

## CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal  
de Campina Grande

NATÃ DE MACÊDO SILVA

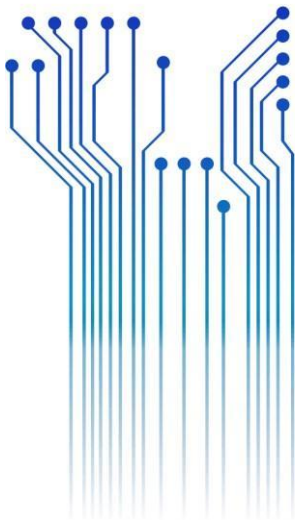


Centro de Engenharia  
Elétrica e Informática



Departamento de  
Engenharia Elétrica

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO  
DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA



Campina Grande, PB

Maior de 2024

DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA

Relatório de Estágio Supervisionado  
submetido à Coordenação do Curso de  
Graduação em Engenharia Elétrica da  
Universidade Federal de Campina Grande  
como parte dos requisitos necessários para a  
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no  
Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Eletrotécnica

Professor Edgar Roosevelt Braga Filho, D.Sc.

*Orientador*

Campina Grande, PB

Maio de 2024

Área de Concentração: Eletrotécnica

Aprovado em        /        /

---

Prof<sup>o</sup> Doutor Célio Anésio da Silva  
*Professor Avaliador*

---

Prof<sup>o</sup> Doutor Edgar Roosevelt Braga Filho, D.Sc.  
*Professor Orientador*

Campina Grande, PB  
Maio de 2024

*Dedico este trabalho ao meu avô, Acúrcio de Macêdo Neto, em memória.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, à minha mãe Joelma, mulher guerreira que sempre me incentivou a buscar nos estudos e no trabalho, uma oportunidade de satisfação própria e crescimento pessoal.

À minha noiva, Juanne, que sempre acreditou em mim e no meu potencial. Que me alegrou quanto estive triste, e que me motivou quando estive sem ânimo, ofereceu amor e carinho e hoje constitui um pilar essencial em minha vida.

A meu primo, Adson, que com certeza foi uma grande inspiração, com seus significativos conhecimentos em tecnologias.

À minha família residente em Campina Grande, em especial aos meus tios, Ancilete e Edson, que ofereceram todo apoio necessário para que eu pudesse me estabilizar na cidade e fazer a graduação.

À família da minha noiva, em especial ao meu sogro Mercus e minha sogra Solange, que me acolheram com todo carinho, e me apoiaram durante minha jornada acadêmica.

Aos meus colegas de curso, em especial Daniel, por todas as brincadeiras, anedotas intelectuais e trocadilhos, que tornaram a graduação bem mais leve e divertida.

Ao professor Edgar, que me orientou e guiou, durante a elaboração deste trabalho.

À empresa Dalpra Representação, pela oportunidade, bons momentos vivenciados e pelo aprendizado adquirido.

E ao excelente curso de Engenharia Elétrica de graduação oferecido na UFCG, que apesar de bastante complicado, me possibilitou ver o mundo de uma forma mais crítica, me trouxe conhecimentos extremamente valiosos e me tornou sobretudo um bom “aprendedor” para a vida.

*“Sem o elemento do prazer, não vale a pena tentar se destacar em nada”*

Magnus Carlsen.

## RESUMO

Neste documento, apresentado sob a forma de relatório, descreve-se de maneira sequencial as principais atividades desenvolvidas pelo graduando junto à empresa DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA, na cidade de Campina Grande, correspondente ao estágio discente, prestado durante os meses de novembro a janeiro, do ano antecedente e em curso (11/2023 - 01/2024), perfazendo uma carga horária de duzentos e quarenta e seis horas (246 hr.). Com ênfase na área de eletrotécnica, os trabalhos levados a efeito na empresa foram direcionados às tarefas de elaboração de propostas, implantações de pedidos, análise e dimensionamento de projetos de captação fotovoltaica e acompanhamento pós-venda. Neste sentido, tal documento expõe os fundamentos deste tipo de aproveitamento energético, principais componentes do sistema desenvolvido quando do estágio, bem como, detalhamento de etapas até seu dimensionamento final, consoante com pressupostos técnico-econômico do projeto e demanda requerida.

**Palavras-chave:** Geradores Fotovoltaicos; Dimensionamento; Solar.

## ABSTRACT

In this document, presented in the form of a report, the main activities carried out by the graduate with the company DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA, in the city of Campina Grande, corresponding to the student internship, carried out during the months of November to January, of the previous and current year (11/2023 - 01/2024), totaling two hundred and forty-six hours (246 hr.). With an emphasis on the electrical engineering area, the work carried out in the company was directed towards the tasks of preparing proposals, implementing orders, analyzing and sizing photovoltaic capture projects and post-sales monitoring. In this sense, this document sets out the fundamentals of this type of energy use, the main components of the system developed during the internship, as well as details of the stages until its final dimension, depending on the project's technical-economic assumptions and required demand.

**Keywords:** Photovoltaic Generators; Sizing; Solar.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Logomarca da DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA	16
Figura 2 - Logomarca da WEG	16
Figura 3 - Esquema de instalação de sistema fotovoltaico do tipo off-grid da WEG	20
Figura 4 - Esquema de instalação de sistema fotovoltaico do tipo on-grid da WEG	21
Figura 5 - Esquema básico de composição de um módulo fotovoltaico	23
Figura 6 - Esquema básico de composição de um módulo fotovoltaico bifacial	24
Figura 7 - Gráfico contendo curvas I-V e P-V em módulo fotovoltaico	24
Figura 8 - Eficiência em função da potência para módulos fotovoltaicos produzidas com células solares de silício (a) monocristalino e (b) policristalino	25
Figura 9 - Gráfico I-V para diferentes níveis de irradiação	29
Figura 10 - Influência do sombreamento para a geração fotovoltaica em curva V-I	32
Figura 11 - Influência da temperatura na curva V-I	33
Figura 12 - Valores médios de irradiação para a cidade de Campina Grande	34
Figura 13 - Gráfico de colunas, com as irradiações global horizontal, no plano inclinado para ângulo ótimo (ângulo de inclinação 7° e desvio azimutal de 0°), e componentes de irradiação direta e difusa	34
Figura 14 - Curva de irradiação inclinada para coordenadas na cidade de Campina Grande	35
Figura 15 – Fotografia de escritório da DALPRA REPRESENTAÇÕES	43
Figura 16 - Etapas da consolidação de vendas na DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA	43
Figura 17 - Plataforma de <i>e-commerce</i> Easy da WEG	45
Figura 18 - Planilha dos representantes e integradores para montagem de kits FV	46
Figura 19 - Captura de tela de treinamento sobre linha de alternadores síncronos	49
Figura 20 - Diferentes tipos de irradiações, para as coordenadas geográficas da edificação	53
Figura 21 - Irradiação inclinada corrigida p/ ângulo de 19° e desvio azimutal de 9°	53
Figura 22 - Irradiação inclinada corrigida p/ ângulo de 19° e desvio azimutal de 171°	54
Figura 23 - Informações da folha de dados do módulo monocristalino 550 Wp JA SOLAR	56
Figura 24 - Informações da folha de dados do inversor SIW 200G M070 W0	58
Figura 25 - Listagem de itens do kit gerador fotovoltaico 8,8 kWp	61
Figura 26 - Fotografia feita com drone dos módulos de 550 Wp JA SOLAR instalados	62
Figura 27 - Fotografia de inversor WEG modelo SIW200G M070 W0 instalado	63

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Consumos mensais	51
Tabela 2 - Modelos de módulos disponíveis e número de módulos necessários	54
Tabela 3 - Modelos de inversores, potência e carregamento	57

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

B2B	<i>Business to business</i>
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
CEP	Código de endereçamento postal
EVA	Etileno acetato de vinila
FV	Fotovoltaico
GD	Geração distribuída
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
kWp	Quilowatt de potência de pico
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
OV	Ordem de venda
SFV	Sistemas fotovoltaicos
SFCR	Sistemas fotovoltaicos conectados à rede
STC	<i>Standard Test Conditions</i>
SWERA	<i>Solar and Wind Energy Resource Assessment</i>

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	10
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	11
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b> .....	12
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Objetivos</b> .....	15
<b>1.1.1 Objetivo Geral</b> .....	15
<b>1.1.2 Objetivos Específicos</b> .....	15
<b>1.2 Estrutura do Relatório</b> .....	15
<b>2. A EMPRESA</b> .....	16
<b>3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	18
<b>3.1 Sistemas de Geração Fotovoltaica</b> .....	18
<b>3.1.1 Classificação de Sistemas Fotovoltaicos</b> .....	18
<b>3.1.1.1 Sistema Autônomo (<i>off-grid</i>)</b> .....	18
<b>3.1.1.2 Sistema Conectado à Rede (<i>on-grid</i>)</b> .....	20
<b>3.2 Tecnologias Fundamentais para Sistemas Fotovoltaicos</b> .....	21
<b>3.2.1 Células Fotovoltaicas</b> .....	21
<b>3.2.2 Módulos Fotovoltaicos</b> .....	22
<b>3.2.3 Inversores</b> .....	26
<b>3.3 Análise de Fatores que Influenciam a Geração Fotovoltaica</b> .....	27
<b>3.3.1 Irradiação Solar</b> .....	28
<b>3.3.2 Ângulo de Latitude</b> .....	30
<b>3.3.3 Desvio Azimutal</b> .....	31
<b>3.3.4 Sombreamento</b> .....	31
<b>3.3.5 Temperatura</b> .....	32
<b>3.4 Curvas de Irradiação</b> .....	33
<b>3.5 Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica</b> .....	35
<b>3.5.1 Análise de Cenário e Coleta de Dados</b> .....	35
<b>3.5.2 Potência Fotovoltaica</b> .....	37
<b>3.5.3 Dimensionamento de Módulos</b> .....	38
<b>3.5.4 Dimensionamento de Inversor</b> .....	38

<b>4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS .....</b>	<b>43</b>
<b>4.1 Elaboração de Propostas Técnico-Comerciais.....</b>	<b>46</b>
<b>4.2 Implantação de Pedidos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.3 Treinamentos .....</b>	<b>48</b>
<b>4.4 Reuniões.....</b>	<b>50</b>
<b>4.5 Análise, Adequação e Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica .....</b>	<b>50</b>
<b>4.6 Acompanhamento de Pedidos em Carteira.....</b>	<b>64</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O estágio é definido como o período de prática que precede certas profissões, ou seja, o período no qual o acadêmico pode executar na prática as teorias estudadas em sala de aula até aquele momento (ESTÁGIO, 2003).

Assim, o estágio curricular constitui uma importante etapa na formação do aluno de ensino superior, possibilitando a integração dos conhecimentos teóricos adquiridos na jornada acadêmica, à prática profissional. Trata-se de um componente essencial e de caráter obrigatório, e o cumprimento de sua carga horária é requisito para aprovação e obtenção do diploma de bacharel em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande.

O presente trabalho descreve as atividades desempenhadas pelo graduando Natã de Macêdo Silva, estudante de Engenharia Elétrica, durante seu estágio na empresa DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA, situada em Campina Grande, Paraíba. O estágio ocorreu no período de 19 de novembro de 2023 a 15 de janeiro de 2024, com uma carga horária de 30 horas semanais, totalizando 246 horas ao longo do período. As atividades realizadas durante o estágio foram supervisionadas pelo engenheiro eletricitista Adones Tafarel Dalpra.

As atividades estiveram diretamente ligadas ao setor comercial, abrangendo a comercialização de produtos do portfólio da empresa global WEG, desde componentes para geração solar fotovoltaica, máquinas elétricas comerciais e industriais até soluções digitais, como soft-starters, IHM (Interface Homem-Máquina) e sensores, entre outros. Além disso, tarefas voltadas à gestão, como levantamento de informações de vendas e pedidos, análises e planejamento estratégico, assim como ações relacionadas à prospecção de novos clientes.

Destaca-se a execução de atividades técnicas, como a elaboração de propostas técnico-comerciais abrangendo uma variedade de produtos, com ênfase particular no segmento da WEG SOLAR, onde foram conduzidos dimensionamentos de sistemas fotovoltaicos com o intuito de personalizar soluções de acordo com as especificações dos clientes, bem como considerando quaisquer restrições e condições limitantes pertinentes. Em consonância com essa abordagem operacional, foi fundamental realizar uma análise aprofundada do tema, a fim de alcançar uma compreensão minuciosa dos aspectos relacionados à geração de energia solar fotovoltaica.

Em suma, tais experiências e atividades desenvolvidas remetem e demonstram conceitos aprendidos ao longo da graduação, possibilitando a sua aplicação prática dentro do ramo empresarial.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O objetivo principal do estágio é aplicar os conhecimentos técnicos adquiridos ao longo do curso da graduação para atender as exigências da disciplina Estágio Curricular Supervisionado. O presente relatório tem a função de apresentar e descrever todas as atividades desenvolvidas pelo estagiário no período em que esteve na empresa DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

Durante o período de estágio, o aluno foi designado principalmente para desempenhar as seguintes atividades:

- Elaborar propostas técnico-comerciais de produtos do portfólio WEG;
- Analisar, dimensionar e adequar propostas de projetos de sistemas fotovoltaicos;
- Realizar implantação de pedidos no sistema;
- Acompanhar pedidos em carteira e atender solicitações em garantia.

## **1.2 Estrutura do Relatório**

O presente estudo é composto de cinco capítulos que descrevem a trajetória detalhada do estágio, compreendendo as atividades realizadas durante a vigência. Assim, a organização está definida por:

- Capítulo 1: Introdução sobre o estágio supervisionado e os objetivos desenvolvidos neste estágio;
- Capítulo 2: Informações sobre a empresa concedente do estágio;
- Capítulo 3: Embasamento teórico a respeito das informações técnicas empregadas na realização das atividades desenvolvidas;
- Capítulo 4: Apresentação das atividades realizadas durante a vigência do estágio curricular supervisionado;
- Capítulo 5: Considerações finais acerca da temática apresentada.

## 2. A EMPRESA

A DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA é uma empresa fundada em Jaraguá do Sul em Santa Catarina em abril de 2023. Logo após sua abertura, a empresa migrou para a Paraíba e passou a ser sediada em Campina Grande, localizada na Rua Vigário Calixto, 1754, sala 102, no bairro Catolé.

A empresa possui dois sócios proprietários, ambos engenheiros eletricitas, Adones Tafarel Dalpra e Maria Luiza Stein, atuando como representantes comerciais e agentes do comércio de máquinas, equipamentos, embarcações e aeronaves.

Na Figura 1 é ilustrada a logomarca da empresa.

Figura 1 – Logomarca da DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA.



Fonte: Autor (2024)

Dentro dos setores de atuação, a DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA atua como representante comercial exclusivo do grupo WEG, grupo este com presença global, contando com filiais comerciais em 37 nações. Em virtude desta extensa abrangência, no Brasil a companhia opera por meio de representações comerciais (núcleos que trabalham de maneira autônomas vendendo produtos da WEG), visando estabelecer uma maior proximidade com seus clientes. A Figura 2 exemplifica a logo da empresa WEG.

Figura 2 – Logomarca da WEG.



Fonte: WEG, disponível em: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/>



A representação comercial desempenha um papel crucial no cenário empresarial contemporâneo, pois constitui um elo estratégico entre o fabricante e os consumidores, facilitando a introdução de produtos ou serviços no mercado, a maximização de vendas e a construção de relacionamentos duradouros com os clientes.

A empresa DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA atua de maneira oficial como representante comercial em diversas áreas de produtos da WEG, no estado da Paraíba. Algumas destas, são:

- Controls;
- Drives e Soft Starters;
- Estação de Recarga para Veículo Elétrico;
- Fontes de Alimentação / Linha Safety / Sensores Industriais;
- Motores;
- Sistemas Fotovoltaicos;
- Soluções Digitais;
- Transformadores.

Durante o período de atuação, observou-se um grande potencial na região relacionado à área de sistemas fotovoltaicos (SFV). Sendo assim, com dedicação, e capaz de oferecer um bom atendimento e produtos de alta qualidade, a DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA conseguiu se consolidar no setor B2B, e hoje possui como cliente diversas empresas e integradores no ramo solar. Atualmente esta área é destaque e possui a contribuição mais significativa na carteira da empresa.

## 3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 3.1 Sistemas de Geração Fotovoltaica

O marco inicial na história da energia solar fotovoltaica pode ser atribuído ao físico francês Alexandre-Edmond Becquerel, que em 1839, observou o Efeito Fotovoltaico que implica no aparecimento de uma diferença de potencial nos terminais de uma célula eletroquímica causada pela absorção de luz. Em 1876 foi concebido o primeiro aparato fotovoltaico advindo dos estudos da física do estado sólido, e apenas em 1956, iniciou-se a produção industrial, seguindo o crescimento da área da eletrônica (Pinho e Galdino, 2014).

Atualmente, a geração fotovoltaica está experimentando um crescimento sem precedentes em todo o mundo. A capacidade instalada de energia fotovoltaica tem aumentado significativamente em muitos países, com os SFVs sendo implementados em residências, empresas, instalações industriais e até mesmo em projetos de grande escala, como usinas solares. Além disso, políticas de incentivo, subsídios e metas de energia renovável têm desempenhado um papel crucial na promoção do crescimento da geração fotovoltaica em muitas regiões.

O desenvolvimento de tecnologias mais eficientes e duráveis, juntamente com a integração de sistemas de armazenamento de energia, está aumentando a viabilidade e a confiabilidade da energia solar fotovoltaica como uma fonte de eletricidade acessível e sustentável. No entanto, ainda existem desafios a serem superados, como a necessidade de expandir a infraestrutura de rede para acomodar a GD e garantir uma transição suave para uma matriz energética mais limpa e descentralizada.

#### 3.1.1 Classificação de Sistemas Fotovoltaicos

Dentro desse contexto, existem duas principais categorias de sistemas:

- Sistemas *on-grid*;
- Sistemas *off-grid*.

