confiabilidade do módulo



Líder do setor com menor coeficiente térmico de energia



Projeto elétrico otimizado e menor corrente de operação para redução da perda de pontos quentes e melhor coeficiente de temperatura.

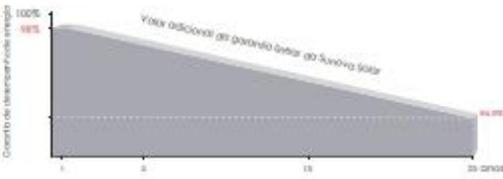


Certificado para suportar carga de vento (2400 Pa) e carga de neve (5400 Pa)



Teste EL tripla de 100%, permitindo uma redução notável da taxa de rachaduras ocultas dos módulos

GARANTIA DE DESEMPENHO LINEAR



15 anos

Garantia de Produto

25 anos

Garantia de Eficiência

0.55 %

Degradação Anual:
Mais de 25 anos

CERTIFICADOS ABRANGENTES







ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade

ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental Padrão

OHSAS 18001: Sistema Internacional de Avaliação de Saúde e Segurança Ocupacional Padrão

* Os nomes marcados são diferentes requisitos de certificação. Além disso, os produtos estão em constante evolução. Consulte o site de certificação para os representantes de produtos específicos.

SEGURO DE DESEMPENHO





Make it happen

www.sunova-solar.com

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

132 células

Modelo dos módulos	SS-490-66MDH SS-490-66MTF		SS-495-66MDH SS-495-66MTF		SS-500-66MDH SS-500-66MTF		SS-505-66MDH SS-505-66MTF	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Potência máxima – P_{mp} (W)	490	365	495	369	500	373	505	376
Voltagem de circuito aberto – V_{oc} (V)	45.25	42.54	45.34	42.61	45.43	42.71	45.54	42.79
Corrente de curto-circuito – I_{sc} (A)	13.71	11.11	13.78	11.17	13.85	11.24	13.95	11.31
Tensão máxima de energia – V_{mp} (V)	37.27	34.66	37.34	34.72	37.41	34.79	37.53	34.86
Corrente de potência máxima – I_{mp} (A)	13.15	10.54	13.26	10.63	13.37	10.73	13.46	10.79
Eficiência do Módulo – η_{m} (%)	20.6%		20.8%		21.1%		21.3%	
Tolerância de energia (W)	(0,+5)							
Tensão máxima do sistema (V)	1500							
Corrente nominal máxima do fusível (A)	25							
Temperatura de operação atual (°C)	-40/+85°C							

STC (Condições de Teste Padrão): Irradiância 1000 W/m², Temperatura da Célula 25 °C, Espectro em AM1.5

NOCT (Temperatura Nominal da Célula de Operação): Irradiância 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Espectro em AM1.5, Vento em 1m/s

CARACTERÍSTICAS ESTRUTURAIS

Dimensões do módulo (C*L*A)	2094 x 1134 x 35 mm
Largura	26.3 kg
Número de células	132 células
Célula	PERC Monocristalino 182x91 mm
Vidro	Temperado, 3,2 mm AR, alta transmitância, baixo ferro
Quadro/Armação	Liga de alumínio anodizado
Caixa de junção	IP68
Fio de saída	4,0 mm ² , comprimento do fio: 300 mm ou comprimento personalizado
Conector	Compatível com MC4
Carga mecânica	Carga de neve: 5400 Pa / Carga de vento: 2400 Pa

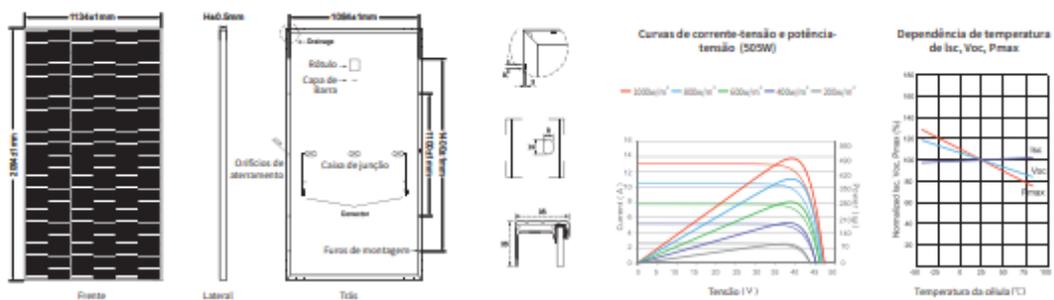
CLASSIFICAÇÕES DE TEMPERFORMANCE

Coefficiente de temperatura (P_{max})	-0.35 %/°C
Coefficiente de temperatura (V_{oc})	-0.28 %/°C
Coefficiente de temperatura (I_{sc})	+0.045 %/°C
Temperatura nominal da célula de operação	45±2 °C

CONFIGURAÇÃO DA EMBALAGEM

Recipiente	40HQ
Quantidade/paleta	31
Paletes/contêiner	22
Quantidade/recipiente	682

DIMENSÕES DO MÓDULO (MM)



SUNOVA SOLAR
Leading the way for better

Web: www.sunova-solar.com

E-mail: info@sunova-solar.com

* Os parâmetros técnicos contidos nesta ficha técnica podem apresentar pequenas diferenças para a Sunova não garante que sejam totalmente precisos. Devido à contínua inovação, pesquisa e desenvolvimento e melhoria do produto, a Sunova reserva-se o direito de alterar as informações desta ficha técnica a qualquer momento sem aviso prévio. O cliente deve obter a versão mais recente da ficha técnica ao assinar o contrato e torná-la parte integrante do contrato vinculativo assinado por ambas as partes. Os arquivos de tradução para chinês (ou outro idioma) desta ficha de dados são apenas para referência. Se houver alguma inconsistência entre a versão em inglês e a versão em chinês (ou outros idiomas de idioma), a versão em inglês prevalecerá.

Make it happen

SD20220500IPT

APÊNDICE A - PROGRAMAÇÃO PARA O ARDUINO

Para a obtenção dos dados do aerogerador vertical foi utilizado a seguinte programação para o Arduino:

```
//
=====
=====

// --- Bibliotecas Auxiliares ---
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

//
=====
=====

// --- Definições ---
#define OLED_RESET 4
Adafruit_SSD1306 display(OLED_RESET);

#if (SSD1306_LCDHEIGHT != 64)
#error("Height incorrect, please fix Adafruit_SSD1306.h!");
#endif

//
=====
=====

// --- Variáveis Globais ---
float volt;
float corrente;
float potencia;
float sensibilidade = 0.185;
```

```
//  
=====
```

```
=====
```

```
    // --- Configurações Iniciais ---  
    void setup()  
    {  
  
        display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3C); //Inicializa OLED com  
endereço I2C 0x3C (para 128x64)  
        display.clearDisplay();  
        display.display();  
  
    } //end setup
```

```
//
```

```
=====
```

```
=====
```

```
    // --- Loop Infinito ---  
    void loop()  
    {  
  
        display.setTextSize(0);  
        display.setTextColor(WHITE);  
  
        display.print(volt);  
        display.print(" V");  
        display.setCursor(0,0);  
  
        display.print(corrente);  
        display.print(" A");  
        display.setCursor(0,10);
```

```
display.print(potencia);  
display.print(" W");  
display.setCursor(70,0);  
display.display();
```

```
corrente = (analogRead(A1)*1/1024.0);  
volt = (analogRead(A0)*5.0)/1024.0;  
potencia = abs(corrente * volt);  
delay(1500);  
display.clearDisplay();
```

```
} //end loop"
```