

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Relatório de Estágio Supervisionado

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO CONEXÃO ENERGIA LTDA

Ezequiel Apolonio Brito de Araújo

Campina Grande - PB

Maio de 2024

Ezequiel Apolonio Brito de Araújo

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO CONEXÃO ENERGIA LTDA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Universidade Federal de Campina Grande - UFCG

Centro de Engenharia Elétrica e Informática - CEEI

Departamento de Engenharia Elétrica - DEE

Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica - CGEE

Pablo Bezerra Vilar, D.Sc.

(Orientador)

Campina Grande - PB

Maio de 2024

Ezequiel Apolonio Brito de Araújo

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO CONEXÃO ENERGIA LTDA

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

Aprovado em ____ / ____ / ____

Ronimack Trajano de Souza
Universidade Federal de Campina Grande
Avaliador

Pablo Bezerra Vilar
Universidade Federal de Campina Grande
Orientador

Campina Grande - PB
Maio de 2024

Minha sincera dedicação vai para Deus e minha amada família, com menção especial à minha mãe Maria, ao padrasto Olacildo, ao avô Cosme e à avó Nazaré. O apoio inabalável, o amor ilimitado e o incentivo constante foram fundamentais em minha jornada. Sem dúvida, eles são a força motriz das minhas realizações

Agradecimentos

Em minha jornada, expressarei para sempre gratidão a Deus que é a fonte de toda a existência, aquele que criou todas as coisas. E por amor ilimitado pela humanidade, deu o seu único Filho para que todos nele crer não pereça, mas tenha a vida eterna. Além disso, ele orquestrou eventos notáveis neste reino terrestre. Quer os dias tenham sido repletos de triunfo ou de desespero, esta presença divina permaneceu ao meu lado.

Devo muita gratidão à minha família, especialmente à minha mãe Maria, ao padrasto Olacildo, aos avós e aos irmãos, com quem compartilhei a maior parte da minha vida.

Aos meus colegas de trabalho da Redepharma, que nos últimos meses estiveram comigo, me ajudando não só no profissional, mas me moldando como pessoa. Em particular a Erika Tarsila, Camila, Juliana, Emmanuella, Marília, Robério e Allen, que além de me ensinarem os primeiros passos no mercado de trabalho, me deram total apoio a seguir em frente, em busca dos meus sonhos.

A todos membros da Igreja Assembleia de Deus em Campina Grande que durante todo esse tempo até aqui tens sido de relevância imensurável para minha vida. Sou especialmente grato as irmãs Andrade, à minha família EJC e a casa da tia Rô, com quem Deus me abençoou de maneira extraordinária. A Ruan e sua esposa Michelle que sempre estiveram me aconselhando e compartilhando momentos incríveis comigo. E ao Pr Daniel Carlos que tanto me ensinou sobre Deus e me motivou a continuar estudando.

Quero expressar também minha gratidão aos amigos e companheiros que estiveram ao meu lado, durante todos esses anos. Uma menção especial para Alan Pessoa, Gustavo Vilar, Heriberto Gomes e Hélder Guimarães, que não só partilharam comigo os seus anos de aprendizagem e preparação, mas também os seus desafios e obstáculos, principalmente na reta final. Acalento a esperança de que nossos caminhos continuem a se entrelaçar à medida que embarcamos na jornada da vida, criando inúmeras memórias juntos.

Sou imensamente grato aos meus professores, em especial a Gutemberg Júnior, pelo apoio inabalável sabendo dos meus desafios, me concedeu a oportunidade de ser seu orientando.

Finalmente, grato a todos que cruzaram minha rota nessa graduação e que tive o privilégio de apoiar e a honra de ser apoiado.

*“Tu és o meu abrigo; tu me preservarás das angústias e me cercarás de canções de
livramento.”
Salmos 32:7*

Resumo

No presente relatório serão expostas as demandas, atividades e projetos realizados durante todo o período de estágio do aluno Ezequiel Apolonio Brito de Araújo, enquanto formando do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande Campus Campina Grande, durante o tempo de estágio na empresa Conexão Energia LTDA cuja sede está localizada na cidade de Caruaru-PE atendendo toda a região agreste, zona da mata e sertão do estado de Pernambuco. O período de estágio total foi de 15 de abril até 27 de maio de 2024, sendo supervisionado tecnicamente na empresa por Hélder Matheus Rufino Guimarães e orientação acadêmica do professor Pablo Bezerra Vilar. Em seu tempo de atuação na empresa foi presente no departamento de engenharia e operacional, participando no estudo e na implantação dos softwares, *PVSOL Premium* e *Agisoft Metashape Professional* para elaboração de projetos .

Palavras-chave: Estágio Supervisionado. Projetos de Engenharia Elétrica. Sistemas Fotovoltaicos. Conexão Energia LTDA. *PVSOL Premium*. *Agisoft Metashape Professional*.

Abstract

This report will expose the demands, activities and projects carried out throughout the internship period of the student Ezequiel Apolonio Brito de Araújo, while graduating from the Electrical Engineering course at the Federal University of Campina Grande Campus Campina Grande, during his internship at the company Conexão Energia LTDA whose headquarters are located in the city of Caruaru-PE serving the entire rural region, forest area and hinterland of the state of Pernambuco. The total internship period was from April 15th to May 27th, 2024, being technically supervised in the company by Hélder Matheus Rufino Guimarães and academically supervised by Professor Pablo Bezerra Vilar. During his time at the company, he was present in the engineering and operational department, participating in the study and implementation of software, PVSOL Premium and Agisoft Metashape Professional for project development.

Keywords: Supervised internship. Electrical Engineering Projects. Photovoltaic Systems. Conexão Energia LTDA. PVSOL Premium. Agisoft Metashape Professional

Lista de ilustrações

Figura 1 – Perfil Oficial nas Redes Sociais	3
Figura 2 – Equipe em Campo	4
Figura 3 – Capacidade Instalada (MW) por Tipo de Geração de Energia Elétrica	7
Figura 4 – Sistema Fotovoltaico <i>on-grid</i>	8
Figura 5 – Sistema Fotovoltaico <i>off-grid</i>	10
Figura 6 – Módulo Fotovoltaico (Associação de células em série)	11
Figura 7 – Esquema estrutural de um Módulo Fotovoltaico	12
Figura 8 – Modelos de agrupamentos das Células Fotovoltaicas	12
Figura 9 – Curva características de um módulo fotovoltaico (I x V e P x V)	13
Figura 10 – Configuração de um sistema fotovoltaico típico	14
Figura 11 – Configuração de um sistema fotovoltaico <i>on-grid</i> com armazenamento de energia e inversor	15
Figura 12 – <i>String Box</i> aberta com seus dispositivos e conexões elétricas	17
Figura 13 – Tela inicial do <i>PV SOL PREMIUM 2021</i>	18
Figura 14 – Tela inicial do <i>Metashape Professional da Agisoft</i>	19
Figura 15 – Plataforma do <i>PV SOL</i> na Prática	20
Figura 16 – Configuração para cenários climáticos	22
Figura 17 – Processamento de imagem 3D no <i>Metashape</i>	23
Figura 18 – Drive das imagens feitas por drone do Condomínio Meditteni	24
Figura 19 – Exemplo de um 3D produzido pelo <i>Metashape</i>	24
Figura 20 – O arquivo de um dos projetos em 3D gerado no <i>Metashape</i> no <i>PV SOL</i>	25
Figura 21 – Os módulos no projeto	26
Figura 22 – Janela de Escolha do inversor	26
Figura 23 – Dados de Geração do Projeto	27

Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	<i>Norma Brasileira</i>
ONS	<i>Operador Nacional do Sistema Elétrico</i>
UFMG	<i>Universidade Federal de Campina Grande</i>
kWh	<i>Kilowatt-hora</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
CA	<i>Corrente Alternada</i>
EVA	<i>Etil, Vinil e Acetato</i>
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
DPS	<i>Dispositivo de Proteção contra Surtos</i>
MDE	<i>Modelos Digitais de Elevação</i>
kWp	<i>Kilowatt-pico</i>
kW	<i>Kilowatt</i>
MW	<i>Megawatt</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos Gerais	1
1.2	Organização do Trabalho	2
2	A EMPRESA	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO	6
3.1	Geração de Energia Fotovoltaica	6
3.2	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos	7
3.2.1	Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (<i>on-grid</i>)	7
3.2.2	Sistema Fotovoltaico Autônomo (<i>off-grid</i>)	9
3.2.3	Sistema Fotovoltaico com Armazenamento de Energia	10
3.3	Componentes de um Sistema Fotovoltaico	11
3.3.1	Módulos Fotovoltaicos	11
3.3.2	Inversor de Frequência	14
3.3.3	<i>String Box</i>	16
3.4	<i>PV Sol Premium</i>	17
3.5	<i>Metashape Professional</i>	18
4	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	20
4.1	Aplicação do Curso	24
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 Introdução

O objetivo deste relatório é detalhar as tarefas e projetos realizados durante o estágio na Conexão Energia Ltda pelo estagiário Ezequiel Apolonio Brito de Araújo. O objetivo principal do estágio foi adquirir experiência prática e conhecimento técnico na área. É importante ressaltar que os estágios são regidos pela Lei nº 11.788, promulgada em 25 de setembro de 2008, e são componente obrigatório do currículo de engenharia elétrica da UFCG para obtenção do título de bacharel em engenharia elétrica.

A incorporação do estágio ao currículo é um componente crucial no crescimento e amadurecimento dos alunos de graduação em engenharia elétrica. Esta fase permite que os alunos coloquem em prática os conhecimentos teóricos que acumularam durante o período universitário. Serve como uma oportunidade valiosa para os alunos obterem experiências sobre a dinâmica única do mundo profissional, ao mesmo tempo que fornece uma plataforma para que absorvam novos conhecimentos, experiências e habilidades de adaptabilidade necessárias para suas futuras carreiras.

Durante o período de estágio na Conexão Energia Ltda, o foco principal foi na área de engenharia. O principal objetivo era explorar formas inovadoras de projetar esses sistemas sem comprometer sua qualidade. Ao longo deste período o Engenheiro Helder Rufino Guimarães prestou supervisão, orientando e acompanhando as tarefas que me foram atribuídas. Essas atividades foram realizadas entre 15 de abril e 27 de maio de 2024, com carga horária semanal de 30 horas, totalizando 188 horas de trabalho.