##### 3.1.1.1 Sistema Autônomo (*off-grid*)

Os SFVs autônomos também conhecidos como sistemas isolados são frequentemente adotados para atender a necessidades específicas como a de fornecer energia para áreas remotas ou de difícil acesso, onde a infraestrutura da rede elétrica convencional é limitada ou

inexistente, apesar de seu uso não ser restrito para locais sem acesso à rede, ou com acesso limitado.

Os principais componentes de um sistema off-grid são os painéis fotovoltaicos, controladores de carga, baterias e inversores de frequência (Ghafoor; Munir, 2015).

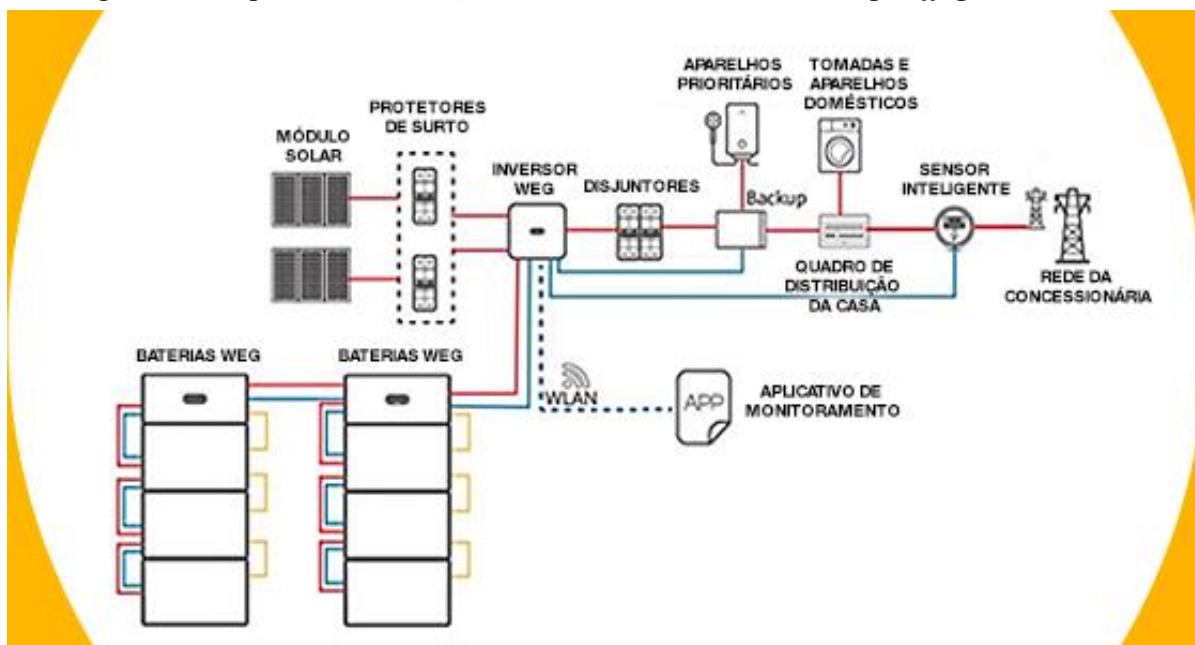
Os módulos ou painéis, são responsáveis pela geração da energia, por meio do Efeito Fotovoltaico em que é fornecido ao sistema corrente elétrica contínua (CC). A energia gerada, portanto, pode ser utilizada para cargas com alimentação deste tipo. Já para cargas que possuem alimentação em corrente alternada (CA), a energia gerada em CC precisa ser convertida em CA por meio de inversores que atuarão fornecendo a tensão e frequência adequada aos aparelhos, motores, sistemas de iluminação, e entre outros.

Pelo fato de a geração ser isolada da rede, é necessário o armazenamento da energia gerada por meio de baterias ou banco de baterias para a energia sobressalente. É por meio destes dispositivos de armazenamento que o sistema se torna viável para utilização do sistema em situações de pouca geração, como em momentos de sombreamento nos módulos, ou baixa incidência de irradiação, assim como também, para situações de nenhuma geração, como por exemplo, durante a noite. O controlador de carga por sua vez, é responsável por regular o abastecimento das baterias, evitando que estas atuem em sobrecarga ou descargas excessivas. Vale salientar que quando há utilização de bancos de baterias como dispositivo de armazenamento, os controladores de carga já podem vir acoplados ao banco, ao invés de separadamente.

Além destes principais componentes, também vale salientar a presença dos dispositivos de proteção CC e CA, e como opcional em alguns projetos, dispositivos de monitoramento remoto, responsáveis por disponibilizar geralmente via aplicativo, um acompanhamento detalhado das principais grandezas associadas ao sistema em tempo real, possibilitando um levantamento simplificado das condições de geração do sistema.

Na Figura 3, é possível identificar o esquema de instalação de um sistema *Off-Grid* da fabricante WEG.

Figura 3 – Esquema de instalação de sistema fotovoltaico do tipo *off-grid* da WEG.



Fonte: WEG, disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/sistema-fotovoltaico-on-grid-e-off-grid-saiba-as-diferencas-e-as-vantagens-de-cada-tipo/>

### 3.1.1.2 Sistema Conectado à Rede (*on-grid*)

Os SFVs Conectados à Rede (SFCR) dispensam o uso de acumuladores, pois a energia por eles produzida pode ser consumida diretamente pela carga, ou injetada diretamente na rede elétrica convencional, para ser consumida pelas unidades consumidoras, conectados ao sistema de distribuição (Pinho e Galdino, 2014).

Uma característica importante deste tipo de sistema é a utilização de créditos de energia. A energia sobressalente injetada na rede é convertida em créditos, estes podendo ser recuperados para uso em momentos de geração reduzida ou inexistente. De acordo com REN 687/2015, existe um prazo de até 60 meses, para que a unidade consumidora possa utilizar os créditos acumulados.

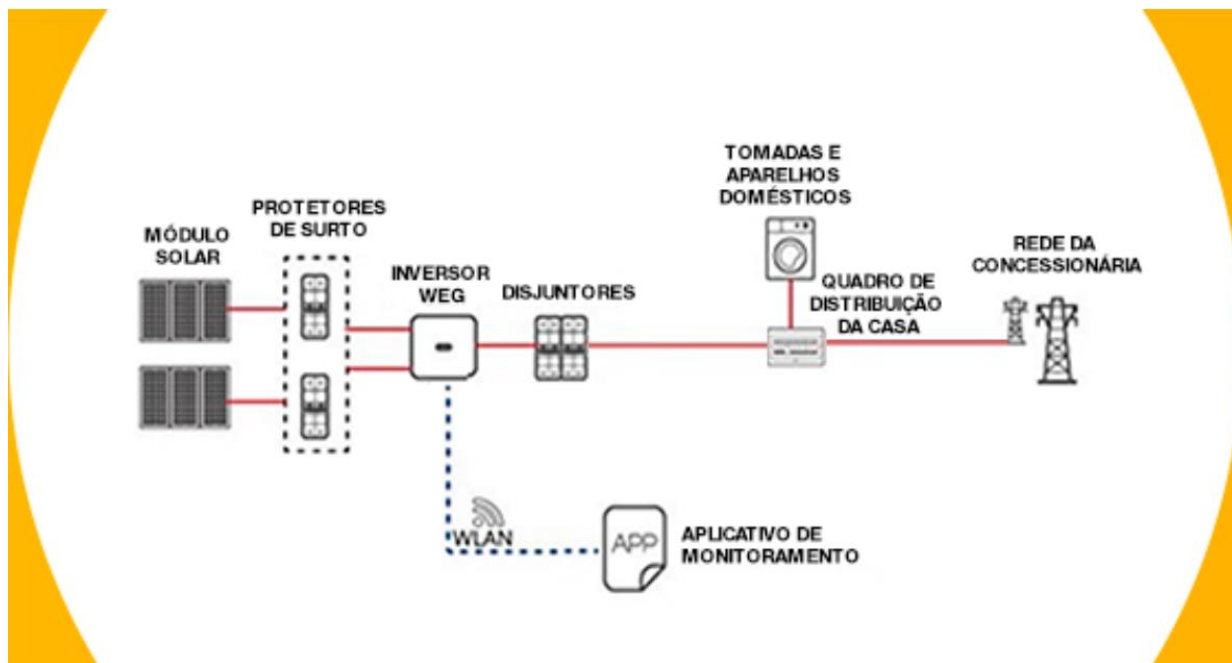
O sistema basicamente é composto por módulos, inversor, medidor de energia e a rede elétrica. Os painéis são responsáveis pela conversão da energia advinda da irradiação solar, em energia elétrica em corrente contínua. O inversor atua convertendo a tensão recebida na sua entrada CC em uma saída CA. Fornecendo a tensão e frequência compatível com a carga.

Além disso, pelo fato de haver conexão com a rede, o inversor nos sistemas *on-grid* também precisa de mecanismos de sincronismo, tornando mandatório sincronizar além de amplitude e frequência, também a fase da forma de onda gerada na saída do inversor, com os parâmetros da rede elétrica pré-existente. Além destes elementos básicos do SFCR, é muito

importante, o uso de dispositivos de proteção e monitoramento.

Na Figura 4, é possível identificar o esquema de instalação de um sistema *On-Grid* da fabricante WEG.

Figura 4 – Esquema de instalação de sistema fotovoltaico do tipo *on-grid* da WEG.



Fonte: WEG, disponível em: <https://www.weg.net/solar/blog/sistema-fotovoltaico-on-grid-e-off-grid-saiba-as-diferencas-e-as-vantagens-de-cada-tipo/>

## 3.2 Tecnologias Fundamentais para Sistemas Fotovoltaicos

### 3.2.1 Células Fotovoltaicas

A célula fotovoltaica é um dispositivo semicondutor que converte a luz solar diretamente em eletricidade por meio do efeito fotovoltaico. Composta principalmente de silício cristalino ou amorfo, a célula fotovoltaica é projetada para absorver fótons de luz solar, o que gera uma corrente elétrica dentro do material. Esse processo ocorre devido à estrutura da célula, que possui camadas de material dopado positivamente e negativamente, criando uma diferença de potencial que permite o fluxo de elétrons quando a luz incide sobre ela.

Visando o melhor aproveitamento do efeito fotovoltaico, é necessário a aplicação de um campo elétrico no material semicondutor, responsável pela separação dos portadores, por meio de uma junção *pn*. A junção *pn*, por sua vez, é construída fazendo a dopagem do material semicondutor, que geralmente trata-se do silício (Si), mas também podendo ser utilizados outros elementos como o Germânio (Ge), por meio da inserção de impurezas ao

material semicondutor, com finalidade de alterar suas grandezas elétricas.

Para criar um material semicondutor tipo N, são introduzidos elementos pentavalentes, como por exemplos, fósforo (P), arsênio (As) ou antimônio (Sb), que são impurezas doadoras de elétrons, ou dopantes tipo n. Por outro lado, obter um material semicondutor do tipo P, são introduzidos elementos trivalentes como boro (B), alumínio (Al), gálio (Ga) ou índio (In), que são impurezas aceitadoras de elétrons, ou dopantes tipo p.

Os avanços na tecnologia fotovoltaica resultaram no desenvolvimento de três tipos principais de células solares: monocristalinas, policristalinas e de filmes finos.

As células monocristalinas são fabricadas a partir de um único cristal de silício, o que lhes confere uma estrutura uniforme e uma alta eficiência na conversão da luz solar em eletricidade. Esta eficiência superior torna as células monocristalinas ideais para aplicações em que o espaço é limitado, como em sistemas residenciais de pequena escala ou em instalações comerciais de telhados. Apesar de sua eficiência, a fabricação de células monocristalinas é um processo mais caro, o que pode influenciar sua viabilidade econômica em algumas situações.

Por outro lado, as células policristalinas ou multicristalinas são produzidas a partir de várias peças de silício fundidas juntas, resultando em uma estrutura menos uniforme em comparação com as células monocristalinas. Embora ligeiramente menos eficientes, as células policristalinas ainda oferecem uma boa relação custo-benefício e são mais econômicas de fabricar. Isso as torna uma escolha popular para projetos de grande escala, como parques solares comerciais, onde a eficiência pode ser compensada pela maior área disponível.

Por fim, as células de filmes finos são produzidas depositando-se uma fina camada de silício sobre um substrato, resultando em uma estrutura menos organizada. Essas células são mais flexíveis e podem ser fabricadas em folhas ou filmes, o que as torna adequadas para aplicações em superfícies curvas ou flexíveis, como em dispositivos portáteis ou integradas em materiais de construção. Embora tenham uma eficiência menor em comparação com as células cristalinas, as células de silício amorfo são frequentemente escolhidas por sua versatilidade e custo mais baixo.

### **3.2.2 Módulos Fotovoltaicos**

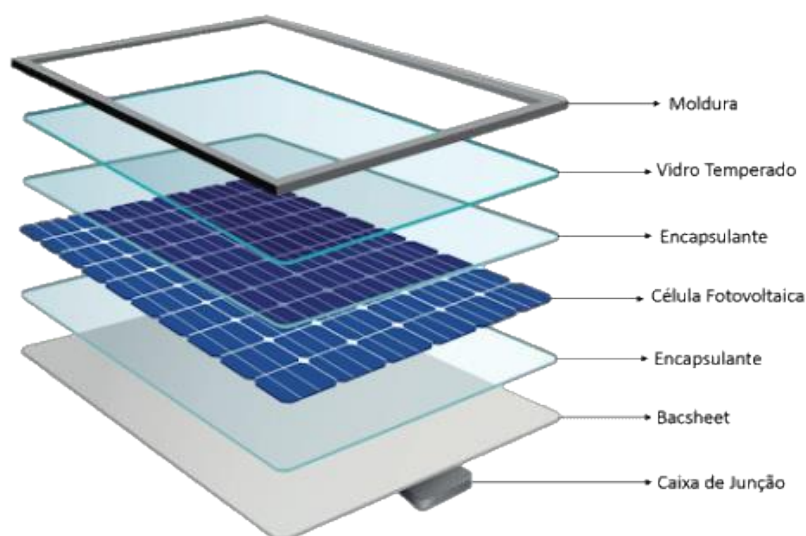
De acordo com a norma “Conversão Fotovoltaica de Energia Solar” (NBR 10899/TB-328) da ABNT, um módulo fotovoltaico é definido como o menor conjunto ambientalmente protegido de células solares interligadas, com o objetivo de gerar energia elétrica em corrente contínua.

Cada painel solar é encapsulado em materiais resistentes e protegido por uma cobertura de vidro para garantir durabilidade e eficiência. Os módulos fotovoltaicos são os blocos de construção fundamentais dos sistemas de energia solar, podendo ser instalados em telhados, estruturas terrestres ou integrados em objetos e superfícies, fornecendo uma fonte de eletricidade limpa e renovável.

Dos tipos de módulos comercialmente disponíveis, destacam-se os monofaciais também conhecidos como convencionais os quais absorvem irradiação solar em sua face frontal, e os módulos bifaciais que conseguem absorver tanto na parte frontal quanto na traseira.

Na Figura 5, é ilustrada a composição de um módulo fotovoltaico convencional, em que são destacados o conjunto de células fotovoltaicas responsáveis pela geração, protegidos por camadas de películas encapsulantes, geralmente composta de EVA (etileno acetato de vinila), camada frontal de vidro temperado responsável pela proteção contra danos físicos e intempéries, a caixa de junção onde são realizadas as ligações elétricas, além da camada posterior composta por uma folha polimérica opaca denominada *backsheet* e moldura, que atuam como suporte adicional na proteção contra impactos, e servem de barreira contra umidade.

Figura 5 – Esquema básico de composição de um módulo fotovoltaico.

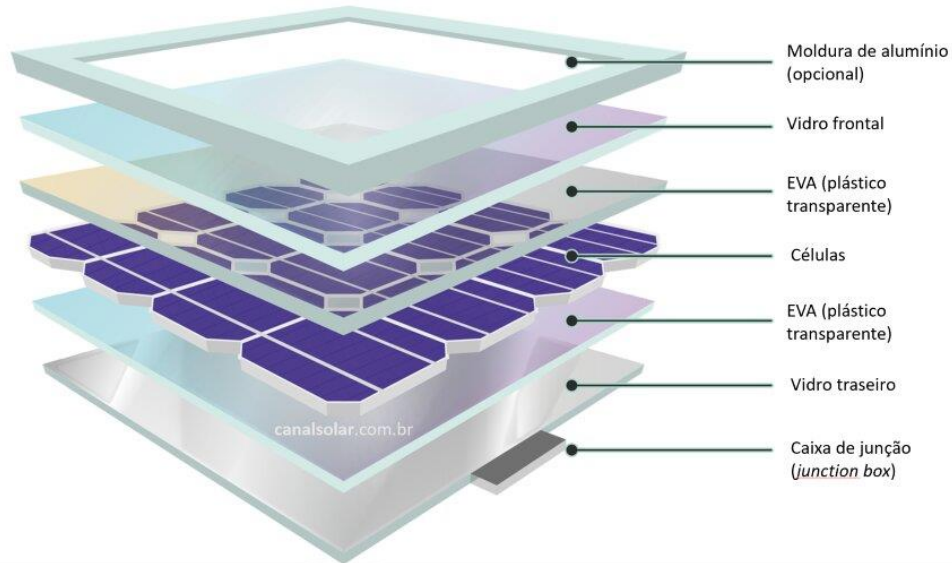


Fonte: Minha casa solar. Disponível em: <http://blog.minhacasasolar.com.br/como-e-feito-um-painel-solar/>

Diferentemente dos módulos monofaciais que possuem um *backsheet* na parte traseira, os bifaciais utilizam uma folha plástica transparente ou uma segunda lâmina de vidro, permitindo que ambas as faces absorvam luz solar. Estes tipos de módulos geralmente possuem maior durabilidade, e menor risco de apresentar microfissuras e melhor resistência ao fogo. Devido a presença do vidro na parte de trás, ocorre um ganho na geração, influenciada pelo

albedo, ou seja, pela radiação refletida da superfície que acomoda os módulos, geralmente o solo. Por estas características, geralmente possuem custo mais elevado. Na Figura 6, mostra-se o esquema de composição de um módulo do tipo bifacial.

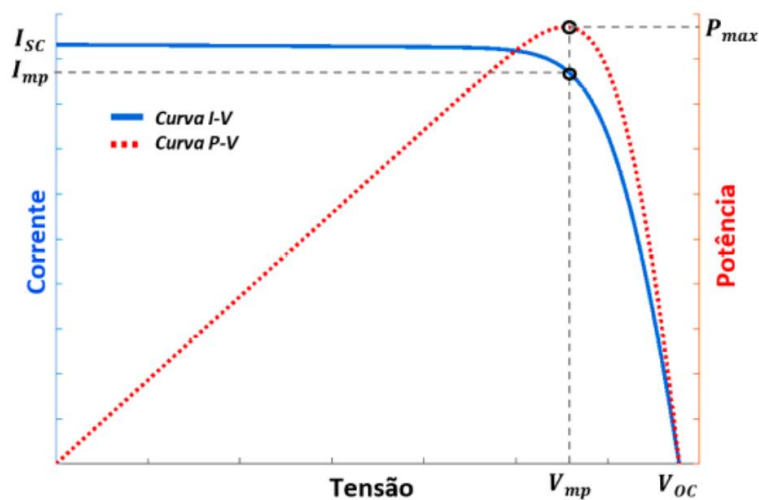
Figura 6 – Esquema básico de composição de um módulo fotovoltaico bifacial.



Fonte: Entenda os módulos fotovoltaicos bifaciais. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/modulos-fotovoltaicos-bifaciais/>

O processo de geração nos módulos, podem ser caracterizados por meio de curvas que relacionam a corrente elétrica com a tensão elétrica denominadas I-V, assim como também pela curva de potência versus tensão, chamada de curva P-V. Na Figura 7, em azul representa-se a curva I-V, e em vermelho a curva P-V.

Figura 7 – Gráfico contendo curvas I-V e P-V em módulo fotovoltaico.



Fonte: Araújo *et. al.* (2020)

Sendo:



$I_{sc}$  - Corrente de curto-circuito, isto é a corrente máxima que o painel fornecer, mediante tensão nula;

$I_{mp}$  - Corrente para máxima geração de potência;

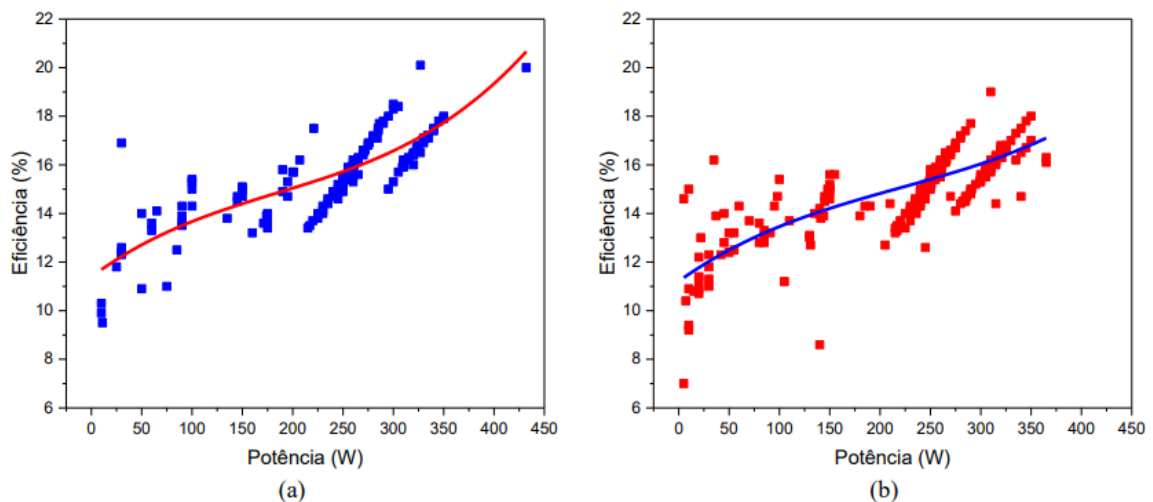
$P_{max}$  - O ponto em que o painel entrega a máxima potência;

$V_{mp}$  - Tensão em condição de máxima geração de potência;

$V_{oc}$  - Tensão de circuito aberto, tensão fornecida mediante a corrente nula.

Araújo *et al.* (2018), em um estudo denominado comparação e análise de módulos fotovoltaicos com células de silício cristalino, realizou comparações técnicas de 767 modelos de módulos comerciais. Foi realizada a comparação quanto as eficiências destes modelos com relação às suas respectivas potências. Na Figura 8, mostra-se um gráfico, que relaciona a eficiência com a potência elétrica, para módulos feitos com células monocristalinas e policristalinas. Através destes gráficos, é possível identificar que em ambos os casos, a eficiência dos módulos, aumenta à medida que a potência do módulo também é aumentada. Além disso, é possível observar que os dispositivos com células solares de silício monocristalino, tendem a possuir uma maior eficiência, frente aos com células multicristalinas.

Figura 8 – Eficiência em função da potência para módulos fotovoltaicos produzidas com células solares de silício (a) monocristalino e (b) policristalino.



Fonte: Araújo *et al.* (2018)

Sendo assim, para SFVs que possuem o espaço para alocação dos módulos como critério decisivo, a utilização de módulos com células monocristalinas é aconselhável, pois estes possuem maior eficiência, e uma razão entre potência e área superior aos outros tipos de painéis

FV.

Um atrativo relacionado ao uso de módulos de células fotovoltaicas policristalinas ou multicristalinas, é o preço, frente aos de células monocristalinas. Entretanto geralmente os painéis com esta tecnologia, possuem menor eficiência, e possuem uma razão entre potência e área inferior, o que implica na necessidade de mais espaço de alocação dos módulos, comparado ao primeiro tipo.

Entretanto, a eficiência do módulo não deve ser utilizada como indicador de qualidade do mesmo, ela deve se basear em diversos fatores, como custo, durabilidade, reputação do fabricante etc. (Pinho e Galdino, 2014).

### 3.2.3 Inversores

Os inversores são responsáveis por converter a corrente contínua em corrente alternada, tornando-a compatível com os padrões de eletricidade utilizados nos sistemas de distribuição convencionais. Eles também desempenham funções de monitoramento e controle, otimizando o desempenho do sistema fotovoltaico e garantindo sua eficiência operacional.

Os inversores comumente utilizados podem ser de dois princípios de funcionamento, os comutados pela rede, onde o sinal da rede é utilizado para sincronizar o inversor com a rede, e os auto comutados, em que um circuito eletrônico no inversor controla e sincroniza o sinal do inversor ao sinal da rede.

A depender da utilização, princípios de funcionamento distintos são utilizados. Existem diferentes tipos de inversores disponíveis no mercado com características específicas. Os inversores fotovoltaicos, podem ser subdivididos quanto ao seu modo de utilização em:

- Inversores *string*: Inversores que possibilitam que conjuntos de módulos sejam conectados em suas entradas;
- Micro inversores: Inversores que controlam individualmente a energia extraída de cada módulo.

O inversor solar *On-Grid*, também conhecido como *grid-tie*, é um tipo de inversor *string*, é o mais comumente utilizado em sistemas conectados à rede elétrica, e seu princípio de funcionamento é do tipo comutado pela rede. Além de realizar a conversão CC/CA, ele sincroniza a energia gerada pelo SFV com a energia fornecida pela concessionária, garantindo uma integração segura e eficiente. Isso permite que o excesso de energia gerado seja enviado de volta para a rede, podendo ser creditado na conta de energia do consumidor.

Por outro lado, os inversores *string* pode ser do tipo *Off-Grid*. Estes são utilizados em

sistemas autônomos, que operam independentemente da rede elétrica, e possuem princípio de funcionamento do tipo auto comutado. Nesses sistemas, a energia produzida pelos painéis solares é armazenada em baterias e utilizada conforme a demanda do local de instalação. Os inversores *Off-Grid* são projetados para garantir uma operação confiável e estável, mesmo em locais remotos ou isolados, onde o acesso à rede elétrica é limitado.

Os micros inversores surgiram como uma alternativa aos inversores tradicionais, oferecendo vantagens como maior flexibilidade de instalação e monitoramento individual de cada painel solar. Eles convertem a energia CC em CA em nível de módulo, o que permite um controle mais preciso e uma maior eficiência global do sistema. Com isso, os micros inversores se tornaram uma escolha popular para sistemas residenciais e comerciais de pequena escala.

Os inversores *string* sob condições de sombreamentos parciais em algum dos módulos, afeta todos os outros módulos conectados em série. Por atuar de maneira individual em cada painel, os microinversores impedem que o sombreamento em um módulo afete outros módulos, tornando o SFV mais robusto.

O uso de microinversores, traz a vantagem da flexibilidade para o aumento de potência instalada do sistema. Sendo necessário apenas adição de novos módulos e microinversores para suprirem somente o aumento da potência desejado, de tal forma, que possuem valores unitários bem inferiores se comparados com a troca de inversor *string*, o qual se dimensionado sem margem necessária para aumento da potência dos módulos precisam ser substituídos totalmente.

Um aspecto negativo no uso de microinversores, trata-se do custo total do projeto. Para SFVs com muitos módulos, faz-se necessário uma quantidade equivalente de microinversores, que se comparados à aquisição de um único inversor *string* de potência compatível com o conjunto de módulos, pode tornar a opção de utilização destes dispositivos individuais inviável economicamente.

### **3.3 Análise de Fatores que Influenciam a Geração Fotovoltaica**

A eficiência da geração solar fotovoltaica é afetada por uma série de variáveis, incluindo a localização geográfica, as condições meteorológicas, o ângulo e orientação dos painéis solares, bem como possíveis sombreamentos. Compreender e otimizar esses fatores é fundamental para maximizar a produção de energia, destacando a importância da análise detalhada do ambiente em que os SFV estão inseridos.

Assim, este relatório também busca explorar como tais elementos interagem e impactam diretamente a eficiência da geração fotovoltaica, proporcionando uma visão abrangente das

nuances envolvidas nesse setor em constante evolução.

### 3.3.1 Irradiação Solar

A irradiância é a representação do fluxo instantâneo de energia radiante que atinge uma determinada superfície por unidade de área, com a unidade de medida no Sistema Internacional (SI) sendo  $W/m^2$ . Por outro lado, a irradiação solar é a integral da irradiância ao longo do tempo, indicando a quantidade total de energia radiante incidente em uma superfície durante um período específico por unidade de área, medida em  $Wh/m^2$  (Pereira *et al.*, 2017).

A irradiância solar que atinge a Terra, no topo da camada atmosférica, é denominada irradiância extraterrestre, e esta quando absorvida na atmosfera terrestre, pode ser dividida em componentes, tais como:

- A irradiação direta é aquela que alcança a superfície sem sofrer perturbações;
- A irradiação difusa, por sua vez, é a parte refratada por partículas presentes no ar;
- A irradiação de albedo refere-se à porção refletida por qualquer superfície.

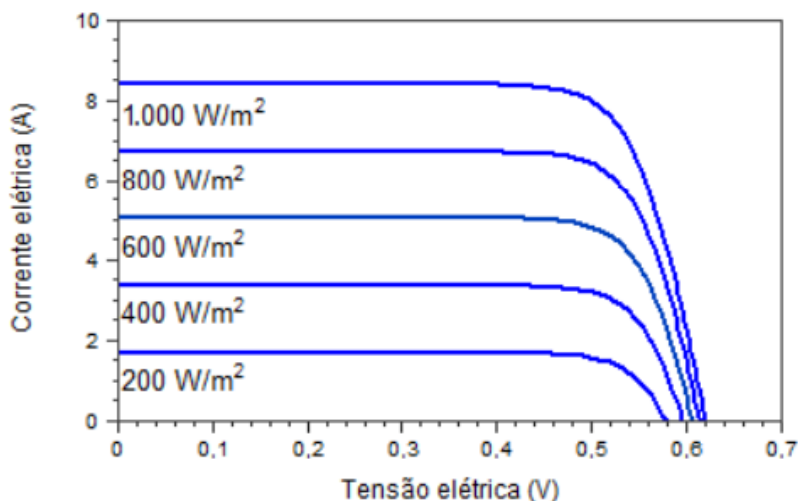
No dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaica, é necessário fazer estimativas desta irradiação solar incidente sob os painéis geradores, e entender que esta irradiação na atmosfera terrestre passa por uma série de processos de interação e dispersão antes de atingir a superfície terrestre. Após estas interações, a radiação solar atinge a superfície terrestre é denominada irradiação global horizontal, representando a soma da radiação direta e difusa que chega de maneira uniforme em todas as direções.

Além disso, para grande parte dos casos, se faz útil mensurar uma outra grandeza, denominada irradiação global inclinada, que por sua vez, é uma medida específica da radiação solar recebida em uma superfície inclinada em relação à horizontal. Esse componente leva em consideração a inclinação e a orientação da superfície, sendo influenciado pelos ângulos solares e pela trajetória do Sol no céu ao longo do dia e ao longo do ano. Geralmente a irradiação global inclinada, considera a incidência da radiação em um plano com inclinação com mesmo ângulo da latitude do local e com desvio azimutal zero (no hemisfério sul, apontado ao norte geográfico). Esta grandeza representa a quantidade de energia solar incidente adaptada às características específicas da superfície, desempenhando um papel crucial em aplicações como a geração de energia fotovoltaica e o planejamento de sistemas solares.

A irradiação solar, influencia diretamente a geração de energia pelo SFV, pois a corrente gerada por uma célula fotovoltaica aumenta linearmente com o aumento da irradiância solar incidente, e a tensão aumenta de forma logarítmica. A Figura 9 mostra-se a influência da

variação da irradiância na curva característica I-V. No Anexo A é possível identificar a influência da irradiação na curva I-V e P-V para o módulo real.

Figura 9 - Gráfico I-V para diferentes níveis de irradiação.



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

Desta forma, levando em consideração a influência da irradiação incidente, no processo de geração, mensurar as componentes de radiação solar, e realizar suas medições são essenciais para o desenvolvimento de projetos de conversão da energia solar. Alguns instrumentos são utilizados para fazerem leituras instantâneas determinando os valores destas variáveis solares, tais como o piranômetro e o pereliômetro. O piranômetro é capaz de realizar medidas de irradiação global, isto é, suas componentes direta e difusa, já o pereliômetro é voltado para a medição de irradiação direta. Assim, com o uso destes equipamentos, é possível obter os dados de irradiação para diferentes localidades.

Após o tratamento dos dados solarimétricos resultantes das medições, podem ser criadas bases de dados com valores médios destas variáveis para diferentes escalas de tempo (minuto, hora, dia, mês e ano).

Existindo bancos de dados robustos, com muitas medições, utilizando métodos matemáticos é possível analisar correlações entre as componentes de irradiação, e fazer estimativas para estas variáveis, até para locais, em que não foram realizadas medições. Estes procedimentos foram utilizados por diferentes organizações, instituições e universidades, o que possibilitou a criação de programas, aplicativos e sites, que possuem bases de dados, podendo serem utilizadas para dimensionamentos de SFVs. Exemplo de programas com informações sobre irradiação para diferentes localidades, são o SunData, RADIASOL2 e METEONORM, já como site, é possível destacar o Global Solar Atlas.

### 3.3.2 Ângulo de Latitude

De acordo com a ANEEL (2016), a disponibilidade de radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre, depende além das condições atmosféricas, também da latitude, estações do ano, hora do dia, condições do céu.

Em um caso ideal, para melhor aproveitamento do sistema de geração fotovoltaica, é importante que os módulos estejam sempre com um ângulo perpendicular aos raios solares, ou seja, inclinados frontalmente aos raios. No caso de sistemas geradores fixos que são os mais comuns, não é factível este tipo de situação, sendo assim, é necessário que haja um dimensionamento e que possua a melhor inclinação dos módulos para maximizar a geração.

A depender da localização da instalação, a latitude influi no ângulo de incidência de raios solares. E com isso, é necessário que os módulos sejam inclinados de uma maneira que busque ter a maior geração possível.

Os proprietários dos SFVs, buscam geração durante todo o ano, e desta forma, utilizam-se o próprio ângulo da latitude, como o ângulo de inclinação dos painéis, que em média terá a melhor produção durante todo o ano. Além disso, para instalações realizadas no sul geográfico, é indicado que os painéis sejam inclinados com direção ao norte. Para sistemas aplicados no hemisfério norte, é indicado que a inclinação seja realizada voltada para o hemisfério sul.

Quando a instalação está localizada em baixas latitudes, com inclinação menor que  $10^\circ$ , como no caso da Paraíba, é sugerido que seja utilizada no mínimo  $10^\circ$  de inclinação dos módulos, para evitar acúmulo de sedimentos sobre dos painéis, o que pode prejudicar a eficiência da geração.

À medida que se distancia da linha do equador, há uma maior distinção entre as incidências de raios solares, por haver estações do ano mais bem definidas. Então, dependendo do ângulo de inclinação dos módulos fotovoltaicos, pode-se favorecer tanto o período do inverno, quanto do verão.

Durante o inverno, tomando como referência o horizonte, o ângulo que o sol aparece, é menor. Por exemplo, considerando uma cidade com latitude de  $30^\circ$  com os módulos voltados para o norte, caso seja alterada a inclinação dos módulos, por alguma necessidade do local, ou do cliente, para um ângulo maior por exemplo  $60^\circ$ , haverá o favorecimento dos raios solares no período do inverno.