1.1 Objetivos Gerais

O principal objetivo do programa de estágio é proporcionar aos alunos de graduação em engenharia elétrica um gostinho do mercado de trabalho do mundo real, permitindo-lhes desenvolver competências altamente valorizadas pelos profissionais e pela sociedade como um todo. Para atingir esse objetivo, o estagiário desenvolveu as seguintes atividades:

- Aprofunda-se mais em geração de energias renováveis, principalmente fotovoltaica
- Estudar técnicas modernas de fazer projetos
- Analisar a possibilidade de adotar softwares que reduza o tempo que se investe em projetos
- Estudar ferramentas que modelem 3D

1.2 Organização do Trabalho

O relatório foi estruturado da seguinte forma em termos de organização:

A **Secção 1** apresenta uma visão concisa do estágio e as razões da criação do relatório. A **Secção 2** se aprofunda na introdução da Conexão Energia LTDA, descrevendo os detalhes da empresa e as tarefas a serem realizadas dentro da organização.

A **secção 3** desenvolve um referencial teórico para o desenvolvimento de uma das principais atividades desenvolvidas pela empresa – a geração de energia fotovoltaica.

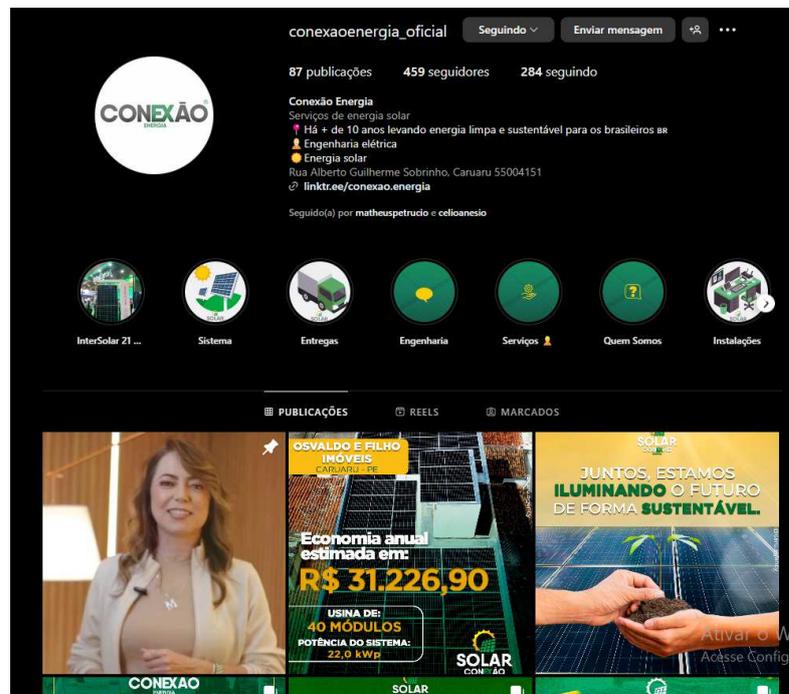
O período de estágio encontra-se detalhado na **secção 4**, onde se descrevem as diversas atividades desenvolvidas.

A **secção 5** conclui o relatório com as considerações finais e resumindo a integração do período de estágio na empresa.

2 A Empresa

A Conexão Energia LTDA (ENERGIA, 2024), empresa que atua no setor elétrico desde 2012, está sediada no agreste de Pernambuco, mais especificamente na cidade de Caruaru. Seu endereço comercial fica na Rua Alberto Guilherme Sobrinho, 22, Sala 212, Bairro: Nossa Senhora da Conceição. Com uma equipe de profissionais experientes que se dedicam há mais de duas décadas ao setor de energia, a empresa garante desempenho de alto nível e possui uma infraestrutura bem equipada. Os clientes podem contar com sua experiência e garantia durante todo o projeto, desde o planejamento e execução até o monitoramento contínuo.

Figura 1 – Perfil Oficial nas Redes Sociais



Fonte: Instagram, 2024

Sendo uma empresa de engenharia elétrica, a empresa presta uma gama de serviços que incluem, mas não se limitam a: redes elétricas de baixa e média tensão, subestações de energia, iluminação pública, energia solar e soluções de eficiência energética.

Assim, devido à extensa gama de serviços prestados, a empresa foi dividida em dois setores distintos: Redes e Solar. O sector das Redes é responsável pelos três serviços iniciais, enquanto o sector Solar trata dos restantes dois serviços. Consequentemente, vários departamentos dentro da empresa foram estabelecidos, incluindo gestão, supervisão, operações, finanças, engenharia, marketing, vendas e segurança ocupacional.

Dentro do departamento de engenharia, existe uma equipe composta por 2 engenheiros, 1 técnico e 1 estagiário dedicado ao desenvolvimento de projetos. O setor de redes depende fortemente da utilização da ferramenta de software AutoCad para facilitar a criação e implementação de cada projeto. Este software auxilia na definição dos parâmetros do projeto, garantindo o sucesso da sua execução e obtendo a aprovação da concessionária de energia. Da mesma forma, na divisão solar da empresa, o software AutoCad é empregado, juntamente com o software PvSol, para projetar e dimensionar meticulosamente os sistemas fotovoltaicos.

Na divisão operacional, são 3 eletricitas, 1 técnico, 1 engenheiro e 5 auxiliares de eletricitista que formam 2 equipes de campo. Além disso, equipes adicionais podem ser mobilizadas para tarefas como operação de compressores, manuseio de obras civis, estruturas metálicas e quaisquer outras necessidades que possam surgir no decorrer do projeto.

Sendo uma divisão distinta, o departamento de vendas está intimamente ligado à engenharia e está ativamente empenhado em atrair clientes para o setor solar da empresa. Colaborando estreitamente com a equipe de marketing, a equipe comercial se esforça para alcançar resultados superiores, visando expandir seu alcance e converter leads em vendas de sucesso.

Figura 2 – Equipe em Campo



Fonte: Autoria Própria

Assim, a principal responsabilidade do estagiário envolvia trabalhar em estreita colaboração com a divisão solar da empresa, tendo também a oportunidade de contribuir para o setor da rede quando necessário. As tarefas desempenhadas na área comercial proporcionaram conhecimento valiosos sobre a viabilidade dos projetos desenvolvidos pela equipe de engenharia, enriquecendo a expertise profissional do estagiário com diversas perspectivas e novos aprendizados a cada dia. Além disso, o estagiário recebeu apoio por parte da equipe, principalmente em situações desafiadoras, promovendo um ambiente propício ao crescimento pessoal e à aquisição de experiências valiosas.

3 Referencial Teórico

Nesta seção do relatório apresentaremos os fundamentos teóricos que deram suporte técnico ao processo de tomada de decisão e tarefas realizadas ao longo do período de estágio.

3.1 Geração de Energia Fotovoltaica

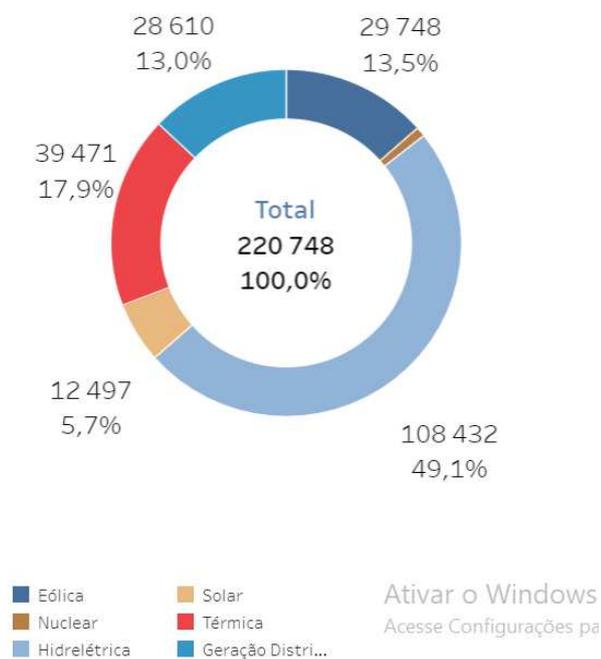
A geração de eletricidade por meio da conversão da radiação solar é conhecida como Energia Solar Fotovoltaica, fenômeno denominado Efeito Fotovoltaico. A descoberta inovadora do físico Edmond Becquerel em 1839 revelou que a absorção da luz solar por um material semicondutor cria uma diferença de potencial, resultando na liberação e transferência de elétrons. Essencialmente, quando os raios solares interagem com o material, os elétrons são liberados, levando à produção de uma diferença de potencial.

O método mais comum de utilização desses sistemas envolve a utilização de módulos fotovoltaicos, que servem como componente principal de absorção de energia. Esses módulos consistem em inúmeras células fotovoltaicas que são responsáveis pela conversão da radiação solar em energia elétrica. O material predominante utilizado em sua produção é o silício, que pode ser encontrado nas formas monocristalina e policristalina. Além disso, é importante destacar a importância do inversor fotovoltaico, componente crucial do sistema. Este equipamento desempenha um papel vital na recepção da energia elétrica de corrente contínua (CC) gerada pelas células e na sua conversão em corrente alternada (CA), que é a forma padrão de consumo de energia para sistemas elétricos.

Os componentes essenciais de um sistema fotovoltaico consistem em módulos, inversores, cabeamento para conexões, dispositivos de proteção para seccionamento e proteções contra surtos, curtos-circuitos e sobretensões, entre outros elementos.

A produção de energia solar fotovoltaica no Brasil vem aumentando constantemente a cada ano. Este crescimento pode ser atribuído ao abundante potencial energético oferecido por esta fonte renovável, que por sua vez atrai mais investimentos para o país. Como resultado, há um aumento nas oportunidades de emprego, avanços no setor e desenvolvimento tecnológico. Além disso, a integração da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica tem contribuído para a sua diversificação. Atualmente, a energia solar representa 9,5% da matriz elétrica do Brasil, posicionando-a como a segunda maior fonte depois da energia hidrelétrica. A capacidade instalada tem batido consistentemente recordes desde 2017, com um crescimento exponencial que atingiu agora os impressionantes 12.497 MW, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico(ONS)(ONS, 2024).