Já no verão, os raios solares incidem com um ângulo maior, com relação ao horizonte, incidindo aproximadamente de forma perpendicular ao solo. Para uma instalação realizada numa latitude de  $30^\circ$ , com módulos orientados para o norte, por exemplo, caso sejam alocados

com um ângulo menor, que o ângulo da latitude, por exemplo  $0^\circ$ , a instalação terá uma eficiência maior de geração ao longo do verão.

### **3.3.3 Desvio Azimutal**

No caso da energia solar fotovoltaica, o azimute representa o ângulo de orientação dos raios solares com relação ao norte geográfico. No hemisfério Sul, quando o ângulo do azimute solar coincide com o norte polar da Terra, diz-se que o ângulo azimutal é igual a  $0^\circ$ . O inverso ocorre quando no hemisfério Norte, o ângulo azimutal é medido em relação ao sul geográfico (Villalva, 2015).

Quando o ângulo azimutal é diferente de zero, ocorre um favorecimento de geração em diferentes horários do dia. Quando a face dos painéis fotovoltaicos está voltada para o leste, a geração matutina é favorecida em detrimento da vespertina, tendo em vista que a maior incidência de raios solares perpendiculares aos módulos ocorre durante o período da manhã.

De maneira análoga, se os painéis possuem desvios azimutais voltados para o oeste, a geração durante o período da tarde será maior que a geração matutina.

Para um melhor aproveitamento do sistema instalado, é pretendido que a disposição dos painéis possua suas faces orientadas com azimute zero. Na Paraíba, local de atuação da empresa, por se encontrar no hemisfério sul terrestre, o desvio azimutal zero desejado possui sentido norte.

### **3.3.4 Sombreamento**

Um dos fatores que podem afetar negativamente a geração, é o sombreamento total ou parcial sob os painéis solares. O dimensionamento do sistema, precisa levar em consideração este fator, relacionado à localização da instalação.

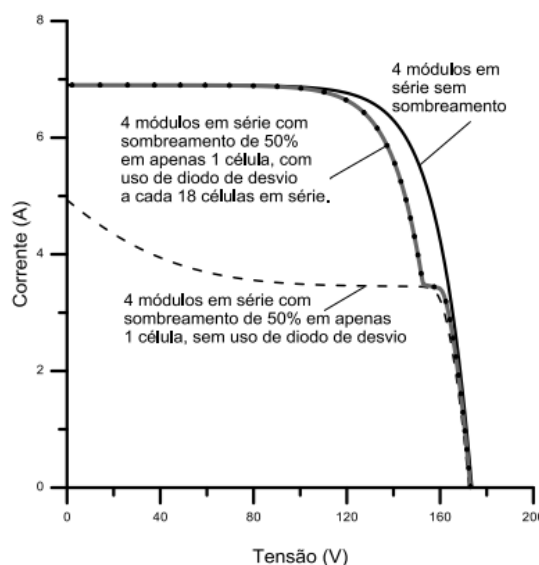
O dia que maior sombreamento, coincide com o solstício de inverno, dia 21 de junho, e o dia com menor incidência de sombreamento ocorre no solstício de verão, 21 de dezembro.

Estes efeitos são importantes para uma previsão de geração precisa e possuem impacto diretamente proporcional a latitude, ou seja, à medida que se aumenta a latitude para norte ou sul, mais significativo é o fenômeno do sombreamento.

No processo de dimensionamento, portanto, adota-se nos cálculos a radiação solar no dia do solstício de inverno, por se tratar do caso mais crítico com relação ao sombreamento dos painéis solares.

Os módulos fotovoltaicos de c-SI por exemplo, existe associação série de células. Quando uma ou mais células recebe menos radiação solar do que as outras da mesma associação série, a corrente das células afetadas limita a corrente de todo conjunto. Além disso, no uso *strings* é comum utilização de módulos conectados em série, de tal forma que as células sombreadas não afetam somente seu respectivo módulo, como todos os módulos conectados em série, limitando suas respectivas correntes. Este fenômeno, afeta tanto a potência do sistema, que é reduzida, como gera pontos de calor em células, pois a potência gerada não repassada para os inversores e o restante do sistema, são dissipadas na forma de calor, podendo ocasionar danos aos módulos afetados. O uso de diodos de desvio, são uma alternativa muito utilizada pelos fabricantes para minimizar estes impactos negativos, e proteger e proteger os módulos fotovoltaicos. Estes diodos oferecem caminhos alternativos para a corrente quando existe sombreamento. O efeito do sombreamento, é retratado na Figura 10, com e sem o uso de diodos de desvio.

Figura 10 – Influência do sombreamento para a geração fotovoltaica em curva I-V.



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

### 3.3.5 Temperatura

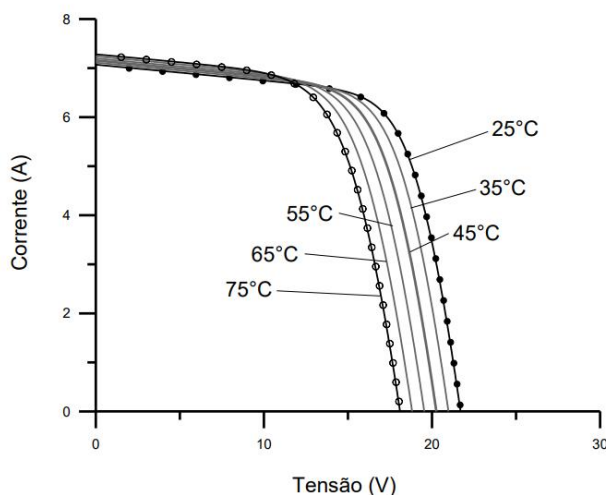
As temperaturas das células que compõem os módulos, sofrem alterações de acordo com a temperatura ambiente e da irradiação solar. O aumento da temperatura das células, são responsáveis por um pequeno aumento da corrente elétrica das células, que elevam as perdas do módulo, e resultam numa queda de tensão expressiva.

A potência gerada do módulo é afetada negativamente, tendo em vista que o aumento



da corrente não compensa a diminuição da tensão no módulo, e isso consequentemente afeta todo o sistema. Na Figura 11 mostra-se a influência da temperatura na curva I-V. No Anexo A é possível identificar a influência da temperatura na curva I-V para o módulo real.

Figura 11 – Influência da temperatura na curva I-V.



Fonte: Pinho e Galdino (2014)

### 3.4 Curvas de Irradiação

A irradiação solar no local da instalação é um parâmetro crucial para estimar a geração fotovoltaica e pode variar de acordo com as condições climáticas e atmosféricas vigentes no local da geração (Luz, 2023). Sendo assim, entender o comportamento ao longo do tempo da irradiação é importante para um dimensionamento adequado do SFV. Diversas plataformas, possuem dados solarimétricos, de consulta pública, que possibilitam obtenção de informações da radiação incidente tanto horizontalmente quanto em plano inclinado.

Exemplificando curvas características de irradiação, ao utilizar as coordenadas da cidade de Campina Grande, utilizando fontes de dados disponíveis, é possível encontrar gráficos e curvas de irradiação com médias históricas, que podem ser usadas para dimensionamento FV.

Utilizando o software RADIASOL2, disponível em: <https://www.ufrgs.br/labsol/>, que utiliza o mapa do programa SWERA (*Solar and Wind Energy Resource Assessment*), como base de dados, é possível encontrar valores das irradiações médias históricas, para todos os meses do ano, conforme mostra-se na Figura 12.

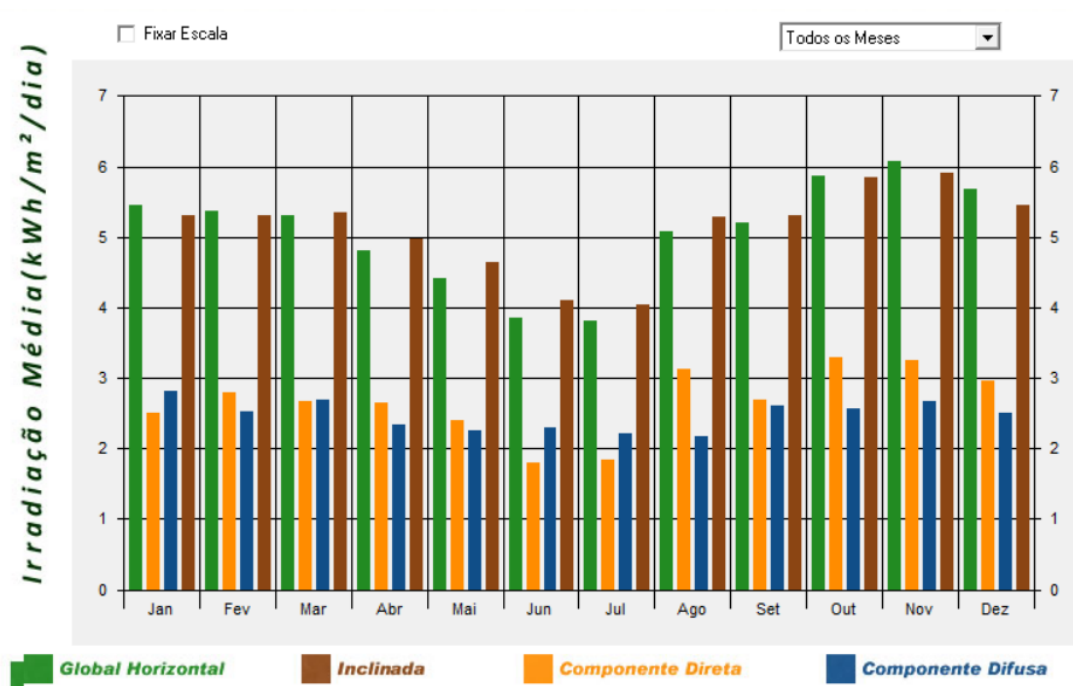
Figura 12 – Valores médios de irradiação para a cidade de Campina Grande.

Mês	Global	Direta	Difusa	Inclinada
1	5,46	2,56	2,74	5,3
2	5,38	2,61	2,69	5,3
3	5,3	2,65	2,7	5,35
4	4,82	2,52	2,46	4,98
5	4,41	2,31	2,34	4,65
6	3,85	1,99	2,12	4,1
7	3,82	1,82	2,23	4,05
8	5,07	2,93	2,37	5,3
9	5,21	2,73	2,59	5,32
10	5,88	3,25	2,6	5,84
11	6,07	3,44	2,45	5,88

Fonte: Autor (2024)

Na Figura 13 mostra-se o gráfico de colunas gerado pelo programa, com as irradiações médias mensais em kWh/m<sup>2</sup>/dia, podendo se destacar a radiação global horizontal, para o local definido pelas coordenadas, além das irradiações no plano inclinado utilizando ângulo de inclinação igual ao ângulo da latitude e desvio azimutal zero, com as suas componentes direta e difusa.

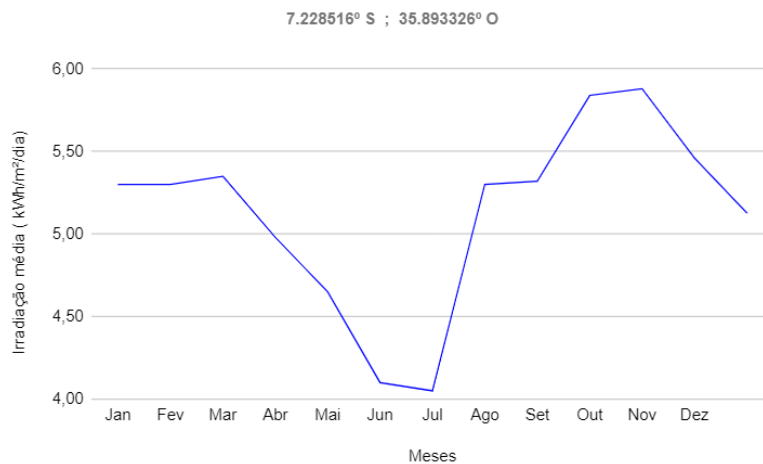
Figura 13 – Gráfico de colunas, com as irradiações global horizontal, no plano inclinado para ângulo ótimo (ângulo de inclinação 7° e desvio azimutal de 0°), e componentes de irradiação direta e difusa.



Fonte: Autor (2024)

Na Figura 14, é possível observar a curva de irradiação para o plano inclinado, com mesmo ângulo da latitude local, onde é possível identificar uma média anual de aproximadamente 5,12 kWh/m<sup>2</sup>/dia. Este valor de irradiação poderia ser utilizado caso o SFV fosse instalado nesta localidade, com o ângulo de inclinação e desvio azimutal de acordo.

Figura 14 – Curva de irradiação inclinada para coordenadas na cidade de Campina Grande.



Fonte: Autor (2024)

Por meio destes dados é possível observar o mês de julho, que apresenta as menores médias de radiação incidente no ano. Para fins de dimensionamento, uma atitude conservadora seria considerar nos cálculos os valores de irradiação durante este mês que possui as menores médias, baseando-se, portanto, no caso menos propenso à geração de energia fotovoltaica, tendo em vista que conforme o gráfico I-V, as correntes e tensões geradas nas células fotovoltaicas, são diretamente proporcionais à incidência de radiação.

### 3.5 Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica

#### 3.5.1 Análise de Cenário e Coleta de Dados

Para o dimensionamento dos sistemas de geração fotovoltaica ideal para suprir as necessidades do cliente, algumas informações são necessárias. Algumas destas, podem ser vistas na fatura de energia do consumidor, e para isso, solicita-se sempre que possível a fatura do último mês, para instalações pré-existentes. Uma visita ao local também é essencial, pois através dela é possível ter uma ideia macroscópica acerca das condições do local de instalação dos módulos, assim como observar as condições do fornecimento de energia na localidade.

Através da conta de energia é possível identificar aspectos importantes, como a tensão de conexão da instalação para uma escolha adequada do inversor. Além disso, pode-se observar o tipo de conexão, se é monofásico, bifásico ou trifásico, para que o projeto seja compatível com a realidade do sistema.

Outro fator importante, visto na fatura de energia elétrica, é a média de consumo mensal ao longo do último ano. Através da realização da média aritmética do consumo mensal dos últimos 12 meses, têm-se uma noção de qual seria a potência consumida ao longo do tempo, e que deverá ser provido pelo SFV, no caso de o cliente desejar que o seu consumo atual seja mantido, e suprido na totalidade pelo kit gerador.

Entretanto, não é sempre que esta energia reflete a desejada pelo cliente, e que seja utilizada nos cálculos para dimensionamento do sistema, o que ressalta a relevância de conversar com o cliente e saber exatamente o que ele almeja com a implantação do kit gerador.

É possível que o consumidor, deseje reduzir a energia gerada, por fatores como: não gerar excedente acumulativo e perder créditos, indisponibilidade de espaço físico para a instalação, e por fatores econômicos, sendo pretendido investimentos menores, assim, como também, aumentar o total de energia gerada, motivados pelo interesse em acumular créditos, e transferir para outras unidades consumidoras, previsão de aumento de carga, entre outros.

Ainda na fatura, a localização pode ser vista, e a partir dela, com informações como CEP e endereço completo, torna-se possível identificar as coordenadas geográficas do local, e a respectiva latitude de longitude, dando uma ideia de qual o ângulo de inclinação ideal para a instalação. Com estas informações, pode-se buscar dados solarimétricos em diversas plataformas online, como a irradiação global inclinada, e irradiação global horizontal, e analisar as temperaturas máximas e mínimas históricas da região, para um dimensionamento adequado do sistema, tendo em vista que a temperatura está diretamente relacionada a corrente elétrica.

Quando os módulos conseguem ser alocados idealmente com mesmo ângulo da latitude do local e com desvio azimutal zero, pode-se usar diretamente esta irradiação global inclinada para o ângulo ótimo, para os cálculos da energia a ser gerada, pelo kit fotovoltaico. Em outros casos, que os módulos precisam ser inclinados, em ângulos diferentes do ângulo da latitude local, é necessário realizar o cálculo da irradiância global inclinada para o determinado ângulo a partir da radiação global horizontal, ou recorrer ao uso softwares que realizem estes procedimentos e forneçam valores para diferentes ângulos de inclinações.

Dada a viabilidade de efetuar visitas ao local, torna-se importante atentar às condições de cobertura, para a disponibilidade de espaço adequado para acomodar a quantidade de módulos necessários. Ademais, é imprescindível verificar a presença de eventuais obstáculos à

instalação dos painéis, tais como chaminés em telhados, quando a intenção é alocar os referidos módulos sobre o telhado. Além disso, destaca-se a relevância de averiguar a existência de sombras de horizonte, as quais têm o potencial de impactar a irradiação solar recebida pelo sistema.

### 3.5.2 Potência Fotovoltaica

Previamente tendo sido feito o levantamento das informações necessárias, é possível realizar o cálculo de quanto de potência o SFV deverá produzir, para garantir o suprimento da energia pretendida pelo cliente.

Na Equação 1 representa-se a potência fotovoltaica necessária:

$$Pfv = \frac{E * Gsc}{30 * Htot * Td} \quad (1)$$

Sendo:

*Pfv*: Potência fotovoltaica real (kWp);

*E*: Energia desejada (kWh/mês);

*Gsc*: Capacidade de irradiação de referência em plano inclinado (kWh/m<sup>2</sup>);

*Htot*: Irradiação (kWh/m<sup>2</sup>/dia);

*Td*: Taxa de desempenho (%).

A capacidade de irradiação de referência em plano inclinado padronizadas na STC (*Standard Test Conditions*) é considerada constante e com valor unitário.

A taxa de desempenho *Td* também conhecida como fator de performance, geralmente varia entre 70% e 85%, raramente ficando fora deste intervalo. Esta variável está diretamente relacionada às condições da instalação e dos itens do sistema, e quanto melhores os itens e as instalações, maiores são as taxas de desempenho verificadas. Não é factível taxas acima de 85%, devido aos efeitos inerentes ao processo, como à diminuição da irradiância que realmente atinge a superfície das células fotovoltaicas, em relação à irradiância sob incidência normal.