Figura 3 – Capacidade Instalada (MW) por Tipo de Geração de Energia Elétrica



Fonte: ONS 2024

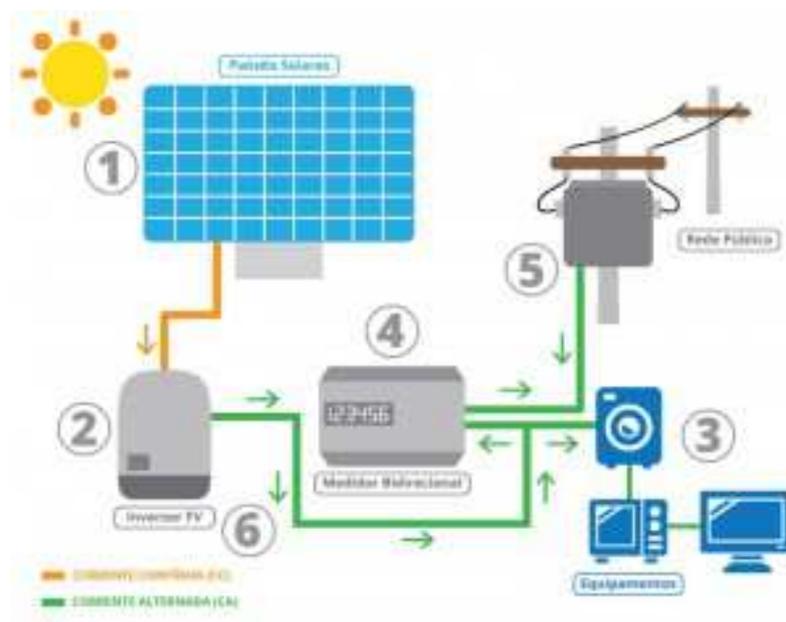
3.2 Tipos de Sistemas Fotovoltaicos

Dentro da categorização dos sistemas fotovoltaicos, existem três tipos distintos: sistemas *on-grid*, que estão interligados à rede elétrica; sistemas autônomos fora da rede, que geram energia de forma independente da rede; e sistemas fotovoltaicos com armazenamento de energia, que podem ou não estar ligados à rede.

3.2.1 Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (*on-grid*)

O sistema *on-grid* opera conectando-se diretamente à rede de distribuição local da concessionária. É instalado junto à rede, permitindo que a distribuidora de energia forneça energia quando o consumo supera a energia gerada pelo sistema fotovoltaico.

Vale destacar o funcionamento desse sistema específico, que funciona de forma que o excedente de energia gerado retorna à rede elétrica quando a carga consome menos do que é produzida. Essa energia excedente pode então ser distribuída às unidades beneficiárias cadastradas e conectadas ao sistema. Dentro da unidade onde o sistema está instalado, conhecido como gerador, um medidor bidirecional é fornecido pela concessionária responsável para medir com qualidade tanto o consumo quanto a injeção de energia. A [Figura 4](#) mostra o funcionamento de um sistema *on-grid*.

Figura 4 – Sistema Fotovoltaico *on-grid*

Fonte: (ART, 2024)

Caso a quantidade de energia consumida pela carga exceda a capacidade da fonte de geração, a concessionária fornecerá a energia adicional necessária e esse consumo será registrado pelo medidor. Da mesma forma, quando não há geração, como no período noturno, a unidade consumidora contará apenas com a energia fornecida pela concessionária, que será medida como energia consumida no medidor bidirecional.

Da concessionária do local de estágio, Neoenergia (NEOENERGIA, 2022), existem códigos específicos que permitem distinguir entre energia injetada (103) e energia consumida (003).

Ao chegar o período de faturamento do consumidor, será viável a análise dos dados de consumo e injeção de energia dentro do prazo de faturamento da unidade consumidora. Caso o consumo ultrapasse o valor injetado, o consumidor será cobrado pela disparidade com base na tarifa de energia local. Por outro lado, caso o valor injetado supere o consumo, um saldo excedente será acumulado e convertido em créditos de energia que poderão ser utilizados em ciclos de faturamento subsequentes, até no máximo 60 meses.

Vale destacar a implementação da Lei 14.300, de 6 de janeiro de 2023, que introduz uma nova regulamentação relativa à injeção de energia. De acordo com esta lei, os consumidores serão obrigados a pagar uma tarifa denominada Fio B pela energia que injetam na rede elétrica. No entanto, os consumidores que já possuíam sistema *on-grid* antes desta data ficarão isentos das novas regras de faturação até 2045.

Antes da implementação da nova lei (Lei 14.300), os consumidores do grupo B

(Baixa Tensão) eram faturados com base na cobrança mínima pela disponibilidade da rede, independentemente de a energia injetada exceder a energia consumida. O valor da tarifa variou dependendo do tipo de ligação, sendo 30 kWh para ligações monofásicas, 50 kWh para ligações bifásicas e 100 kWh para ligações trifásicas.

Pela nova lei, as pessoas físicas estarão sujeitas a um encargo adicional, conhecido como tarifa Fio B, além da energia que consomem. Se este encargo for inferior ao custo de disponibilidade, será adicionado ao custo total em função do tipo de ligação. Os consumidores de Alta Tensão, categorizados como grupo A, terão seu custo de disponibilidade determinado pela demanda contratada em quilowatts (kW). Este grupo, caracterizado por um elevado consumo de energia e uma potência instalada significativa, terá todo o seu consumo deduzido, independentemente de ocorrer no período da Ponta (das 17h30 às 20h30) ou fora do horário de ponta. Para ter em conta a diferença nos métodos de geração, nomeadamente em relação à geração fotovoltaica, que não se alinha com o período de pico, é necessário um ajuste para reduzir o consumo durante a Ponta, exigindo assim um valor específico.

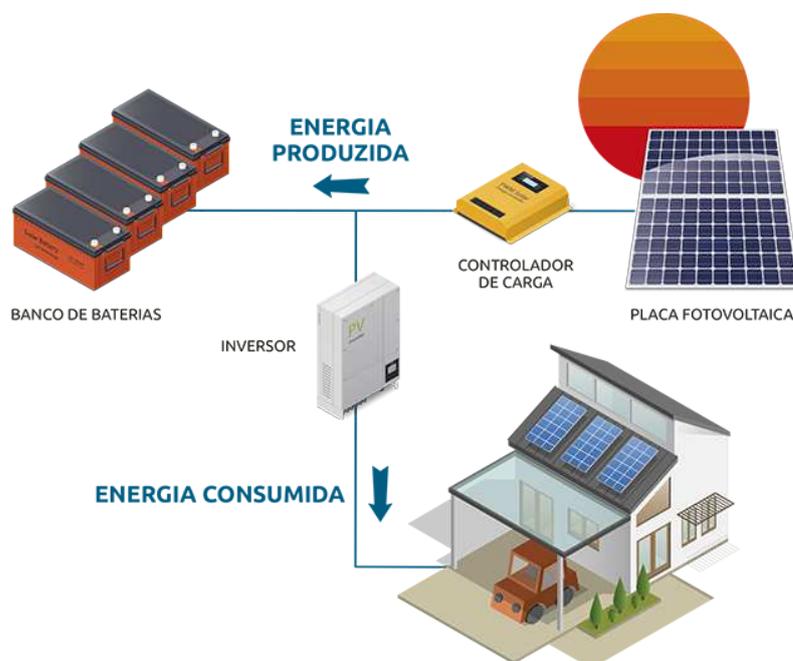
3.2.2 Sistema Fotovoltaico Autônomo (*off-grid*)

Ao contrário do sistema discutido anteriormente, os sistemas fotovoltaicos *on-grid* operam de forma independente da rede elétrica da companhia de energia, sem conexão ou dependência dela. Ao projetar tal sistema para consumidores, o objetivo é criar uma configuração autossuficiente que se alinhe aos métodos de consumo locais. Ao contrário dos sistemas ligados à rede, onde o excedente de energia é realimentado na rede elétrica, o excesso de energia num sistema fora da rede é armazenado num sistema de baterias, independentemente da sua composição ou tipo de ligação. A funcionalidade do sistema depende unicamente das escolhas de projetos feitas durante a sua criação.

O objetivo deste sistema específico é atender consumidores em áreas onde não há acesso à eletricidade da concessionária. Este sistema requer um investimento significativo e possui características de projeto específicas. Ele foi projetado para fornecer energia durante o dia e também armazenar uma parte da energia gerada para uso durante a noite.

Para prolongar a vida útil das baterias, um controlador de carga é empregado para gerar uma corrente de carga que excede a taxa de descarga do sistema. Isso evita sobrecarga e esgotamento repentino dos níveis da bateria.

Painéis fotovoltaicos e sistemas de armazenamento de bateria operam em corrente contínua (CC), necessitando da instalação de um inversor CC/CA para alimentar eficientemente as cargas e garantir o fornecimento adequado de energia. A [Figura 5](#) apresenta como é o sistema.

Figura 5 – Sistema Fotovoltaico *off-grid*

Fonte: (AQUECEDORES, 2024)

3.2.3 Sistema Fotovoltaico com Armazenamento de Energia

O modelo de sistema que inclui armazenamento pode ser categorizado em dois tipos: *on-grid* e *off-grid*. Isso ocorre porque o inversor fotovoltaico tem a capacidade de se conectar à rede elétrica local ou ao sistema de bateria. Em termos mais simples, o equipamento utilizado neste modelo foi concebido para acomodar ambos os tipos de sistemas, proporcionando aos consumidores maior flexibilidade.

Comumente chamado de híbrido, embora não totalmente preciso, esse tipo de sistema é capaz de operar tanto *on-grid* quanto *off-grid*, dependendo de sua conexão à rede elétrica.

Ao examinar os sistemas acima mencionados, torna-se evidente que este tipo específico de sistema pode ser apropriadamente classificado como uma subclasse, destacando a sua reputação superior.

Os consumidores são atraídos pela versatilidade oferecida por esta aplicação específica, pois permite-lhes desfrutar da flexibilidade de um sistema de duplo funcionamento. Isto não só reduz o investimento necessário, mas também proporciona a oportunidade de interagir simultaneamente com um ou ambos os modos de operação desde o início.

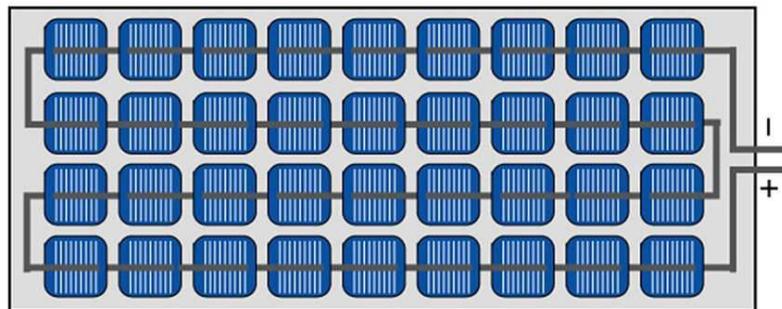
3.3 Componentes de um Sistema Fotovoltaico

Agora, vamos nos aprofundar nos principais componentes de um sistema fotovoltaico projetado para gerar energia elétrica. É importante ressaltar que serão abordados os seguintes componentes: módulos fotovoltaicos, inversor de frequência, *string box* e painel de proteção elétrica. Cada um desses componentes será detalhado a seguir.

3.3.1 Módulos Fotovoltaicos

Um módulo fotovoltaico consiste em múltiplas células fotovoltaicas agrupadas para formar um módulo. É importante notar que usar apenas uma célula é insuficiente para a maioria dos propósitos práticos. Normalmente, cada célula gera apenas 4 *Watts* de potência e também é necessária uma estrutura rígida para proteção mecânica. Isso ocorre porque as células são sensíveis e necessitam dessa proteção. A [Figura 6](#) fornece uma representação visual deste conceito.

Figura 6 – Módulo Fotovoltaico (Associação de células em série)

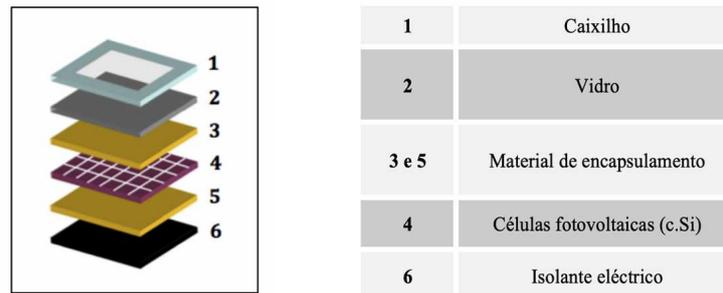


Fonte: Blue Sol, 2020

Ao produzir módulos, é crucial incorporar recursos que lhes permitam suportar diversas condições climáticas globais. Para proteger contra esforços mecânicos, fatores ambientais e umidade, as células são revestidas com um filme de etileno vinil acetato (EVA) flexível, translúcido e não refletivo, garantindo proteção contra radiação solar.

Para alcançar a estabilidade mecânica, é utilizada uma combinação de aros de alumínio e uma placa de vidro. A [Figura 7](#) ilustra a representação visual desta configuração.

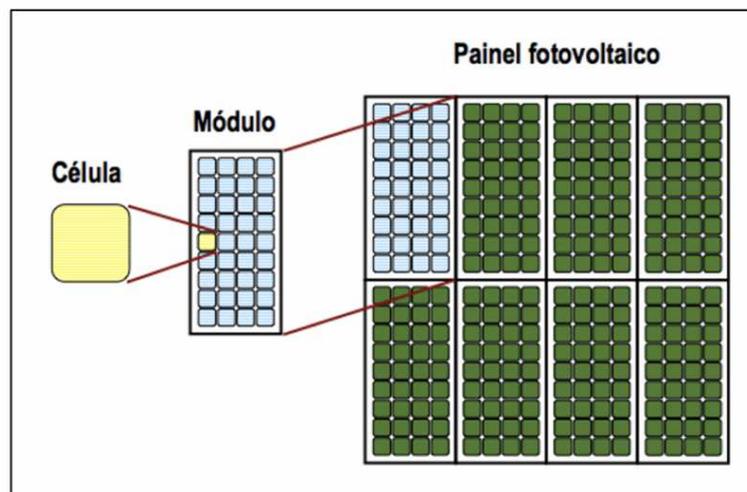
Figura 7 – Esquema estrutural de um Módulo Fotovoltaico



Fonte: Blue Sol, 2020

No exame da terminologia, é importante notar que uma coleção de múltiplos módulos fotovoltaicos é referida como painel fotovoltaico (derivado do termo inglês array). Uma compreensão mais abrangente pode ser obtida consultando a [Figura 8](#).

Figura 8 – Modelos de agrupamentos das Células Fotovoltaicas



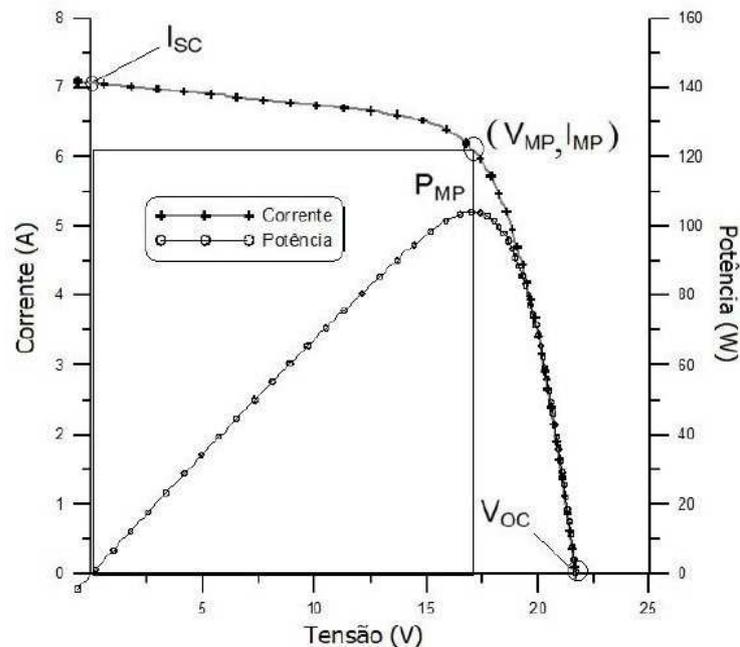
Fonte: Neosolar, 2021

Localizado na parte traseira do módulo, existe um componente significativo conhecido como folha traseira, que serve como camada protetora. Suas principais funções incluem fornecer isolamento elétrico e proteger os componentes internos do painel. Semelhante ao EVA, a backsheet representa aproximadamente 8% do custo total de fabricação do módulo.

A caixa de junção, também conhecida como caixa de conexão elétrica, tem uma importância significativa dentro do módulo. Posicionada na parte traseira do módulo, esta caixa serve como local designado para conexão dos cabos de corrente contínua.

Existem dois atributos principais que são cruciais quando se considera um módulo fotovoltaico: corrente e tensão. O gráfico exibido na Figura 9 ilustra a relação entre tensão e corrente, fornecendo informações valiosas sobre as características e desempenho deste componente em sistemas fotovoltaicos.

Figura 9 – Curva características de um módulo fotovoltaico (I x V e P x V)



Fonte: Grassi, 2015

O formato da curva característica dos módulos fotovoltaicos está sujeito a alterações devido às oscilações de temperatura e irradiação. Ao examinar esta curva, podem ser obtidos conhecimentos valiosos sobre o estado operacional do módulo. Conseqüentemente, torna-se possível identificar os parâmetros-chave que desempenham um papel crucial na análise tanto do módulo como da sua curva característica. Esses parâmetros significativos serão descritos na seção seguinte.

- A corrente de curto-circuito (I_{sc}) representa a maior quantidade de corrente que o módulo pode fornecer. É determinado através da realização de um teste de curto-circuito nos terminais do módulo, onde a resistência da carga é reduzida a zero.
- A tensão de circuito aberto (V_{oc}) é uma medida da tensão mais alta que o módulo pode fornecer quando não há carga conectada e é determinada medindo a tensão nos terminais do módulo quando eles estão abertos.
- A corrente de potência máxima (I_{mp}) refere-se à corrente produzida pelo módulo quando ele está operando em sua capacidade máxima de potência.

- A tensão máxima de potência (V_{mp}) refere-se à tensão gerada pelo módulo quando ele está operando em sua condição de potência de pico.
- O ponto de potência máxima (P_{mp}) é o ponto específico da curva PV onde a multiplicação da corrente e da tensão produz o valor mais alto. Isto representa a potência máxima que o módulo pode gerar nas suas condições de operação e dado o nível de irradiação.

Embora seja do conhecimento geral que a ligação de células fotovoltaicas em série leva à criação de um módulo fotovoltaico, é importante notar que em aplicações práticas para a sociedade, isto por si só é insuficiente devido à crescente procura de requisitos de energia mais elevados, necessitando de tensões mais elevadas.

Consequentemente, ao conectar módulos entre si, conseguimos gerar tensões mais altas, daí o termo “string fotovoltaica”. Além disso, quando múltiplas strings são combinadas, elas formam um conjunto ou painel fotovoltaico, permitindo as representações visuais mostradas na [Figura 10](#).

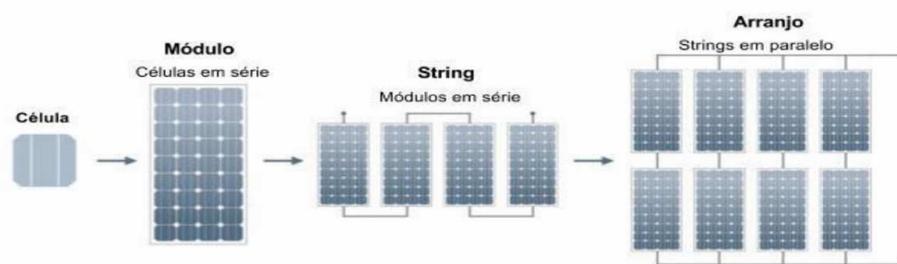


Figura 10 – Configuração de um sistema fotovoltaico típico

Fonte: Mascarello, 2017

3.3.2 Inversor de Frequência

De igual modo, o inversor de frequência é um componente crucial do sistema fotovoltaico. É muitas vezes referido como o “cérebro” do sistema e é responsável por converter a corrente contínua produzida pelo conjunto fotovoltaico em corrente alternada exigida pelas cargas. O dimensionamento deste equipamento é determinado considerando a potência máxima do sistema e levando em consideração a tensão e corrente máxima de entrada dos módulos.

A complexidade do sistema determina como o inversor recebe energia de diversas fontes. Ele pode receber energia de um único módulo usando um microinversor, ou de vários strings ou conjuntos fotovoltaicos.

Além de converter a corrente, o inversor fotovoltaico também rastreia o ponto de potência máxima (*MPPT-Maximum Power Point Tracking*) de todo o conjunto. Esta

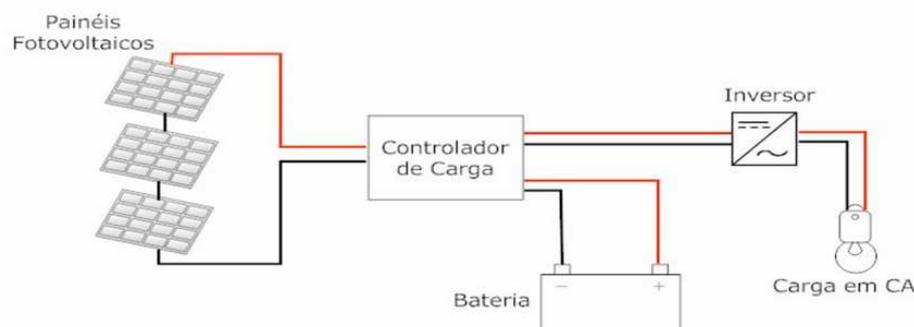
função é crucial para maximizar a conversão da energia gerada pelo módulo em energia alternada. Em cenários práticos, quando o sombreamento afeta a área de geração, o inversor pode separar diferentes *MPPTs*. Isto permite a distinção entre arranjos sombreados e não sombreados, garantindo a máxima geração.