Essa diminuição se deve principalmente aos reflexos na cobertura de vidro, que aumentam com o ângulo de incidência. Por excelente, são tidas as taxas entre 80% e 85%, situações em que as perdas são consideradas baixas. Para boas instalações, verifica-se geralmente taxas de 75% até 80%, estes são os casos mais comuns nas instalações verificadas. Situações de taxas entre 70% e 75%, ocorrem quando há perdas mais significativas no processo,

como, por exemplo, perdas por índices de irradiância, por temperatura, por quantidade de módulos, descascamento entre as conexões elétricas, nas conexões e em menor escala perdas dos próprios inversores.

### 3.5.3 Dimensionamento de Módulos

Tendo sido calculada a potência real do SFV, é necessário calcular a quantidade de módulos necessários para suprimento da necessidade de instalação.

A Equação 2 é utilizada para o dimensionamento da quantidade de módulos para o projeto,

$$N_{mod} = \frac{P_{fv}}{P_{mod}} . \quad (2)$$

Sendo:

*N<sub>mod</sub>*: Número de módulos;

*P<sub>fv</sub>*: Potência fotovoltaica real (kWp);

*P<sub>mod</sub>*: Potência unitária do módulo (Wp).

O valor *N<sub>mod</sub>* calculado nem sempre será possível de ser utilizado, tendo em vista que esta quantidade precisa ser um número natural, sendo assim, adota-se o arredondamento do número para o valor mais próximo.

No kit gerador, fornecido pela WEG, para painéis instalados em telhados, é acompanhado naturalmente a estrutura com fixação, e estas estruturas são feitas para um par de módulos. Sendo assim, faz sentido utilizar-se números pares de módulos, mesmo que o *N<sub>mod</sub>* calculado seja ímpar para evitar a inutilização de parte da estrutura. Esta aproximação apenas é feita em acordo com o cliente, pois afetará diretamente o valor cotado.

### 3.5.4 Dimensionamento de Inversor

Tendo sido calculados o número de módulos necessários, e suas respectivas potências, é importante calcular um inversor que consiga suprir os requisitos do sistema. O inversor precisa atender diversos fatores, na entrada (CC) e na saída (CA).

No que se refere a entrada os principais pontos a serem analisados são a tensão máxima, faixa de tensão MPPT (*Maximum Power Point Tracking*) que é uma função automática que constantemente busca o ponto máximo de potência dos painéis solares fotovoltaicos, maximizando a geração de energia para a rede. Além disso, é importante verificar a corrente

máxima MPPT, número de MPPTs/Strings por MPPT.

Na escolha do inversor adequado, deve-se observar para que a tensão da série não ultrapasse a tensão máxima, caso contrário danos poderão ocorrer danos ao equipamento. Além disso, a tensão da série não pode ficar abaixo do valor especificado na faixa de tensão, pois isso afetará o desempenho do inversor. Atentar-se para a corrente do arranjo paralelo dos módulos não ultrapassar a corrente máxima por MPPT. E verificar a possibilidade do arranjo de strings possíveis, tendo em vista o número de MPPTs disponíveis no modelo.

Por haver uma faixa de tensão indicada para cada MPPT, para o bom funcionamento do sistema, estes valores precisam ser obedecidos. É muito importante analisar os efeitos da temperatura no sistema. Dado que, a variação da temperatura pode acarretar a alteração das tensões dos módulos, a tensão nominal fornecida pelo fabricante do módulo, é válida para STC, entretanto, quando a temperatura é diferente do padrão de 25° C, é necessário fazer a correção do valor da tensão.

A Equação 3 pode ser utilizada para determinar a tensão mínima que o módulo pode chegar,

$$V_{mp_{min}} = N_{mod} * V_{mp} * (1 - (\beta_{vmp} * (25 - T_{máx}))). \quad (3)$$

Sendo:

*N<sub>mod</sub>*: Número de módulos;

*V<sub>mp<sub>min</sub></sub>*: Tensão mínima de máxima potência da série (V);

*V<sub>mp</sub>*: Tensão de máxima potência (V);

*β<sub>vmp</sub>*: Coeficiente de temperatura da tensão de máxima potência (%/°C);

*T<sub>máx</sub>*: Temperatura extrema máxima estimada.

O coeficiente de temperatura da tensão de máxima potência é uma constante negativa, e por isso se *T<sub>máx</sub>* é maior que a temperatura padrão de 25 °C, têm-se *V<sub>mp<sub>min</sub></sub>* é menor que *V<sub>mp</sub>*. Desta forma, observa-se o fenômeno que ocorre para altas temperaturas, diminuindo a tensão gerada pelo módulo, e conseqüentemente do seu arranjo em série. Portanto, é imprescindível garantir que a tensão do arranjo seja superior à mínima da faixa de tensão da MPPT, para a maior temperatura prevista na localidade.

No processo de dimensionamento do número de módulos fotovoltaicos conectados em série, deve-se levar em consideração a tensão máxima de entrada do inversor. O cuidado necessário no dimensionamento é levar em conta os extremos de temperatura a que o módulo será exposto no ambiente em que for instalado, já que a curva V-I é influenciada pela

temperatura do módulo.

A Equação 4 pode ser utilizada para determinar a tensão máxima, possível de ter em um único painel solar,

$$Vocmax = Nmod * Voc * (1 - (\beta voc * (25 - Tmáx))). \quad (4)$$

Sendo:

*Nmod*: Número de módulos;

*Vocmax*: Tensão máxima circuito aberto (V);

*Voc*: Tensão circuito aberto (V);

*βvoc*: Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto (%/°C);

*Tmáx*: Temperatura extrema mínima estimada.

De maneira semelhante, o coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto é negativo. Sendo assim, se a mínima temperatura histórica da região seja inferior a 25 °C, será verificado que a tensão máxima de circuito aberto será maior que a tensão de circuito aberto. Ressaltando a importância de analisar a tensão do módulo na menor temperatura prevista para o projeto, a fim de evitar que a tensão máxima por MPPT, seja maior que a máxima permitível.

Outra grandeza importante a ser considerada, é a temperatura de operação do módulo fotovoltaico, em determinadas condições ambientais. A Equação 5 pode ser utilizada para determinar a temperatura de operação do módulo:

$$Tmod = Tamb + G * \left( \frac{NOCT-20}{800} \right). \quad (5)$$

Sendo:

*Tmod*: Temperatura do módulo (°C);

*Tamb*: Temperatura ambiente (°C);

*G*: Irradiância incidente sobre o módulo (W/m<sup>2</sup>);

*βvoc*: Coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto (%/°C);

*NOCT*: Temperatura nominal de operação de célula do módulo (°C).

Com a tensão dos módulos corrigidas, é possível identificar o número máximo e mínimo de módulos que podem ser conectados em série. As Equações 6 e 7, mostram como calcular o número mínimo e máximos de módulos em série respectivamente,

$$Nmodserie_{min} = \frac{VminMPPT}{Vmp_{min}}, \quad (6)$$



$$N_{modserie_{max}} = \frac{V_{maxMPPT}}{V_{oc_{max}}}. \quad (7)$$

Além de verificar se as strings, mesmo com a correção de tensão dos módulos em série, estão dentro da faixa de tensões por MPPT, é preciso verificar se o arranjo em paralelo, caso haja, não exceda a corrente máxima por entrada. Por meio da Equação 8 é possível identificar o número de fileiras em paralelo possíveis de serem utilizadas em cada entrada do inversor. Caso haja alguma inconformidade, é indicado alterar a configuração das strings ou realizar a escolha de um outro inversor.

$$N_{modParalelo_{max}} = \frac{I_{maxMPPT}}{I_{cc_{mod}}} \quad (8)$$

Sendo:

$I_{maxMPPT}$ : Corrente máxima CC do inversor (A);

$I_{cc_{mod}}$ : Corrente de curto-circuito do módulo (A).

Já na saída do inversor, é essencial que haja a conformidade com a rede local, sendo compatível com o tipo de alimentação da rede, sua tensão nominal, frequência da rede, e corrente máxima. A corrente máxima é necessária para o correto dimensionamento das proteções e cabeamento. Destaca-se, entretanto, a potência nominal do inversor, um dos primeiros parâmetros analisados na escolha do inversor. É comum que o dimensionamento considere a atuação em sobrecarga deste equipamento. Os modelos de inversores que compõem os kits geradores da WEG, possuem capacidade de carregamento de até 150%, entretanto para fim de dimensionamento, é conveniente buscar inversores que atuem com sobrecarga em torno de 30%, ou seja, carregamento de 130%.

Considerando o uso do sobre carregamento, pode-se utilizar a Equação 9, para encontrar uma potência de inversor compatível com os módulos já selecionados.

$$Carr = \frac{N_{mod} * P_{mod}}{P_{inv}} \leq 150\% \quad (9)$$

Sendo:

$Carr$ : Carregamento do sistema (%);

$N_{mod}$ : Número de módulos;

$P_{mod}$ : Potência por módulo (Wp);

$P_{inv}$ : Potência de saída do inversor (Wp).

Se todos estes parâmetros forem obedecidos, o inversor pode ser utilizado para compor o kit gerador. Ademais, os cabos, conectores e estruturas, podem ser dimensionados a partir da configuração das strings, escolhidas.

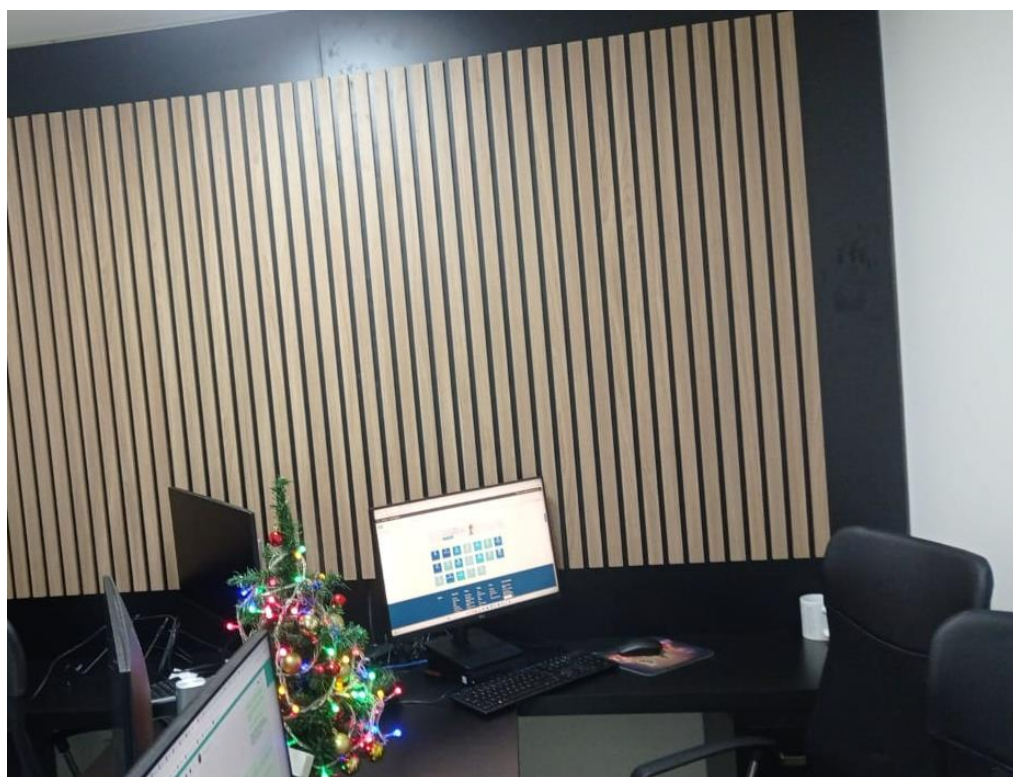
De maneira resumida, são dimensionados pares de conectores para cada conexão. As estruturas são selecionadas de acordo com o número de módulos, e a superfície de fixação, podendo ser em madeira, fibrocimento em metal. As proteções são dimensionadas de acordo com as correntes e tensões identificadas no projeto.

Por padrão, os kits de geradores fotovoltaicos da WEG, são compostos por: módulos fotovoltaicos com estrutura de fixação, conectores, cabos, inversores, proteção CA, e, como opcional, proteção CC externa ao inversor.

#### 4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Neste capítulo serão exibidas as atividades desenvolvidas pelo aluno durante a vigência do estágio de maneira presencial no escritório da DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA. Na Figura 15 é possível observar uma fotografia do local onde as atividades de estágio foram desempenhadas.

Figura 15 – Fotografia de escritório da DALPRA REPRESENTAÇÕES.



Autor (2024)

Como representante comercial, a realização de vendas no setor B2B é o pilar fundamental. Para consolidação dessas vendas existia previamente um Procedimento Operacional Padrão (POP) para orientar uma rotina que devia ser seguida para cada novo negócio. No POP existente estão definidas etapas básicas que podem ser expressas por meio da Figura 16.

Figura 16 – Etapas da consolidação de vendas na DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA.



Autor (2024)

A primeira etapa consistia no contato com o cliente, onde era realizada a sondagem inicial, verificando o perfil do cliente envolvido - empresa de engenharia, indústria em geral, comércio varejista, empresa que faz parte do produto final de outra empresa, denominada internamente como OEM (*Original Equipment Manufacturer*). A partir disto, realizava-se a verificação de quais áreas de produtos seriam potencialmente comercializados com o cliente, como, por exemplos, componentes de automação industrial, motores comerciais, motores industriais, transformadores, componentes para sistemas fotovoltaicos, entre outros.

Na confirmação de que o cliente desejava adquirir algum equipamento que estivesse dentro do escopo de setores WEG abordados pela Dalpra Representações, era solicitado dados, como, por exemplo, CNPJ, e realizado o cadastro inicial do cliente no sistema interno da Dalpra Representações, usando o programa *Agendor*, e no sistema da WEG por meio da plataforma MDM Dados Mestres.

A segunda etapa consistia na elaboração e posterior encaminhamento de propostas técnico-comerciais, também chamadas de cotações. Estas propostas possuíam o propósito de documentar para o cliente um orçamento para aquisição de produtos, informando detalhes comerciais e técnicos, como:

- Custos totais e unitários;
- Impostos incidentes;
- Tipo de frete e seu custo (se aplicável);
- Prazo de entrega;
- Prazo de faturamento;
- Validade da proposta;
- Características técnicas do produto.

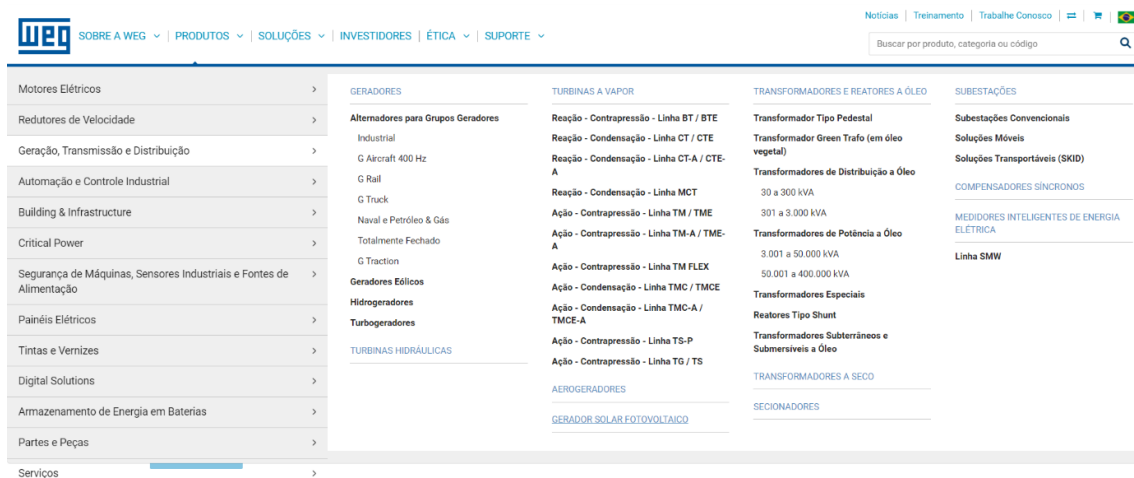
Estas cotações para a maioria dos setores de produtos eram realizadas por meio da plataforma de *e-commerce* da WEG, denominada *Easy*, exceto para produtos relacionados à SFV, os quais possuíam procedimentos diferentes para criação de propostas técnico-comerciais. Em ambos os casos, o encaminhamento formal da proposta era realizado via e-mail, e todos os passos realizados eram registrados também no programa *Agendor*.

Na plataforma *Easy*, as propostas eram criadas configurando os parâmetros necessários, de acordo com a solicitação do cliente. A maioria dos produtos do portfólio WEG estavam disponíveis na plataforma e podiam ser selecionados e adicionados à cotação, sendo necessário a realização da escolha dos itens por meio do código do produto quando conhecido, ou pelas características técnicas do produto. Quando não disponível algum produto específico na

plataforma, era realizado o contato do estagiário com os engenheiros ou representantes dos setores responsáveis da WEG e da plataforma, a fim de solicitar a criação dos itens do produto.

Com as devidas configurações realizadas, a documentação no formato técnico-comercial era gerada pela plataforma automaticamente. A tela inicial da plataforma *Easy* é exibida na Figura 17.

Figura 17 – Plataforma de *e-commerce* Easy da WEG.



Fonte: WEG. Easy, 2024. Disponível em: <https://www.weg.net/catalog/weg/BR/pt/weg-account>.

Na terceira etapa, denominada internamente de *Follow-Up*, as atividades estiveram relacionadas a verificação junto ao cliente, ou seja, se o mesmo recebeu a proposta formal via e-mail e se existia alguma dúvida relacionada à cotação. Esta etapa era crucial para verificar se o negócio seria consolidado ou não, e em caso negativo, receber o *feedback* de quais os aspectos motivadores da não aceitação da proposta. As tarefas realizadas pelo estagiário nesta etapa, consistiam em entrar em contato com o cliente, geralmente via *Whatsapp*, ou ligação telefônica.