Existem duas classificações para inversores, que podem ser observadas da seguinte forma:

- Na área de conversão de energia, os inversores isolados têm a responsabilidade de transformar corrente contínua em corrente alternada, servindo como componente vital nas situações em que este equipamento não está vinculado à rede elétrica.
- Os inversores conectados à rede tem a responsabilidade de converter corrente contínua em corrente alternada, permitindo a conexão à rede.

Ao examinar o inversor de frequência autônomo, torna-se evidente que este dispositivo específico é utilizado em sistemas fotovoltaicos isolados. Esses sistemas consistem em um controlador de carga, um banco de baterias e são representados na [Figura 11](#) do diagrama anexo.

Figura 11 – Configuração de um sistema fotovoltaico *on-grid* com armazenamento de energia e inversor



Fonte: SecPower, 2023

Em contrapartida, o esquema de conexão para inversores *on-grid* é distinto, pois necessita de ligação à rede da concessionária. Como seria de esperar, a conexão para o inversor está vinculada a parâmetros idênticos aos da concessionária, o que significa que certos aspectos da rede CA (Corrente Alternada) serão sincronizados. Essa sincronização elimina a necessidade de componentes como controlador de carregamento e banco de baterias.

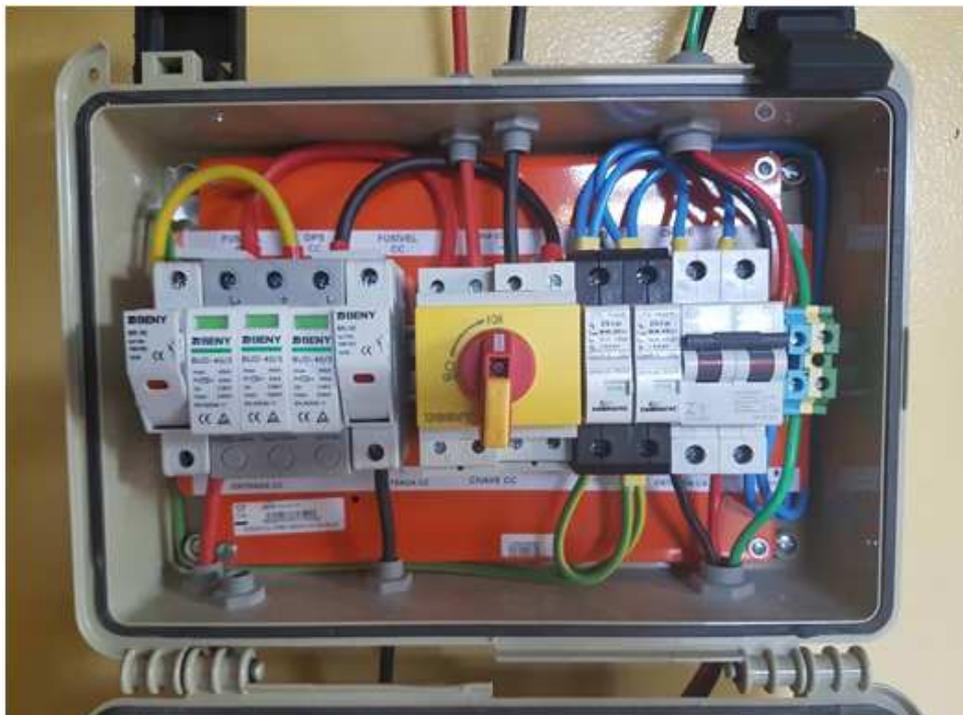
Abaixo, há descrições das especificações principais desses inversores.

- A corrente máxima de entrada contínua refere-se à corrente mais alta que a entrada do inversor pode acomodar sem exceder seus limites.
- A tensão máxima de entrada contínua refere-se à tensão mais alta que a entrada do inversor pode acomodar sem problemas.
- A potência máxima que o inversor permite em sua entrada é chamada de potência de corrente contínua.
- O inversor possui um limite máximo de potência em sua saída para injeção na rede, conhecido como potência de corrente alternada na saída.
- A tensão operacional necessária para a conexão à rede refere-se ao valor de tensão de saída designado do inversor.
- A entrada do inversor pode acomodar um número máximo de strings que podem ser conectadas a ela. O “Número de entradas independentes com MPPT” refere-se à quantidade de entradas equipadas com MMPT que o inversor possui. A frequência da rede é a frequência de saída designada do inversor.
- Quando o inversor não está sob nenhuma carga, seu consumo de energia em repouso pode ser medido.
- A quantidade de energia utilizada nos painéis é determinada pelo rendimento.

3.3.3 *String Box*

Quando se trata de exame de instalações elétricas fotovoltaicas, existem regulamentos e diretrizes técnicas específicas que supervisionam a operação de sistemas fotovoltaicos, particularmente NBR 5410 (Norma Brasileira para instalações elétricas de baixa tensão) e NBR 16690 (Norma Brasileira para instalações elétricas instalações de matrizes fotovoltaicas) (TÉCNICAS, 2004). Estas normas estabelecem características fundamentais para sistemas fotovoltaicos, incluindo salvaguardas contra corrente e tensão excessivas, proteção contra riscos elétricos, prevenção de efeitos térmicos (para mitigar o risco de incêndios) e a implementação de medidas de seccionamento.

Para incorporar as qualidades mencionadas anteriormente, é imprescindível utilizar a String Box. Este aparelho funciona como uma estrutura de salvaguarda composta por diversos dispositivos que cumprem as funções descritas nas normas de proteção. O painel é alimentado por cabos de corrente contínua provenientes dos conjuntos fotovoltaicos. Esses cabos atravessam os componentes internos da caixa de string e subsequentemente saem por meio de cabos de corrente contínua, que então se conectam ao DC. seção do inversor fotovoltaico. Uma representação visual do equipamento pode ser encontrada na [Figura 12](#).

Figura 12 – *String Box* aberta com seus dispositivos e conexões elétricas

Fonte: E4 Renováveis, 2023

Conseqüentemente, a *String Box* serve como um invólucro de proteção para dispositivos e conexões elétricas, alojando os seguintes dispositivos adicionais.

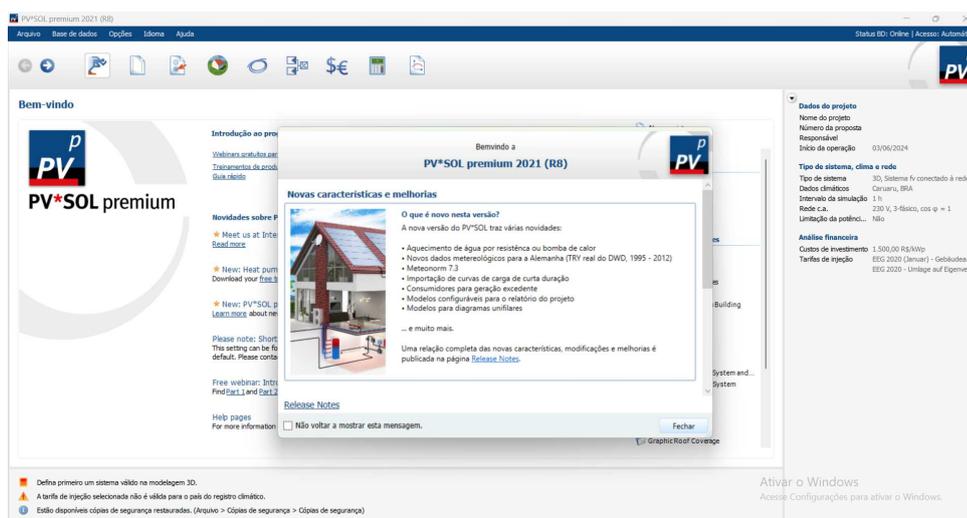
- O Dispositivo Isolante é responsável por estabelecer e cortar a conexão entre o(s) conjunto(s) fotovoltaico(s).
- Para proteger contra surtos elétricos de alta tensão potencialmente prejudiciais, selecionamos o DPS como nosso dispositivo de proteção contra surtos.
- Para proteção contra correntes elétricas excessivas, temos duas opções: um disjuntor projetado para corrente contínua ou um fusível que oferece proteção contra surtos de alta corrente elétrica.
- A responsabilidade de estabelecer conexões elétricas entre os dispositivos *String Box* é dos cabos de corrente contínua.

3.4 *PV Sol Premium*

A *Valentin Software*, empresa alemã, criou o *PVSOL*, um *software* desenvolvido especificamente para simular e dimensionar sistemas fotovoltaicos. Esta poderosa ferramenta permite aos usuários modelar com qualidade as instalações solares, desde pequenas

instalações residenciais até grandes plantas solares comerciais. Com sua interface amigável e extenso banco de dados de componentes, o *PVSOL* capacita os projetistas a maximizar a eficiência energética dos sistemas fotovoltaicos, considerando vários fatores como sombreamento, orientação do módulo e inclinação. A [Figura 13](#) mostra a tela inicial do *software*.

Figura 13 – Tela inicial do *PV SOL PREMIUM 2021*



Fonte: Autoria própria, 2024

Para avaliar e aprimorar adequadamente os sistemas fotovoltaicos, é essencial utilizar *software* como o *PVSOL*. Esses aplicativos permitem:

- Realizar uma análise abrangente da viabilidade técnica e econômica para avaliar tanto a capacidade de geração de energia como o potencial retorno do investimento.
- Garantir um dimensionamento preciso escolhendo cuidadosamente e dimensionando adequadamente os componentes do sistema, incluindo inversores e módulos.
- A realização de simulações em diversas condições climáticas e de sombreamento permite a previsão do desempenho do sistema ao longo do tempo em simulações de cenários.
- Criar relatórios abrangentes que fornecem informações valiosas para a tomada de decisões e comunicam com eficácia os detalhes do projeto aos clientes ou investidores.