A quarta etapa ocorria caso a cotação fosse aprovada pelo cliente, e nestes casos os últimos ajustes nos pedidos eram realizados, e por meio da plataforma *Easy* era criada uma Ordem de Venda (OV), ou seja, um número de protocolo que indicava a venda nos sistemas WEG.

Na quinta etapa, após a liberação da OV por meio dos setores responsáveis da WEG, era emitida uma documentação denominada confirmação de pedido, e com o devido processo de faturamento realizado, o processo de entrega era iniciado.

Por fim, na última etapa, com o negócio consolidado, era realizado pelo estagiário o acompanhamento do pedido, que consistia desde o rastreamento do pedido, até a emissão e disponibilização de notas fiscais, encaminhamento de certificados do INMETRO, envio de



Neste processo era informando os parâmetros das propostas requeridas, todavia, especificamente em 6 casos, o contato do cliente foi repassado ao estagiário desde o início, e assim todo o processo desde a captação das informações do projeto, a negociação com o cliente até o envio da proposta foi de responsabilidade do estagiário.

Quando o contato do cliente era feito primeiro com o supervisor, havia por seu intermédio uma filtragem das informações mais relevantes, e ocorria então, o encaminhamento apenas dos principais parâmetros para o estagiário, geralmente via *Whatsapp*, ou de maneira presencial, para que este criasse e ajustasse as propostas e retorna-se a proposta feita para o supervisor por meio de arquivo de imagem, para que esta imagem fosse disponibilizada ao cliente.

Depois que era realizado os dimensionamentos ou adequações aos produtos disponíveis para cotação, era feito pelo estagiário a captura de tela da planilha, ocultando linhas e colunas desnecessárias, e abrangendo somente as principais informações que são os componentes do kit gerador, suas respectivas quantidades e o custo total.

As demais propostas relacionadas aos diversos outros setores de produto, como propostas para motores, transformadores, componentes de automação, entre outros, eram disponibilizadas como demanda, através do Agendor. Estas demandas eram dispostas como tarefas pendentes, as quais tinham prazos pré-estipulados pelos sócios da empresa e eram direcionadas ao estagiário. O processo de montagem da proposta era realizado por meio da plataforma Easy, com auxílio dos catálogos de produtos WEG.

Dentre as propostas criadas pelo estagiário que não eram voltadas à SFVs, percebeu-se a incidência principalmente de demandas de elaboração de propostas voltadas aos produtos de automação e controle industrial, relacionadas ao setor de *Drivers and Controls* da WEG, sendo este, o segundo tipo mais comum de propostas elaboradas pelo estagiário, com aproximadamente uma dezena de cotações criadas.

Dentre estes produtos, foram feitas cotações de *soft-starters*, interfaces de operação (IHM), chaves de partida, disjuntores caixa moldada, minidisjuntores, entre outros produtos. Também percebeu-se que a criação de cotações desde tipo de produto geralmente era mais demorada, devido ao grande número de modelos diferentes de produtos, que geralmente eram solicitados pelos clientes, sobretudo ao que se refere as cotações que continham chaves de partida.

Além disso, observou-se uma maior complexidade voltada principalmente na elaboração de propostas de *soft-starters* e IHM, tendo em vista a necessidade de entender minuciosamente os projetos das empresas interessadas na aquisição destes equipamentos, a

fim de verificar a compatibilidade na integração com os diferentes dispositivos que o cliente desejava utilizar.

Em um dos casos reais vivenciados de elaboração de propostas técnico-comerciais, uma empresa desejava realizar a integração de algum IHM da WEG com leitores de QR CODE previamente adquiridos. Eram exigidos também que o IHM possuísse uma tela igual ou superior à 10 polegadas, fosse compatível com o CODESYS, e contasse com módulos de expansão de carga, módulos de expansão IO e módulo de leitura de QR CODE.

Após diversas análises internas, e com o contato das equipes de desenvolvimento da WEG, foi possível que o estagiário realizasse a cotação. A proposta está representada no Anexo C, com as informações pessoais ou sensíveis tendo sido ocultadas.

## **4.2 Implantação de Pedidos**

Dentre as atividades mais comuns durante vigência do estágio, pode-se se destacar a implantação de pedidos no sistema da WEG, ou seja, a concretização de vendas, geralmente realizadas após o aceite das respectivas cotações previamente criadas. Entretanto, em alguns casos em que se tinha clientes com compras recorrentes e já pré-definidas, estas implantações de pedidos eram realizadas sem a necessidade de realização de cotação anterior para cada implantação.

O estagiário, por meio da plataforma Easy, realizou a implantação de aproximadamente 50 pedidos em sistema durante o estágio. Destes, 36 foram relacionados a implantação de pedidos recorrentes e os demais relacionados a pedidos feitos a partir de aprovação de propostas.

Dentre as implantações de pedidos realizadas pelo estagiário, a maior incidência de pedidos foi relacionada a compra de motores comerciais, totalizando a venda de aproximadamente 1200 motores. Estas implantações de pedidos estiveram relacionadas uma empresa que realizava compras padronizadas e recorrentes de motores, e realizou diferentes pedidos para suprir sua demanda anual de 2024. O segundo maior número de implantações esteve relacionado à kit de sistemas fotovoltaicos, seguido por componentes de automação e outros produtos.

## **4.3 Treinamentos**

Como uma empresa atuante como representante da WEG, e responsável por oferecer ao



mercado produtos elétricos, geralmente com tecnologia de ponta empregada, é essencial que para boa atuação no mercado, tenha-se um bom domínio técnico e teórico para compreensão e capacidade de explicação aos clientes, das características técnicas e diferenciais dos produtos oferecidos.

Semanalmente, o estagiário era submetido à treinamentos junto à instrutores da WEG, onde estes exibiam os lançamentos de novas linhas de produtos, esclareciam dúvidas técnicas sobre os novos produtos e reforçavam os diferenciais competitivos destes produtos.

Os treinamentos eram realizados pela WEG para todas as suas representações do Brasil, com horários disponíveis em dois turnos, pela manhã e pela tarde. Estes treinamentos ocorriam de maneira remota por videoconferência no Microsoft Teams. Na Figura 19 mostra-se a captura de tela de um dos treinamentos realizados pelo estagiário.

Figura 19 – Captura de tela de treinamento sobre linha de alternadores síncronos.



Fonte: Autor (2024)

Diversos treinamentos foram realizados com diferentes assuntos, como por exemplos, sobre as linhas de soft-starters SSW05, SSW07, SSW08 e SSW900, sobre a recém-chegada linha AW10 de alternadores síncronos, além de treinamentos relacionados as linhas de capacitores da WEG e compensação de fator de potência, dimensionamentos fotovoltaicos entre outros.

#### **4.4 Reuniões**

No processo de contato com o cliente, na negociação e no saneamento de dúvidas, é crucial que o estagiário esteja apto e com conhecimento suficiente para explicar ao cliente da melhor forma, os benefícios e vantagens advindos da aquisição de um determinado produto.

Ao longo do estágio, a realização de reuniões foi um aspecto importante, tanto referente a parte comercial, como relacionada à assuntos técnicos. Estas reuniões realizadas pelo estagiário ocorreram tanto com os clientes, como com as equipes de desenvolvimento internas da WEG.

As reuniões com clientes ocorriam por diferentes meios, geralmente remotamente via Google Meet ou Microsoft Teams. Nestas reuniões eram tratadas questões relacionadas à propostas técnico-comerciais e também serviam como processo de sondagem sobre projetos dos clientes e de como a WEG poderia oferecer produtos para suprir as necessidades destes projetos, afim de gerar novas propostas e efetuar vendas.

O estagiário também realizava reuniões com os engenheiros de desenvolvimento e responsáveis por outros setores internos da WEG. As reuniões, majoritariamente, eram realizadas através do Microsoft Teams e estavam relacionados principalmente, à resolução de problemas de cunho técnico, não possíveis de resolução dentro do escritório da representação.

Além disso, também eram realizadas reuniões de verificações de características, como compatibilidade de produtos WEG com determinados softwares ou produtos de terceiros, visando elaborar soluções para clientes.

#### **4.5 Análise, Adequação e Dimensionamento de Sistemas de Geração Fotovoltaica**

Grande parte das atividades desenvolvidas estiveram relacionadas ao setor de energia solar fotovoltaica, por ser o ramo da empresa com maior número de clientes, sobretudo empresas atuantes como integradoras de energia solar. Neste sentido, o estagiário esteve responsável pela análise de projetos e adequação de pedidos aos itens disponíveis para elaboração de cotações. Além disso, também foram executadas atividades de dimensionamento, com foco na seleção dos componentes necessários e adequados para criação de propostas técnico-comerciais. O estagiário durante o estágio realizou aproximadamente 3 dezenas de atividades deste tipo, incluindo dimensionamentos básicos em que os cálculos iniciais já foram informados pelo cliente, além de casos que estes cálculos foram realizados pela DALPRA REPRESENTAÇÕES.

O estagiário dentre suas atividades desenvolvidas, realizou alguns dimensionamentos de sistemas para geração fotovoltaica. Dentre os que foram realizados, aborda-se um caso real por meio de estudo de caso, exemplificando os procedimentos utilizados neste processo.

O estudo de caso está relacionado ao caso de consolidação de uma venda um sistema gerador fotovoltaico, em que o dimensionamento foi realizado pela DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA, nele é abordado os detalhes obtidos da coleta de dados, realizada pela empresa integradora de energia solar, e disponibilizados o dimensionamento detalhado dos principais componentes, a definição do kit fotovoltaico ideal, até a consolidação de negócio, que consiste no envio e aprovação de proposta, implantação e confirmação de pedido. Por fim é mostrado pela empresa o sistema instalado funcionando e o respectivo feedback.

É importante saber quais as implicações que o cliente deseja sanar com o sistema, e os limitantes, a fim de guiá-lo numa boa compra, baseada no portfólio de produtos oferecidos pela WEG. Sendo assim, foi abordado um estudo de caso, dentre os diversos negócios fechados durante a vigência do estágio, com o passo a passo de atividades desenvolvidas, exemplificando o tipo de atividade realizada.

A primeira etapa do estudo de caso, consistiu em entender a necessidade do cliente final, e obter dados da coleta realizada para empresa. Nesta coleta foi informado que cliente final, possui um prédio comercial, e que deseja um sistema de geração fotovoltaica *on-grid*, a fim de suprir a carga atual, não tendo previsão de aumento ou diminuição da carga. Durante o processo de sondagem do cliente final, foi feita a solicitação da última fatura, referente ao mês de novembro, a fim de identificar qual a energia média consumida pela instalação comercial. Esta fatura foi disponibilizada e os consumos mensais podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1 – Consumos mensais.

Mês												
NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
864	1006	916	980	1085	1029	1021	1057	1103	1058	1164	1161	862

Fonte: Autor (2024)

A partir destes dados, foi possível ser calculada a energia média mensal consumida, por meio da Equação 10,

$$C_{med} = \sum_{Dez}^{Nov} \frac{Consumo\_mensal}{12} . \quad (10)$$

Portanto, a energia média consumida foi de 1036,83 kWh/mês. Este valor é utilizado como estimativa de consumo, tendo em vista que não há previsão de aumento ou diminuição pelo cliente.

De posse da fatura, obteve-se a localização exata da localidade e utilizando o Weather Spark (<https://pt.weatherspark.com/>), foi possível obter dados climáticos, como as temperaturas máximas e mínimas históricas. A temperatura ambiente mínima identificada foi de 19 °C, e a máxima de 33 °C.

Através do endereço completo da instalação, foram verificadas as coordenadas geodésicas do local, ou seja, latitude e longitude. A partir disso, foi identificado que o ângulo de latitude na edificação é de aproximadamente 7.48°, de tal forma que este seria o ângulo ótimo para inclinação dos painéis. Entretanto, caso fosse realizada a instalação com este ângulo, os painéis estariam mais propensos ao acúmulo de sujidade como poeira e compostos orgânicos.

Ao invés disso, foi adotado o próprio ângulo de inclinação do telhado, que está disposto com 19° com relação ao plano horizontal, esta escolha favorece a estética da instalação, evita sombreamento interno à instalação, e evita o aumento de esforços mecânicos extras nos módulos e estruturas, devido à força gerada pelo fluxo de ar que impacta estes componentes.

Pelo fato de a quantidade de painéis ocuparem uma área grande do telhado, não seria possível instalar os módulos todos em uma única água do telhado. Ao invés disso, os painéis estariam dispostos de tal forma, que metade dos painéis ficassem em uma água do telhado nomeada de A, e a outra metade na água do telhado complementar chamada de B. Verificou-se que as águas A e B estavam com uns desvios azimutais de aproximadamente 9°, e 171° respectivamente.

A irradiação global horizontal para a localização, segundo o Global Solar Atlas (<https://globalsolaratlas.info>) foi de 5.420 kWh/m<sup>2</sup> por dia e a irradiação global inclinada em ângulo ideal (7°) foi obtida com valor de 5.452 kWh/m<sup>2</sup> por dia. Conforme pode ser visto na Figura 20. Entretanto ajustes e correções nos valores da irradiação que incide nos módulos, precisam serem feitos, devido a diferença do ângulo de inclinação dos painéis e desvio azimutal que não são os ideais.

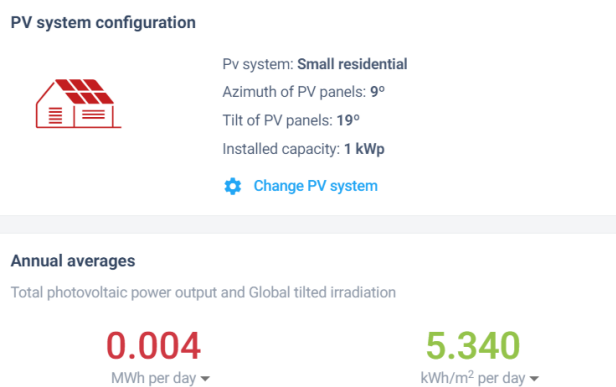
Figura 20 – Diferentes tipos de irradiações, para as coordenadas geográficas da edificação.

SITE INFO			
<b>Map data</b>		Per day ▾	
<input checked="" type="checkbox"/>	Specific photovoltaic power output	PVOUT specific	4.276 kWh/kWp per day ▾
	Direct normal irradiation	DNI	4.091 kWh/m <sup>2</sup> per day ▾
	Global horizontal irradiation	GHI	5.420 kWh/m <sup>2</sup> per day ▾
	Diffuse horizontal irradiation	DIF	2.492 kWh/m <sup>2</sup> per day ▾
	Global tilted irradiation at optimum angle	GTI opta	5.452 kWh/m <sup>2</sup> per day ▾
	Optimum tilt of PV modules	OPTA	7 / 0 °
	Air temperature	TEMP	25.4 °C ▾
	Terrain elevation	ELE	343 m ▾

Fonte: Autor (2024)

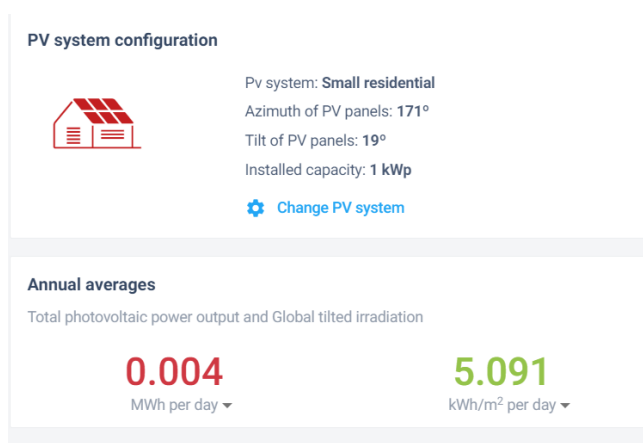
Visando uma estimativa de geração mais aproximada do valor real, realiza-se o recálculo que utiliza fatores de correção para a inclinação do painel, possibilitando encontrar a irradiação inclinada para o ângulo de 19°, com os desvios azimutais para os módulos dispostos tanto na água do telhado A, quanto na B. Estes resultados foram obtidos também no Solar Global Atlas, e são exemplificados nas Figuras 21 e 22, respectivamente.

Figura 21 – Irradiação inclinada corrigida p/ ângulo de 19 ° e desvio azimutal de 9 °.



Fonte: Autor (2024)

Figura 22 – Irradiação inclinada corrigida p/ ângulo de 19 ° e desvio azimutal de 171 °.



Fonte: Autor (2024)

Sabendo que a irradiação de referência é constante com valor de 1 kWh/m<sup>2</sup> e utilizando uma taxa de desempenho de 75%, e sendo considerada a irradiação incidente como média das incidências para as inclinações A e B do telhado. É possível estimar a potência fotovoltaica, conforme a Equação 11:

$$P_{fv} = \frac{1036,83 \times 1,00}{30 \times 5,22 \times 0,75} = 8,84 \text{ kWp.} \quad (11)$$

Assim, pode-se determinar o tipo e quantidade de módulos necessários para suprir esta potência fotovoltaica. Os módulos disponíveis para cotação, são expressos na Tabela 2, e para cada um deles observa-se a quantidade de módulos necessários, obtidos a partir da Equação 2. As especificações técnicas destes modelos podem ser visualizadas no Anexo B.

Tabela 2 – Modelos de módulos disponíveis e número de módulos necessários.