3.5 *Metashape Professional*

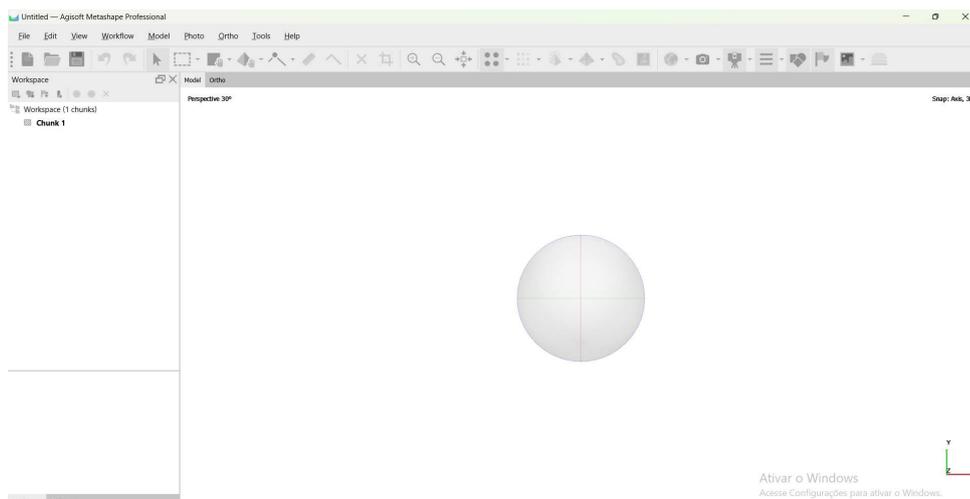
O *Metashape Professional* da Agisoft é um *software* popular no ramo, utilizado para o processamento de fotogrametria. Esta poderosa ferramenta permite a criação de

modelos e mapas 3D, reconstruindo-os a partir de uma série de fotografias. Abaixo, você encontrará uma visão geral detalhada de seus vários recursos, funcionalidades e aplicações práticas.

- O processo de geração de modelos tridimensionais a partir de um acervo de fotografias, conhecido como reconstrução 3D, envolve diversas etapas. Primeiro, a criação dos próprios modelos, o que implica a transformação das imagens bidimensionais em representações tridimensionais. Uma vez concluídos os modelos, o próximo passo é a texturização, onde texturas realistas são aplicadas para melhorar o apelo visual dos modelos 3D.
- A geração de ortofotomapas envolve a criação de imagens aéreas de alta qualidade que foram ortorretificadas, tornando-as valiosas para análises geográficas e cartográficas.
- O processo de geração de modelos de elevação envolve a criação de representações tridimensionais da superfície do terreno, especificamente através da criação de modelos digitais de elevação (MDE).
- A geração de nuvens de pontos a partir de dados fotogramétricos permite a criação de nuvens de pontos densas, que podem então ser utilizadas para uma série de análises geométricas e espaciais.

A [Figura 14](#) apresenta a página inicial do *software* em questão.

Figura 14 – Tela inicial do *Metashape Professional da Agisoft*



Fonte: Autoria própria, 2024

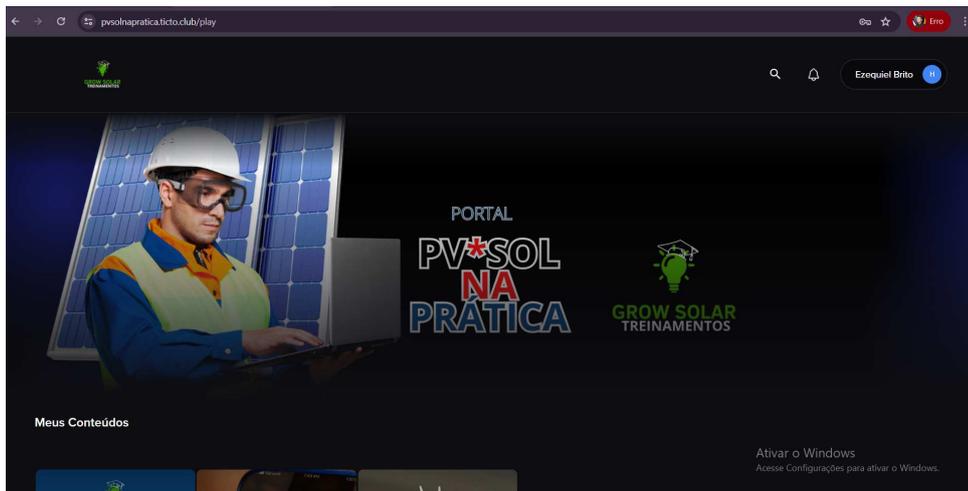
4 Atividades Desenvolvidas

As principais tarefas realizadas durante o estágio como engenheiro na empresa foram a realização de extensas pesquisas sobre sistemas fotovoltaicos, participação no desenvolvimento de projetos, participação em reuniões comerciais, estudo e utilização do *software PV SOL* e *Metashape* e implementação dessas ferramentas dentro da empresa.

Com foco principalmente na utilização do *software PV SOL* na Prática (PRÁTICA, 2024), a ênfase foi dada ao estudo por meio de videoaulas e cursos. Este curso específico ofereceu uma compreensão abrangente e prática do PV SOL, um instrumento essencial para planejar, simular e otimizar sistemas fotovoltaicos de maneira eficaz.

O curso começou com uma iniciação completa ao PV SOL, abrangendo os conceitos fundamentais do *software*, sua interface de usuário e recursos cruciais. A Figura 15 mostra o acesso a plataforma de estudo do PV Sol..

Figura 15 – Plataforma do PV SOL na Prática



Fonte: Autoria própria, 2024

Composto por 6 módulos de estudo que vão do iniciante até o nível avançado do *software* compreendendo mais de 40 aulas.

Compreender os princípios fundamentais da simulação de sistemas fotovoltaicos envolve reconhecer a importância de dados de entrada precisos e interpretar com precisão os resultados de saída.

A visão geral do PV SOL forneceu uma compreensão abrangente da estrutura do *software*, dos módulos principais e do fluxo de trabalho geral envolvido na realização de um projeto fotovoltaico, desde a concepção até a simulação.

O curso abordou extensivamente o processo de modelagem de sistemas fotovoltaicos, que envolveu diversas tarefas. Uma dessas tarefas foi a criação de novos projetos e a especificação das suas localizações geográficas, bem como a introdução de dados climáticos relevantes. Outro aspecto importante foi selecionar os módulos solares e inversores adequados nas bibliotecas integradas fornecidas pela *PV SOL* e configurar suas especificações técnicas. Além disso, o curso aprofundou-se no cálculo da quantidade necessária de módulos e inversores para o dimensionamento do sistema, levando em consideração fatores como inclinação, orientação e sombreamento do painel.

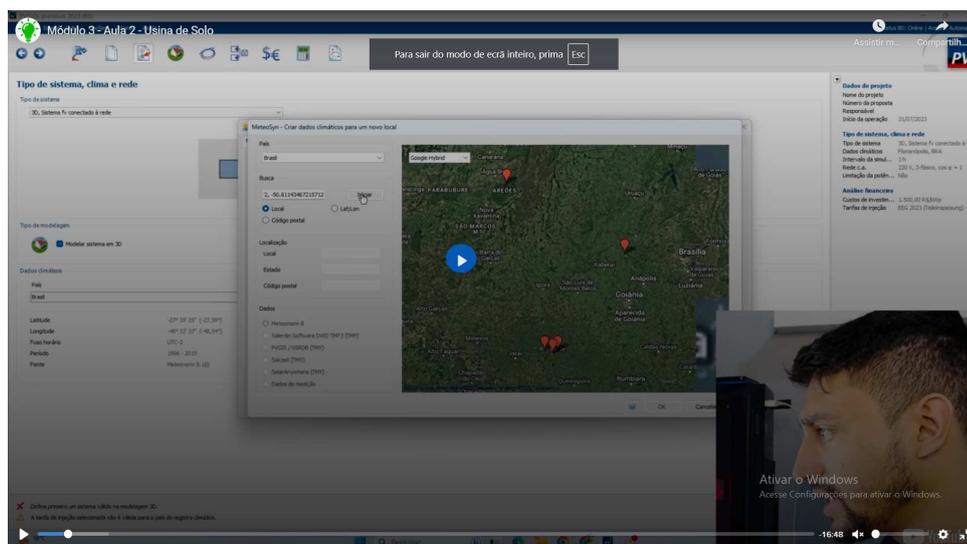
As principais áreas de estudo nas videoaulas avançadas foram a análise de desempenho e a simulação de sistemas fotovoltaicos modelados.

Através da utilização do *PV SOL*, uma ferramenta de simulação de produção de energia, é possível prever com precisão a produção anual de energia, tendo em conta tanto os dados históricos como as condições climáticas específicas do local. Além disso, uma análise abrangente das perdas do sistema pode ser realizada, abrangendo fatores como sombreamento, acúmulo de sujeira, eficiência de componentes e cabos. Os resultados dessas análises podem então ser compilados em relatórios de desempenho detalhados, completos com gráficos de produção mensais e anuais, métricas de eficiência do sistema e avaliações de retorno financeiro.

O curso deu grande importância à otimização de projetos, que desempenhou um papel vital na maximização da eficiência e rentabilidade dos sistemas fotovoltaicos projetados. Ao longo das aulas foram abordados diversos temas, entre eles:

- O processo de otimização da disposição dos módulos leva em consideração vários fatores, incluindo espaço disponível, sombreamento e estética.
- A análise econômica envolve a realização de uma avaliação custo-benefício dos projetos, considerando os investimentos iniciais, os custos operacionais e de manutenção, bem como o retorno do investimento.
- Além disso, simulações avançadas são utilizadas para realizar previsões complexas do desempenho do sistema, levando em consideração diferentes condições operacionais e cenários climáticos.