Modelos de módulos	Pfv/ Pmod
Módulo Monocristalino 540 Wp BYD	16,37
Módulo Monocristalino 550 Wp ASTROENERGY	16,07
Módulo Monocristalino 550 Wp JA SOLAR	16,07
Módulo Monocristalino 555 Wp LONGI	15,93
Módulo Monocristalino 660 Wp RISEN BIFACIAL	13,39

Fonte: Autor (2024)

Considerando exclusivamente os custos dos tipos de módulos listados na Tabela 2 para atender à potência FV necessária no projeto, faz-se uma comparação entre a utilização de 14 unidades de módulos bifaciais da RISEN e 16 unidades dos módulos monofaciais das fabricantes ASTROENERGY, JA SOLAR e LONGI. A opção pelos módulos bifaciais implica em um investimento econômico mais elevado em comparação com os monofaciais, resultando em aumentos de custo de 8,15%, 10,38% e 7,18%, respectivamente, com base nos valores estabelecidos em dezembro de 2023.

Dado que a instalação será em um telhado, onde o albedo não tem tanta relevância, a escolha dos módulos bifaciais não é recomendada. O desempenho adicional desses módulos ainda não compensa o aumento do investimento, o que torna sua adoção economicamente pouco vantajosa nessa situação. Assim, é preferível optar pelos módulos convencionais, ou seja, do tipo monofacial.

Visando oferecer uma proposta mais atraente economicamente ao cliente, é realizada uma cotação utilizando o modelo de módulo com 550 Wp, tendo em vista que a razão entre a potência do sistema e a potência do módulo possui um valor imediatamente superior a um número natural. Isto implica que ao realizar a aproximação, haverá uma potência do conjunto de módulos mais próxima possível da potência fotovoltaica necessária, sem exceder este valor, o que implica na minimização do custo do projeto.

Portanto, o número de módulos necessários pode ser obtido através da Equação 12,

$$N_{mod} = 8,84 \div 0,55 = 16,07 \text{ Módulos.} \quad (12)$$

Não sendo possível utilização de frações de módulos, aproximou-se para 16 módulos de 550 Wp, que são fabricados tanto pela ASTROENERGY, quanto pela JA SOLAR.

Dentre os modelos de 550 Wp, visando gerar uma proposta mais atrativa economicamente para o cliente, foi realizada a proposta utilizando o módulo monocristalino 550 Wp JA SOLAR, por possuir menor valor unitário.

As especificações elétricas, mecânicas e características de funcionamento do módulo escolhido podem ser observadas na Figura 23.

Figura 23 - Informações da folha de dados do módulo monocristalino 550 Wp JA SOLAR.

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	550 W
Tensão de Operação (Vmp)	41,96 V
Corrente de Operação (Imp)	13,11 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	49,90 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	14,00 A
Eficiência do Módulo	21,30 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W
Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	144 cells
Dimensões	2278 x 1134 x 30 mm
Peso	27,3 kg
Características	
Coefficiente de Temperatura (Pmax)	-0,350 %/°C
Coefficiente de Temperatura (Voc)	-0,275 %/°C
Coefficiente de Temperatura (Isc)	+0,045 %/°C

Fonte: WEG TURBINAS E SOLAR LTDA

A próxima etapa consistiu na escolha do inversor a ser utilizado. Pelo fato de o projeto contemplar o uso de vários módulos, a utilização de micro inversor não é adequada, pois seriam necessárias várias unidades de microinversores, o que aumentaria muito o custo do sistema, sendo, portanto, escolhido o tipo de inversor *string*. Por ser para SFCR, o inversor precisa ser do grupo *grid-tie*, e o seu princípio de funcionamento com comutação pela rede.

No processo de coleta de dados da instalação atual, foi verificada que ela estava ligada a rede da concessionária por meio de ligação monofásica, com tensão de 220 V e frequência de 60 Hz.

Sendo então separados e dispostos em uma lista os inversores compatíveis tanto com o tipo, quanto com os parâmetros da rede, visando a escolha de um modelo que cumpra os requisitos do projeto. Na Tabela 3, mostra-se a lista de inversores com características compatíveis, suas respectivas potências CA, e o percentual de carregamento associado à potência dos módulos, previamente definidos.



Tabela 3 – Modelos de inversores, potência e carregamento.

<b>Modelos de inversores</b>	<b>Potência (kW)</b>	<b>Carr (%)</b>
SIW300H M020 L1	2	440,0
SIW300H M040 L1	4	220,0
SIW300H M050 L1	5	176,0
SIW300H M060 L1	6	146,7
SIW200G M030 W0	3	293,3
SIW200G M050 W0	5	176,0
SIW200G M060 W0	6	146,7
SIW200G M070 W0	7	125,7
SIW200G M080 W0	8	110,0
SIW200G M090 W0	9	97,8
SIW200G M105 W0	10,5	83,8

Fonte: Autor (2024)

Analisando a potência dos modelos, e o carregamento associado a escolha de cada um deles, é imediatamente descartado todos os que possuem carregamento superior a 150%, pois estes estariam propensos a serem danificados se utilizados, devido à alta potência que os módulos poderiam gerar. Além disso, é verificado que o cliente deseja trabalhar utilizando o inversor em sobrecarga, portanto os modelos factíveis de utilização precisam ter carregamento superior a 100%. Os modelos que podem ser utilizados, se restringem ao SIW300H M060 L1, SIW200G M060 W0, SIW200G M070 W0 e SIW200G M080 W0.

Os modelos de inversores WEG podem atuar com carregamento de até 150%, entretanto não é indicado dimensionar sistemas que atuem muito próximo deste limite, levando em consideração oscilações na geração, que poderiam danificar o equipamento. Sendo assim, também é descartado como procedimento de segurança os modelos com 146,7% de carregamento, por possuírem menos de 5% de margem até o limite do inversor. Desta forma, entre os modelos disponíveis restantes, é preferível utilizar o modelo com maior taxa de carregamento, que é o SIW200G M070 W0, possibilitando um melhor custo-benefício, tendo 125,7% de carregamento.

Além disso, é importante analisar o *datasheet* do inversor, para identificar a compatibilidade com o tipo de projeto planejado, sobretudo com a entrada. As principais

informações do inversor analisado estão descritas na Figura 24.

Figura 24 - Informações da folha de dados do inversor SIW 200G M070 W0.

Modelo	SIW200G M070 W0
<b>Entrada (CC)</b>	
Máxima tensão de entrada	600 V
Faixa de tensão de máxima potência	80 ... 500 V
Máxima corrente entrada por MPPT	14 A
Número de MPPT	3
Número de entradas CC	3
<b>Saída (CA)</b>	
Tensão de saída 2Φ	220 V
Potência de saída	7,0 kW
Frequência CA	60 Hz
Corrente de saída	35,0 A
Máxima eficiência do inversor	97,8 %
<b>Informações gerais</b>	
Temperatura ambiente	-20 °C ... 60 °C
Grau de proteção	IP65
Umidade relativa do ar	Até 100 % - sem condensação

Fonte: WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

A partir dos dados da entrada do inversor, é possível verificar a possibilidade de arranjo de strings para 16 módulos do projeto. Observa-se que o inversor possui 3 entradas disponíveis e 3 MPPTS's.

Como cada módulo escolhido possui 41,96 V sob condições de teste padrão, considerando o ajuste da tensão, é possível analisar os limites para arranjo em strings.

Das características do módulo escolhido, observa-se que o mesmo possui um coeficiente de temperatura de máxima potência com valor de  $-0,350 \text{ } \%/^{\circ}\text{C}$ . A temperatura extrema máxima estimada para os módulos está relacionada a diversos fatores e variáveis, como irradiação solar incidente, velocidade do vento, distância dos módulos do telhado, temperatura ambiente, entre algumas outras nem sempre conhecidas. De maneira simplificada, utiliza-se a Equação 5, para determinação da temperatura de operação. Considerando a temperatura máxima histórica como temperatura ambiente de  $33^{\circ}\text{C}$ , a máxima temperatura nominal de operação da célula do módulo, encontrada no Anexo A, com valor de  $45 \pm 2^{\circ}\text{C}$ , e considerando o valor da irradiância, como o valor padrão de  $1000 \text{ Wh/m}^2$  é possível determinar a temperatura máxima de operação

conforme Equação 13:

$$T_{mod} = 33 + 1000 * \left( \frac{47-20}{800} \right) = 66,75^{\circ}\text{C}. \quad (13)$$

Cada módulo, portanto, poderá chegar a uma tensão mínima, de 35,83 V, conforme mostrado na Equação 14,

$$V_{mp_{min}} = 1 * 41,96 * (1 - ((-0,350/100) * (25 - 66,75))) = 35,83 \text{ V}. \quad (14)$$

O Módulo Monocristalino 550 Wp JA SOLAR, possui um coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto igual a -0,275%/°C. A temperatura a ser considerada é a mínima histórica de 19°C. Sendo assim, cada um destes painéis poderá atingir uma tensão máxima de 42,65 V, conforme a Equação 15:

$$V_{mocmax} = 1 * 41,96 * (1 - ((-0,275/100) * (25 - 19))) = 42,65 \text{ V}. \quad (15)$$

Considerando que a faixa de tensão na entrada do inversor é entre 80 e 500 V. Pode-se ainda calcular o número de módulos mínimos e máximos possíveis de serem distribuídos em série, dentro da faixa de tensão de entrada do inversor. Na Equação 16 mostra-se o número exato de módulos mínimos para manter-se dentro da faixa, e a Equação 17 de maneira análoga representa o número máximo de módulos que podem ser alocados em série.

$$N_{mod_{min}} = \frac{80}{35,83} = 2,23, \quad (16)$$

$$N_{mod_{max}} = \frac{500}{42,65} = 11,73. \quad (17)$$

Sabendo que não há como usar número de módulos não inteiros, observa-se que para manter-se entre os limites estabelecidos pelo inversor a conexão em série de módulos não pode ser inferior a 3 nem superior a 11 unidades.

A corrente máxima por MPPT, também precisa ser respeitada, para seu correto funcionamento. É observado que o módulo escolhido possui corrente de curto-circuito de 14,00 A, e a máxima corrente de entrada CC por MPPT é também de 14 A. Sendo assim, o número de módulos em paralelo que podem ser alocados e uma das entradas do inversor é calculada conforme a Equação 18,

$$N_{modParalelo_{max}} = \frac{14}{14} = 1 . \quad (18)$$

Portanto, o inversor não admite strings em paralelo em suas entradas, possibilitando funcionamento adequado na situação de apenas 1 fileira de módulos.

Como o projeto possui 16 módulos, existem alternativas para o uso do inversor, como por exemplo utilizando apenas 2, das 3 entradas disponíveis. Em cada entrada, um arranjo com 8 módulos em série em uma única fileira. Este arranjo atua com tensões estimadas de 279,28 V até 341,2 V, e com corrente de 13,11 A. Além destas, outras configurações são possíveis variando a quantidade de módulos em série, desde que este esteja no intervalo de 3 e 11 módulos por entrada.

Os demais itens que complementam o kit fotovoltaico, são dimensionados de maneira automática, por uma planilha em Excel, disponibilizada pela WEG. Em que os dados de entrada são as quantidades e modelos tanto de módulos quanto de inversores, o tipo de estrutura e fixação por sua vez, tem o tipo escolhido, e somente a quantidade calculada.

Os itens complementares calculados automaticamente tanto em quantidade como em tipo, alguns componentes são calculados desta forma, como, por exemplos:

- Protetores de surto;
- Proteção CA (disjuntores);
- Dispositivos de monitoramento;
- Cabeamento;
- Conectores.

Após o dimensionamento do sistema, passa-se para a fase de negociação final com o cliente, na qual são detalhados os itens e especificações técnicas do SFV, bem como são confirmados detalhes como frete, prazos de entrega e métodos de pagamento. Durante essa etapa, uma proposta inicial é submetida à aprovação do cliente. A Figura 25 mostra o kit montado com as principais informações técnicas do kit gerador, e compõe uma das partes da proposta técnico comercial.

Após a aprovação preliminar, uma proposta técnico-comercial é enviada por e-mail, contendo todas as informações negociadas anteriormente. O cliente pode então aceitar formalmente a proposta, possibilitando a posterior implantação no sistema da empresa. Uma lista de itens, contendo todos os componentes do kit gerador fotovoltaico, é enviada como parte da proposta formal. Demais informações comerciais, são preservadas por questões de

privacidade do cliente e da empresa.

Figura 25 – Listagem de itens do kit gerador fotovoltaico 8,8 kWp.

Gerador Fotovoltaico de 8,8 kWp	
Quantidade	Material
16	Módulo Monocristalino 550 Wp - JA SOLAR
1	Inversor Monofásico 220 V SIW200G M070 W0
2	Protetor surto CA SPW02-275-20
4	Conector MC4 6 mm <sup>2</sup>
75	Cabo CC Unipolar flexível NH 6 mm <sup>2</sup> Preto
75	Cabo CC Unipolar flexível NH 6 mm <sup>2</sup> Vermelho
1	Disjuntor CA MDWP-C63-2
4	Estrutura para telhado Cerâmico 4 módulos em retrato

Fonte: Autor (2024)

Após a confirmação do pedido, é necessário cadastrar o cliente no sistema WEG. Esse processo é iniciado através da plataforma MDM - Dados Mestres, e utilizando os dados pessoais do cliente e sua representação para criar o cadastro na área de vendas de componentes e kits de geradores fotovoltaicos. Com a aprovação da proposta pelo cliente e a ativação do seu cadastro para a compra do kit, começa-se a implantação do pedido no sistema da WEG. Esse procedimento é realizado através da plataforma Easy, onde o kit é configurado de acordo com o dimensionamento feito, e uma OV é criada.

Após a confirmação do cliente, a ordem de venda é formalizada pela equipe de vendas e faturamento da WEG Solar. Uma confirmação de pedido é gerada e repassada ao cliente. Com o pagamento efetuado, o processo de faturamento é iniciado pela WEG e a entrega do kit é programada conforme o tipo de frete escolhido. O acompanhamento do faturamento e entrega é realizado até o recebimento pelo cliente.

A instalação foi feita pelo integrador solar, e o sistema de geração foi alocado e conectado corretamente conforme planejado. Após concluído este processo o cliente disponibilizou imagens do sistema já instalado e funcionando perfeitamente. Nas Figuras 26 e 27, mostra-se imagens aéreas feitas por drone exibindo a disposição dos painéis no telhado do cliente final.

Figura 26 – Fotografia feita com drone dos módulos de 550 Wp JA SOLAR instalados.



Fonte: Autor (2024)

Figura 27 – Fotografia de inversor WEG modelo SIW200G M070 W0 instalado.



Fonte: Autor (2024)

#### **4.6 Acompanhamento de Pedidos em Carteira**

Durante a vigência, o estagiário foi responsável pelo acompanhamento de pedidos em garantia, desempenhando uma série de atividades para garantir a satisfação do cliente e a eficiência do processo. Houve o monitoramento dos status dos pedidos, verificando se as condições de garantia eram atendidas e mantendo comunicação constante com as áreas envolvidas da WEG e com os clientes.

Ademais, atividades relacionadas ao acompanhamento de pedidos em carteira, ou seja, de vendas já concretizadas, foram realizadas pelo estagiário. Abrangendo desde o envio de certificados INMETRO, ficha técnica de produtos, documentações dos prazos de garantia dos produtos.

Quando os produtos relacionados à estas solicitações eram voltadas para sistemas fotovoltaicos, a maioria dos dados necessários eram obtidos pelo estagiário por meio de um programa interno da WEG, denominado Solar Box, que consistia em um acervo de documentos, tais como, certificados, folha de dados, e tempo de garantia para os diferentes modelos de produtos, tais como inversores, módulos, estruturas e demais componentes de SFVs. Para demais produtos, o estagiário falava com os setores de produtos responsáveis para solicitar estes dados e assim poder disponibilizar para os clientes interessados.

Além disso, o estagiário auxiliou na documentação dos processos, registrando informações críticas sobre cada caso para referência futura. Também foi parte de suas atribuições, identificar possíveis problemas ou atrasos no processamento das garantias e propor soluções para melhorar a eficiência. Ao final do período, seu trabalho contribuiu para a redução do tempo de resposta nos pedidos em garantia e para um relacionamento mais transparente com os clientes.



## 5. CONCLUSÃO

O estágio supervisionado descrito neste relatório foi desenvolvido presencialmente para a empresa DALPRA REPRESENTAÇÕES LTDA e possibilitou ao estagiário colocar em prática os conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Elétrica.

Durante o processo de elaboração de propostas técnico-comerciais, houve a necessidade de o estagiário entender minuciosamente as características dos mais diversos produtos dentro do portfólio da empresa, afim de elaborar soluções para diferentes tipos de projetos, contornando problemas e praticando habilidades técnicas como análise, adequações e dimensionamentos de projetos, sobretudo voltados ao setor de energia solar fotovoltaica.

Aliado a isto, as cotações geradas pelo estagiário possibilitaram o aumento de pedidos implantados pela empresa e, conseqüentemente, o aumento de vendas consolidadas, além de agregar ao conhecimento técnico do aluno, seja por meio das análises e comparações técnicas realizadas de diferentes modelos de produtos para diversas aplicações, assim como relacionados aos treinamentos realizados.

Atividades desenvolvidas como implantação de pedidos e acompanhamento de pedidos em carteira possibilitaram o enriquecimento das habilidades de gerenciamento e coordenação. O processo de comunicação e participações em reuniões com clientes e com os setores internos da WEG aprimoraram a capacidade de organização, comunicação e resolução de problemas. Essas atividades também permitiram uma visão prática dos processos comerciais, consolidando conhecimentos sobre dinâmica de vendas, relacionamento com clientes e fluxos operacionais dentro de uma empresa de representação comercial.

Logo, a realização do estágio proporcionou uma experiência valiosa para o desenvolvimento profissional, contribuindo para a formação de uma abordagem mais eficaz e estruturada na condução de atividades relacionadas ao setor empresarial.

## REFERÊNCIAS

ABNT, A. B. D. N. T. NBR10899/TB-328. Conversão Fotovoltaica de Energia Solar. Rio de Janeiro. 1998.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica, “Resolução Normativa nº 687/2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST, Brasília, Brasil, março, 2016.