Figura 16 – Configuração para cenários climáticos



Fonte: Autoria própria, 2024

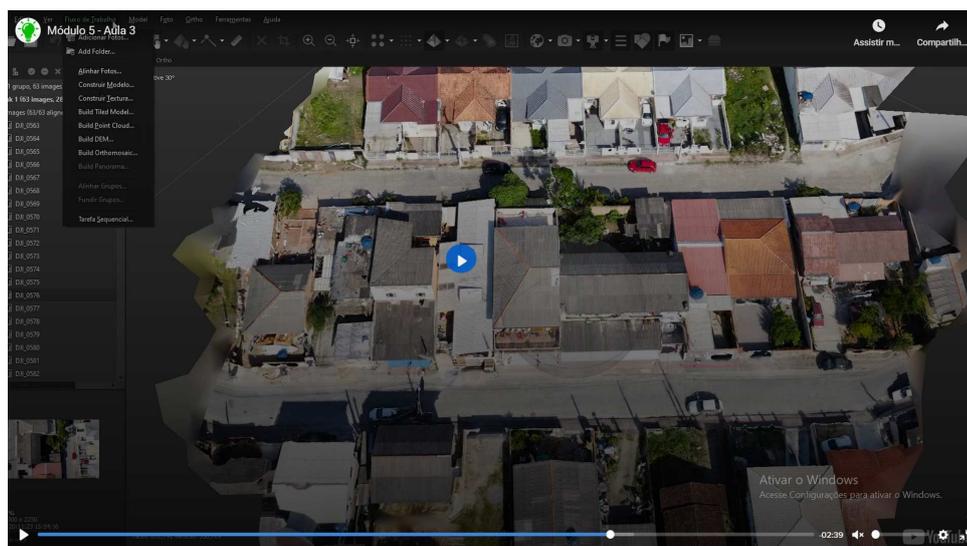
Para solidificar a compreensão dos conceitos teóricos, o curso incorporou exemplos da vida real e exercícios práticos utilizando *PV SOL*. Estas aplicações práticas consistiram em vários estudos de caso, que abrangeram:

Examinar projetos fotovoltaicos reais, desde o planejamento inicial até a execução e monitoramento contínuo. Enfrentar desafios comuns que surgem na prática, como problemas de compatibilidade com componentes, sombreamento imprevisto e variações climáticas. Utilizar *feedback* de simulações anteriores para aprimorar o design e a eficácia de sistemas futuros.

Dentro do curso, houve foco dedicado no *Metashape Agisoft*, um *software* incrivelmente robusto projetado para processar imagens e gerar modelos 3D complexos. As videoaulas iniciais abrangeram navegar na interface do usuário e compreender os elementos-chave do software é crucial. Igualmente importante é compreender os princípios fundamentais da fotogrametria e implementá-los de forma eficaz no *Metashape*.

O processo de geração de um modelo 3D começa com a captura de imagens. A qualidade dos modelos 3D depende muito do processo de captura de imagens. Para isso, foram realizadas diversas aulas.

Alcançar as configurações ideais da câmera é crucial para capturar imagens da mais alta qualidade. Além disso, dominar as técnicas de planejamento de voo para drones é essencial para capturar imagens aéreas impressionantes. Explorando os métodos de captura de imagens em diversos cenários de iluminação e terreno, este artigo se aprofunda nas técnicas empregadas. Além disso, esclarece as complexidades do processamento de imagens e da criação de modelos 3D.

Figura 17 – Processamento de imagem 3D no *Metashape*

Fonte: Autoria própria, 2024

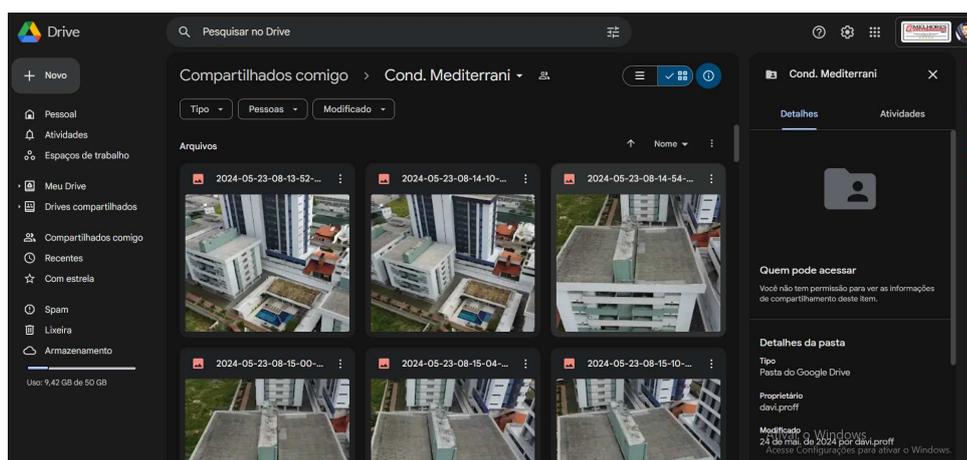
Metashape gira em torno do processamento de imagens como seu foco central. As videoaulas abrangentes orientam meticulosamente os usuários em todas as etapas *workflow*, abrangendo conseguir o alinhamento adequado das fotografias é crucial para obter uma correspondência perfeita entre as imagens. A criação de nuvens de pontos detalhadas e precisas é essencial para gerar representações densas e precisas. O processo de modelagem 3D envolve a criação de malhas e superfícies utilizando nuvens de pontos. Além disso, texturizar e exportar são etapas importantes nesse processo. Como parte da fase final do estudo, as texturas foram implementadas em modelos 3D e depois exportadas para diversos formatos. O processo envolveu: A utilização de texturas fotorrealistas no processo de aplicação permite a criação de modelos 3D realistas. Ao fazer ajustes na cor e na iluminação, a qualidade visual dos modelos pode ser aprimorada e refinada. A preparação de modelos para uso em diversas aplicações, como GIS, CAD e outras plataformas, é essencial para fins de exportação.

Ao utilizar PV SOL e Metashape em conjunto, tornou-se possível criar representações visuais precisas de projetos fotovoltaicos. Esta abordagem abrangente de modelagem envolveu: Aumentando a precisão dos projetos fotovoltaicos, a importação de modelos 3D para o PV SOL permite a utilização de modelos 3D gerados no Metashape. Esta integração de modelos 3D detalhados com simulações fotovoltaicas resulta numa visualização mais realista dos projetos, aproximando-os da realidade. Ao utilizar dados de simulação PV SOL, ajustes e refinamentos podem ser feitos em modelos 3D no Metashape, resultando em uma sinergia dinâmica entre simulação de energia e visualização 3D.

4.1 Aplicação do Curso

A princípio a empresa forneceu imagens da estruturas que estavam para serem realizada a implemetação do Sistema Fotovoltaico, capturadas por drone, e compartilhado via *Drive*. Como mostra a [Figura 18](#) a seguir.

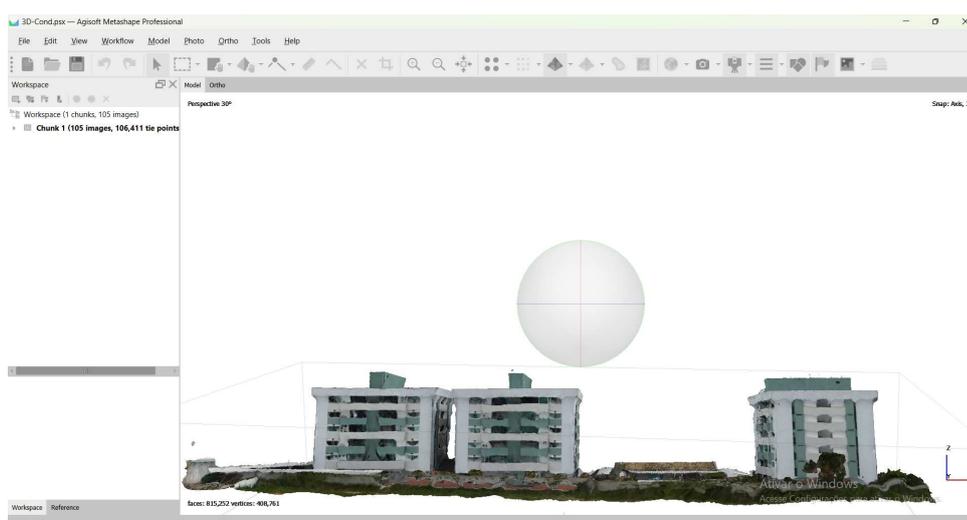
Figura 18 – Drive das imagens feitas por drone do Condomínio Meditterni



Fonte: Autoria própria, 2024

Após isso as imagens passaram pelo *Metashape* onde foi colocando em um processamento 3D. Assim que feito, obteve-se a estrutura a ser implementada de forma virtual o sistema fotovoltaico como apresenta a [Figura 19](#).

Figura 19 – Exemplo de um 3D produzido pelo *Metashape*

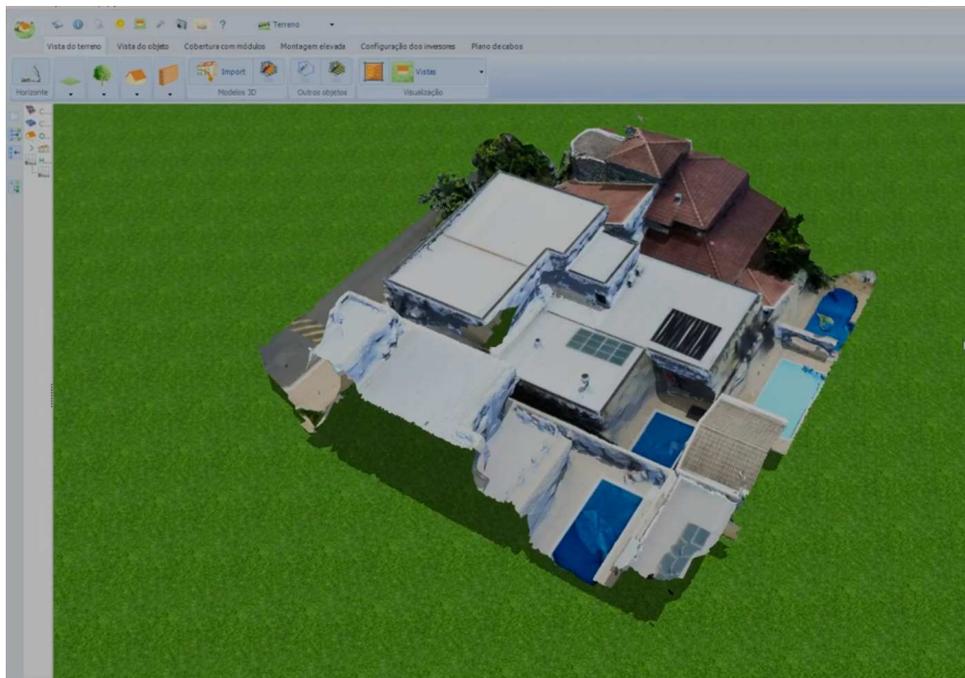


Fonte: Autoria própria, 2024

E se deu início a mais um processo que foi colocar o arquivo gerado pelo *Metashape*

no *PV SOL* para passar a utilizá-lo e fazer o projeto solar de fato. Como mostra a [Figura 20](#) abaixo:

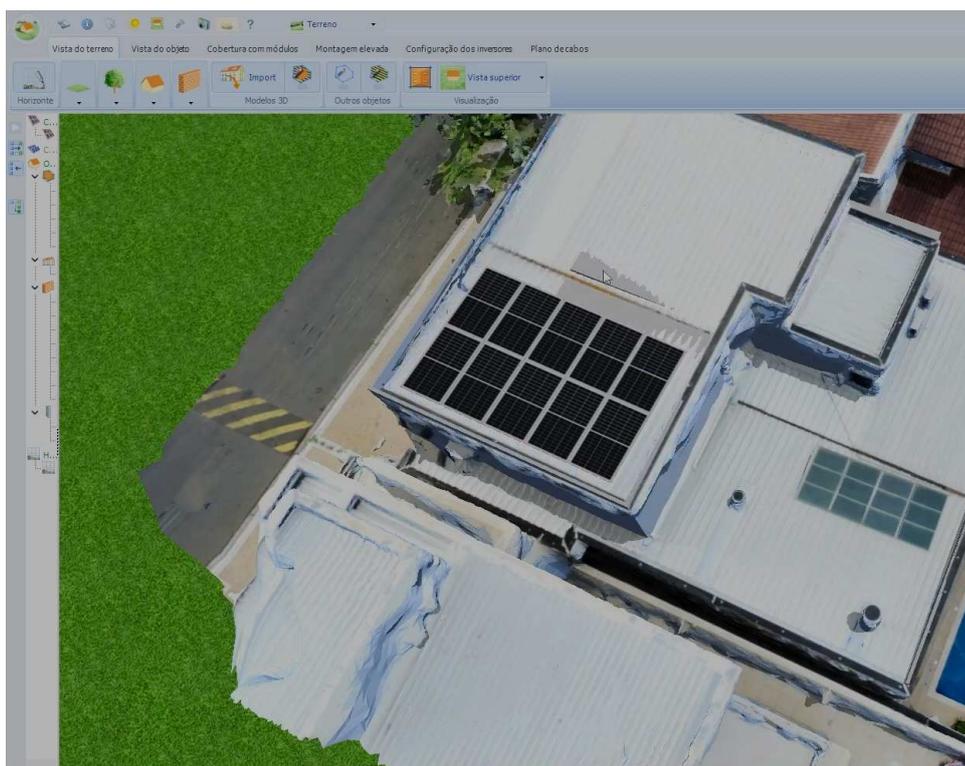
Figura 20 – O arquivo de um dos projetos em 3D gerado no *Metashape* no *PV SOL*



Fonte: Autoria própria, 2024

Em seguida colocou-se os módulos de 5,5KWp cada, no projeto da melhor maneira possível. Como mostra a [Figura 21](#).

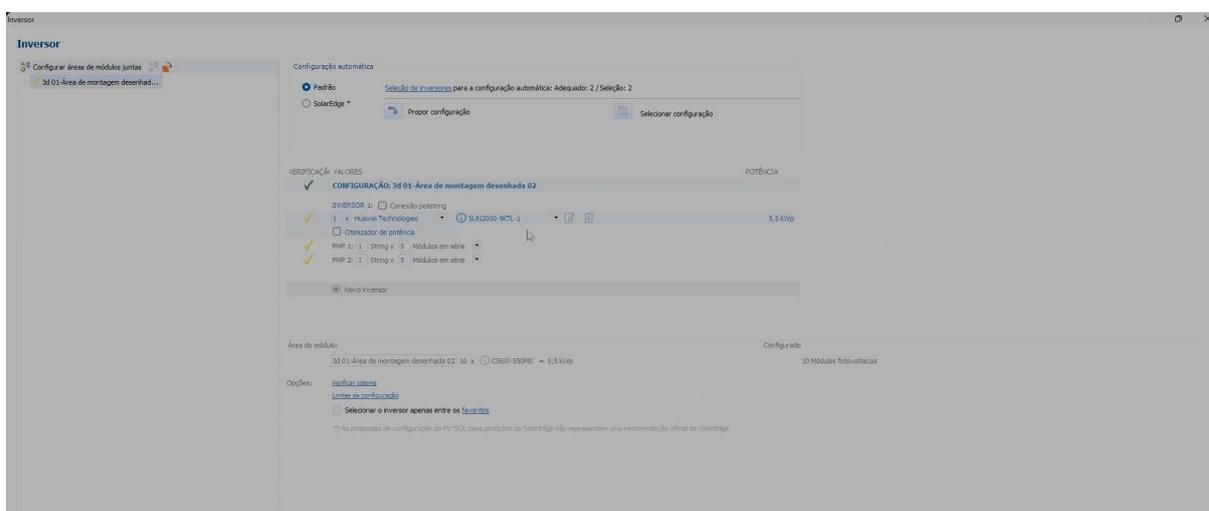
Figura 21 – Os módulos no projeto



Fonte: Autoria própria, 2024

Após a colocação dos módulos, fez-se também a escolha do inversor a ser utilizado no projeto, com base na potência total. Na Figura 22 pode-se observar a janela de escolha dos módulos.

Figura 22 – Janela de Escolha do inversor

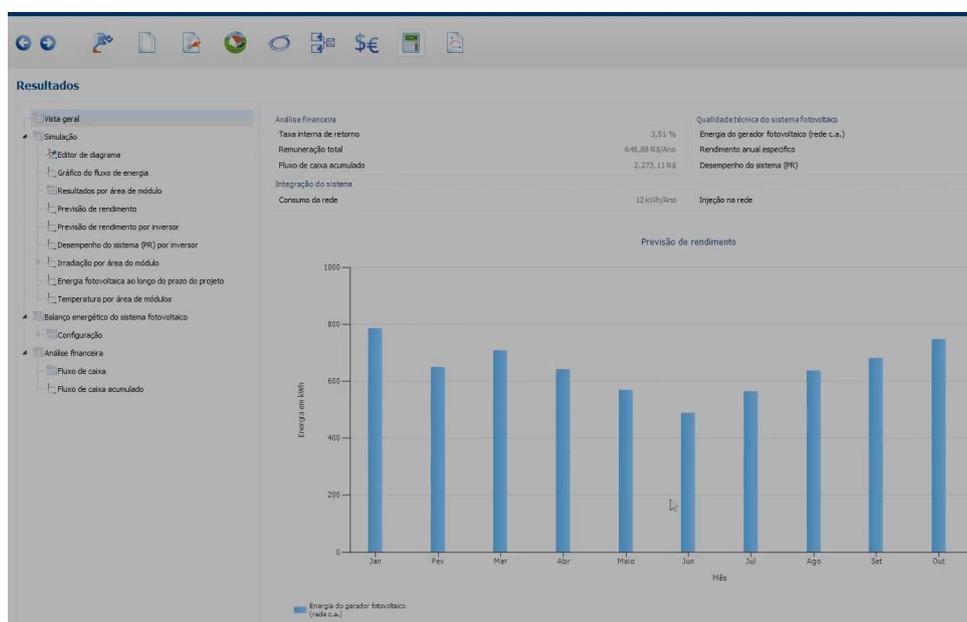


Fonte: Autoria própria, 2024

Feito todo o procedimento, faz-se a simulação do projeto elaborado, para obter-se

os dados de geração, como é demonstrado na Figura 23.

Figura 23 – Dados de Geração do Projeto



Fonte: Autoria própria, 2024

Esse projeto foi concluído com a média de 671,25 kW gerados por mês. O operacional irá proceder com o restante do projeto e fazendo mais um cliente da Conexão, satisfeito.

5 Considerações Finais

Portanto, a inclusão de um programa de estágio é fundamental para o crescimento e desenvolvimento de competências dos estudantes de engenharia elétrica ao longo da graduação. Esta valiosa experiência os expõe ao mercado de trabalho do mundo real, equipando-os com os conhecimentos necessários. A esfera profissional exige agora competências que normalmente não são abrangidas pelos currículos acadêmicos, e a dinâmica em constante evolução do mercado de trabalho exige esforços diligentes por parte dos aspirantes a profissionais.

No entanto, mesmo em um ambiente muito distinto daquele de um estudante de graduação, tornou-se evidente que inúmeras tarefas executadas durante um estágio de engenharia necessitavam de compreensão prévia englobada em diversas disciplinas de graduação em engenharia elétrica. Esses assuntos incluem instalações elétricas, circuitos elétricos, conversão eletromecânica, geração de energia, gerenciamento de energia, operação e controle de sistemas elétricos e proteção de sistemas elétricos. Consequentemente, a integração do programa de estágio com o ambiente acadêmico permite que os alunos aprimorem suas habilidades, estabeleçam conexões e ganhem valiosa experiência profissional à medida que embarcam em sua jornada na indústria elétrica.

Ao participar do curso *PV SOL* na Prática e me aprofundar nos meandros do *Metashape Agisoft*, pude adquirir uma educação completa e prática sobre os meandros do planejamento, simulação e visualização de sistemas fotovoltaicos. Através de videoaulas envolventes e exercícios práticos, desenvolvi uma compreensão profunda das tecnologias subjacentes, equipando-me com a capacidade de elaborar projetos fotovoltaicos eficientes e visualmente precisos.

A experiência adquirida ao longo deste estágio tem um imenso significado para o meu crescimento como profissional. Ao combinar simulações de desempenho energético e modelos 3D complexos, somos capazes de fornecer soluções de ponta e de alto nível no domínio das energias renováveis. Isto dotou-me das competências necessárias para enfrentar obstáculos técnicos e fazer contribuições substanciais para iniciativas de energia solar, defendendo práticas sustentáveis e a diminuição das emissões de carbono.

Referências Bibliográficas

- AQUECEDORES, E. *Eco Aquecedores, Solução em Energia Solar*. 2024. <https://www.ecoaquecedores.com.br/principal-6/>. Citado na página 10.
- ART, S. *SOLAR ART Energia Solar*. 2024. <https://solarart.com.br/sistema-solar-on-grid/>. Citado na página 8.
- ENERGIA, C. *CONEXÃO ENERGIA*. 2024. <https://www.conexaoenergia.com.br/>. Citado na página 3.
- NEOENERGIA. *Conexão de Minigeradores ao sistema de distribuição – REV 00*. Pernambuco/PE: DIS-NOR-031, 2022. Citado na página 8.
- ONS. *Operador Nacional do Sistema Elétrico*. 2024. <https://www.ons.org.br/>. Citado na página 6.
- PRÁTICA, P. S. na. *Grow Solar Treinamentos*. 2024. <https://pvsolnapratica.ticto.club/play/>. Citado na página 20.
- TÉCNICAS, A. B. D. N. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro: NBR 5410, 2004. Citado na página 16.