ANEEL. Atlas Energia Solar. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia\\_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: maio de 2024.

Araújo, G.P.; Ramanauskas, L.F.C.; Zanesco, I.; Moehlecke, A. Comparação de Análise de módulos fotovoltaicos com células de silício cristalino. Abr. 2018. Disponível em: [https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/12374/2/Comparacao\\_e\\_analise\\_de\\_modulos\\_fotovoltaicos\\_com\\_celulas\\_de\\_silicio\\_cristalino.pdf](https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/12374/2/Comparacao_e_analise_de_modulos_fotovoltaicos_com_celulas_de_silicio_cristalino.pdf). Acesso em: maio de 2024.

ESTÁGIO, In HOUAISS, Antônio. Minidicionário Houaiss da Língua Portuguesa. Instituto Antônio Houaiss de Lexicografia e Banco de Dados da Língua Português. Rio de Janeiro: Objetiva 2003.

Ferreira, I.S. **Breve histórico da regulamentação da geração distribuída no Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Bacharelado em Ciência e Tecnologia do Mar, BICT-Mar, da Universidade Federal de São Paulo. 22p. Santos-SP. 2022.

Ghafoor, A.; Munir, A. Design and economics analysis of an off-grid PV system for household electrification. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, [s.l.], v. 42, p.496-502, fev. 2015.

Luz, A.C. **Relatório de estágio integrado: Allumer Engenharia e Energia**, da Universidade Federal de Campina Grande. 55p. Campina Grande-PB. 2023.

Pereira, E. B.; Martins, F. R.; Gonçalves, A. R.; Costa, R. S.; de Lima, F. J.L; Rütther, R.; de Abreu, S. L.; Tiepolo, G. M.; De Souza, J. G. Atlas Brasileiro De Energia Solar, INPE. 2017. Disponível em: [https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td\\_2388.pdf](https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/TDs/td_2388.pdf). Acesso em: maio de 2024.

Pinho, J. T.; Galdino, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Grupo de Trabalho de Energia Solar – GTES. CEPEL – DTE – CRESESB. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual\\_de\\_Engenharia\\_FV\\_2014.pdf](https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf). Acesso em: maio de 2024.

Villalva, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações. 2. ed. [S.l.]: Editora Érica, 2015.

# ANEXO A

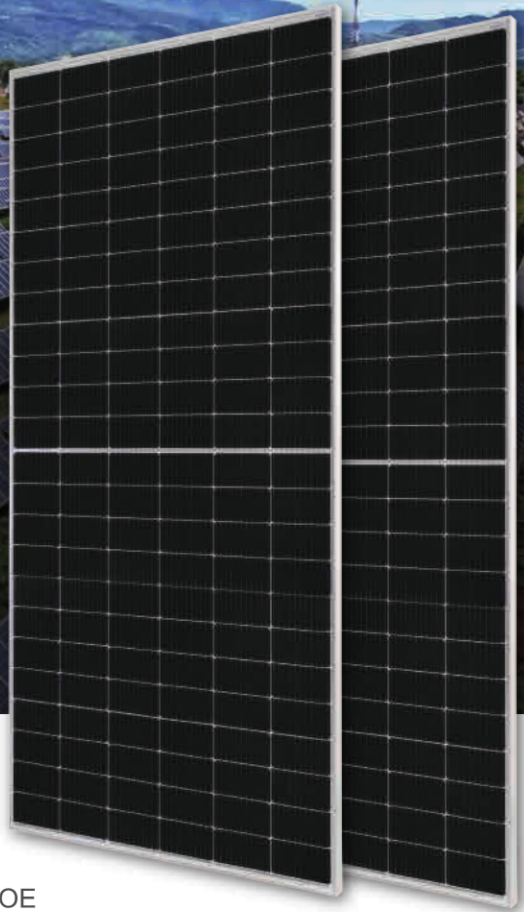
## DEEP BLUE 3.0

**Mono**

**550W MBB Half-cell Module**  
**JAM72S30 525-550/MR/1500V** Series

### Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

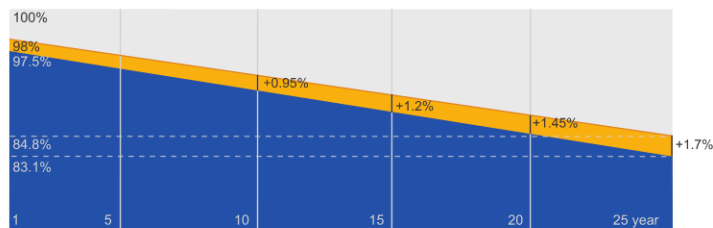


Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

**0.55% Annual Degradation Over 25 years**



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

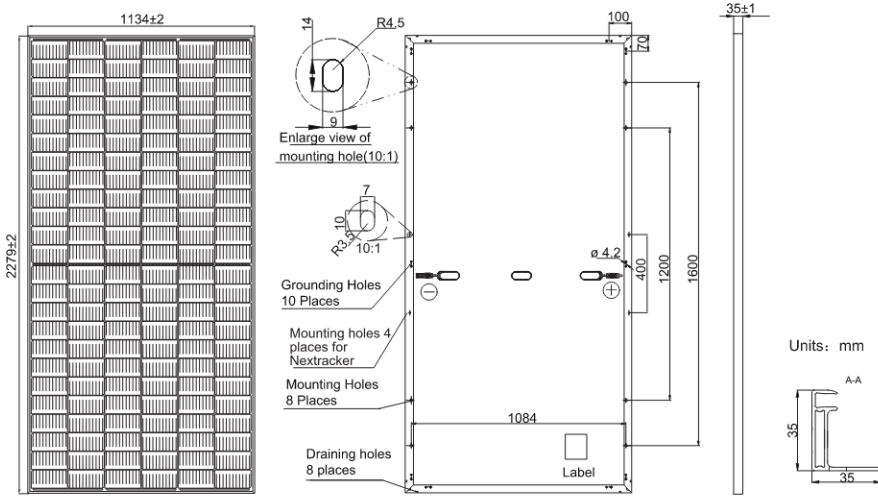
### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems



**MECHANICAL DIAGRAMS**

**SPECIFICATIONS**



Cell	Mono
Weight	28.6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	Genuine MC4-EVO2 QC 4.10-35/45
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Country of Manufacturer	China/Vietnam

Remark: customized frame color and cable length available upon request

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM72S30 -525/MR/1500V	JAM72S30 -530/MR/1500V	JAM72S30 -535/MR/1500V	JAM72S30 -540/MR/1500V	JAM72S30 -545/MR/1500V	JAM72S30 -550/MR/1500V
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49.15	49.30	49.45	49.60	49.75	49.90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41.15	41.31	41.47	41.64	41.80	41.96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					

STC Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, cell temperature 25°C, AM1.5G

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.  
Measurement tolerance at STC: Pmax ±3 %, Voc ±3% and Isc ±4%.

**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

TYPE	JAM72S30-525 /MR/1500V	JAM72S30-530 /MR/1500V	JAM72S30-535 /MR/1500V	JAM72S30-540 /MR/1500V	JAM72S30-545 /MR/1500V	JAM72S30-550 /MR/1500V
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46.05	46.18	46.31	46.43	46.55	46.68
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38.36	38.57	38.78	38.99	39.20	39.43
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.97	11.01	11.05	11.09	11.13	11.17
Max Power Current(Imp) [A]	10.35	10.39	10.43	10.47	10.51	10.55

NOCT Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G

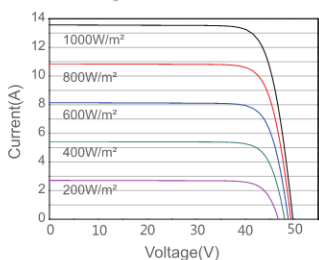
\*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2000Pa while Maximum Static Load, Back is 2000Pa.

**OPERATING CONDITIONS**

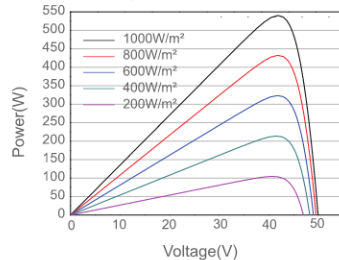
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC)
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C
Maximum Series Fuse Rating	25A
Maximum Static Load, Front*	3600Pa, 1.5
Maximum Static Load, Back*	1600Pa, 1.5
NOCT	45±2°C
Safety Class	Class II
Fire Performance	UL Type 1

**CHARACTERISTICS**

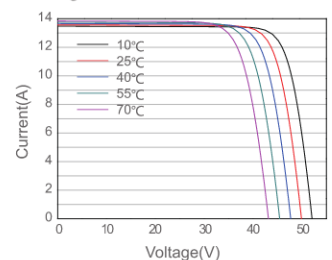
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR/1500V



# ANEXO B

## WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

Cotação: XXXXXXXX-2023 rev. 0

Emissão: 15:58

Página: 44

### 2.34. Módulo Fotovoltaico Monocristalino 550Wp - ASTRONERGY

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 550 Wp, cujo fabricante é a ASTRONERGY, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	550 W
Tensão de Operação (Vmp)	42,10 V
Corrente de Operação (Imp)	13,06 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	50,10 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	11,27 A
Eficiência do Módulo	21,3 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

\* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	144 cells
Dimensões	2278 x 1134 x 30 mm
Peso	23,6 kg
Características	
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,340 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,250 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	+0,040 %/°C

### 2.35. Módulo Fotovoltaico Monocristalino 555Wp - LONGI



## WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

Cotação: XXXXXXXX-2023 rev. 0

Emissão: 15:58

Página: 45

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 555 Wp, cujo fabricante é a LONGI, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	555 W
Tensão de Operação (Vmp)	42,10 V
Corrente de Operação (Imp)	13,19 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	49,95 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	14,04 A
Eficiência do Módulo	21,5 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

\* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	144 cells
Dimensões	2278 x 1134 x 30 mm
Peso	27,5 kg
Características	
Coefficiente de Temperatura (Pmax)	-0,340 %/°C
Coefficiente de Temperatura (Voc)	-0,265 %/°C
Coefficiente de Temperatura (Isc)	+0,050 %/°C

### 2.36. Módulo Fotovoltaico Monocristalino 540Wp – BYD FINAME



## WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

Cotação: XXXXXXXX-2023 rev. 0

Emissão: 15:58

Página: 46

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 540 Wp, cujo fabricante é a BYD, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	540 W
Tensão de Operação (Vmp)	42,05 V
Corrente de Operação (Imp)	12,84 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	49,72 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	13,53 A
Eficiência do Módulo	21,10 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

\* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	144 cells
Dimensões	2256 x 1133 x 35 mm
Peso	29 kg
Características	
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,328 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,254 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	+0,041 %/°C

### 2.37. Módulo Fotovoltaico Monocristalino 550Wp – JA SOLAR

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 550 Wp, cujo fabricante é a JA SOLAR, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

## WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

Cotação: XXXXXXXX-2023 rev. 0

Emissão: 15:58

Página: 47

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	550 W
Tensão de Operação (Vmp)	41,96 V
Corrente de Operação (Imp)	13,11 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	49,90 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	14,00 A
Eficiência do Módulo	21,30 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

\* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	144 cells
Dimensões	2278 x 1134 x 30 mm
Peso	27,3 kg
Características	
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,350 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,275 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	+0,045 %/°C

### 2.38. Módulo Fotovoltaico Monocristalino 660Wp – RISEN BIFACIAL

Para o projeto em questão é considerado o fornecimento de módulos de 660 Wp, cujo fabricante é a RISEN, que serão conectados eletricamente, formando grupos em série e paralelo, a fim de se atingirem os requisitos de tensão e corrente de cada um dos inversores.

Dados Elétricos STC	
Potência Nominal Máxima (Pmax)	660 W

## WEG TURBINAS E SOLAR LTDA.

Cotação: XXXXXXXX-2023 rev. 0

Emissão: 15:58

Página: 48

Tensão de Operação (Vmp)	38,23 V
Corrente de Operação (Imp)	17,27 A
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	45,89 V
Corrente de Curto Circuito (Isc)	18,28 A
Eficiência do Módulo	21,20 %
Temperatura de Operação	-40 °C ~ +85 °C
Tensão Máxima do Sistema	1500 V
Tolerância de Potência	0 ~ +5 W

\* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5 e temperatura da célula de 25 °C.

Dados Mecânicos	
Tipo de célula	Silício Monocristalino
Arranjo de células	132 cells
Dimensões	2384 x 1303 x 35 mm
Peso	38,5 kg
Características	
Coeficiente de Temperatura (Pmax)	-0,340 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Voc)	-0,250 %/°C
Coeficiente de Temperatura (Isc)	+0,040 %/°C

### 2.39. Estruturas de Suporte para Módulos em Telhado - Cerâmico

No escopo desta proposta, estão sendo ofertadas as estruturas metálicas para suporte dos módulos fotovoltaicos no telhado, considerando que a cobertura do telhado é composta de telhas cerâmicas.

Estas estruturas servirão para a fixação dos módulos fotovoltaicos em trilhos metálicos, que serão fixados nas estruturas de suporte das telhas. Esta solução permite a instalação dos módulos apenas mantendo a mesma inclinação do telhado.

A seguir, um exemplo ilustrativo da solução apresentada:

# ANEXO C

Para: [REDACTED]  
 A/C:  
 E-mail:  
 De: Dalpra Representacoes Ltda  
 E-mail: [REDACTED]

Fone:  
 Fone: [REDACTED]

**Ref.:** Componentes Automação

Conforme vossa solicitação de cotação seguem preços e condições gerais de fornecimento para os produtos abaixo:

### Especificação do Produto

Produto	Descrição
1. 16034585	CONTROLADOR PROGRAMAVEL PLC500 - NCM: 8537.10.20
2. 16280729	CLP cMT3102X - NCM: 8537.10.20
3. 14810514	MODULO EXPANSAO FUNCAO MOD6.00-2SG - NCM: 8504.90.40
4. 14810432	MODULO EXPANSAO FUNCAO MOD1.30-8DO16DI - NCM: 8504.90.40
5. 13108206	CONVERSOR DE CORRENTE CONTINUA BASEADO EM TECNICA DIGITAL FONTE ALIMENTACAO PSS24-W/5 - NCM: 8504.40.30

### Automação & Sistemas - 14.309.992/0001-48

Produto	Descrição	Qtd	Preço Unitário	ICMS %	IPI %	Acréscimo ST FCP (não incluso)	Valor Total ICMS-ST	Preço Total
1. 16034585	CONTROLADOR PROGRAMAVEL PLC500 - NCM: 8537.10.20 Prazo de Entrega ( Dias ) : 54	1 UN	R\$ 5.617,42	18.0	9.75	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 6.504,20
2. 16280729	CLP cMT3102X - NCM: 8537.10.20 Prazo de Entrega ( Dias ) : 21	1 UN	R\$ 7.115,32	18.0	9.75	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 8.238,56
3. 14810514	MODULO EXPANSAO FUNCAO MOD6.00-2SG - NCM: 8504.90.40 Prazo de Entrega ( Dias ) : 54	1 UN	R\$ 1.853,41	18.0	6.5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 2.082,45
4. 14810432	MODULO EXPANSAO FUNCAO MOD1.30-8DO16DI - NCM: 8504.90.40 Prazo de Entrega ( Dias ) : 21	1 UN	R\$ 1.261,30	18.0	6.5	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 1.417,16
5. 13108206	CONVERSOR DE CORRENTE CONTINUA BASEADO EM TECNICA DIGITAL FONTE ALIMENTACAO PSS24-W/5 - NCM: 8504.40.30 Prazo de Entrega ( Dias ) : 21	1 UN	R\$ 345,02	18.0	15.0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 418,60

Preço Líquido Total	R\$ 16.192,47
Valor Total ICMS-ST	R\$ 0,00
Valor Total do Frete	R\$ 890,59
Valor Total do IPI	R\$ 1.577,91
Acréscimo ST FCP (não incluso)	R\$ 0,00
Preço Total	R\$ 18.660,97

Os preços indicados na presente oferta entendem-se líquidos e unitários, de acordo com a lista de preços em vigor, conforme condições de pagamento abaixo informadas, válidas para as quantidades e especificações indicadas nesta cotação.

**Supervisão de Montagem e Start-up:** A supervisão de montagem, comissionamento e start-up não estão inclusos. Antes de energiza-los, consultar o manual de instalação.

**Prazo de entrega:** A contar do momento que todas as condições técnicas, comerciais e financeiras estejam plenamente definidas entre as partes. Este prazo será confirmado na colocação do pedido e está sujeito a análise da equipe interna o que pode alterar a data de entrega.

O prazo de entrega informado corresponde ao prazo de faturamento mais o prazo estimado de transporte conforme itinerário do cliente.

#### Frete

ZCF - Custo, seg.& frete (destacado), sobre o veículo transportador sem descarga.

**Pagamento:** Antecipado, contados a partir da emissão da nota fiscal. Esta condição de pagamento está sujeita a exame de crédito no momento da colocação do pedido.

#### Impostos

ICMS: incluso

PIS: 1,65% incluso

COFINS: 7,6% incluso

IPI: não incluso no valor unitário

ICMS-ST: não incluso no valor unitário

**Validade da cotação:** Até 30/12/2023.

**NOTA:** As alíquotas dos impostos são as que estão atualmente em vigor, sujeitos a alteração de acordo com a legislação vigente na data de faturamento do produto.

**Condições Gerais de Fornecimento de Bens e Serviços WEG:** O Comprador aceita integralmente os termos da presente proposta, inclusive os termos das Condições Gerais de Fornecimento de Bens e Serviços WEG disponível em <https://www.weg.net/br/condicoes-de-fornecimento>.

No caso de colocação de pedido, gentileza mencionar/vincular o número desta proposta.

Atenciosamente,

