



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

JHONATAN PINHEIRO DIAS

**EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW**

TUCURUÍ

2025

JHONATAN PINHEIRO DIAS

**EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará.

Orientador:
Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira.

TUCURUÍ

2025

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

D541e Dias, Jhonatan.
Experiência em homologação de sistema fotovoltaico com
potência inferior a 10kW / Jhonatan Dias. — 2025.
39 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Davi Moreira
Coorientador(a): Prof. Fagner Baia Trindade
Trabalho de Conclusão (Graduação) - Universidade Federal do
Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia
Elétrica, Tucuruí, 2025.

1. Energia fotovoltaica. 2. Homologação de projetos. 3.
Sistemas fotovoltaicos. 4. Instalação de sistemas fotovoltaicos.
I. Título.

CDD 621.31244

JHONATAN PINHEIRO DIAS

**EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO
COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito parcial para a obtenção de grau de Bacharel em Engenharia Elétrica, pela Universidade Federal do Pará.

Data de aprovação: 19/02/2025

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira
Orientador - FEE/CAMTUC/UFPA

**Prof. Dr. Washington Cesar Braga de
Sousa**
Avaliador Interno - FEE/CAMTUC/UFPA

Eng° Fagner Baia Trindade
Avaliador Externo - GRANSOLAR

TUCURUÍ

2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Título	EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW
Discente	Jhonatan Pinheiro Dias
Matrícula	202033940021

#	BANCA EXAMINADORA	CONDIÇÃO
1	Davi Carvalho Moreira (CAMTUC/UFPA)	Orientador
2	Washington Cesar Braga de Sousa (CAMTUC/UFPA)	Examinador Interno
3	Fagner Baia Trindade (GRANSOLAR)	Examinador Exteno

Data da Defesa: 19/02/2025	Hora Início: 15:02	Hora Término: 15:27
----------------------------	--------------------	---------------------

Trabalho Escrito (0 a 10 pontos por critério)

Critério	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Formatação	9,0	9,0	9,0
Linguagem (gramática e semântica)	10,0	9,0	10,0
Conteúdo técnico	9,5	8,0	10,0
Média			

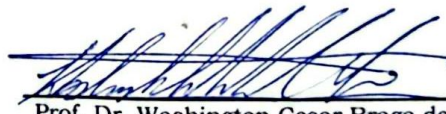
Defesa Oral (0 a 10 pontos por critério)

Critério	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3
Sequência lógica de apresentação	10,0	9,0	10
Administração do tempo	10,0	10,0	10
Expressão oral	10,0	9,5	10
Domínio do tema	10,0	9,5	10
Média			

Média por examinador			
Média Final			
Conceito Final	EXC		



Prof. Dr. Davi Carvalho Moreira
Orientador



Prof. Dr. Washington Cesar Braga de Sousa
Examinador Interno



Engº Fagner Baia Trindade
Examinador Exteno

Dedico este trabalho aos meus familiares e amigos, em especial à minha mãe, por todo incentivo, atenção e esforço na minha educação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por sua infinita misericórdia sobre minha vida. Ele é meu sustento e minha fortaleza, e sem ele nada seria possível, tampouco teria sentido.

Em segundo lugar agradeço a minha mãe Juliana Vicente Pinheiro. Você é meu exemplo de honestidade, persistência, garra e determinação. Obrigado por me ajudar durante todo o período da graduação, todo conforto e carinho foram necessários para eu seguir essa jornada.

À minha irmã, Jhenifer Layne Vicente Pinheiro, com quem dividi vários momentos dedicados a proteção mutua e que sempre me deu suporte, carinho e ajuda nos momentos mais difíceis da minha vida.

Não poderia deixar de agradecer também aos meus amigos de faculdade, Bruno Santos de Aguiar, Isaias da Costa Castro e Mailson Silva dos Santos, que estiveram ao meu lado nos momentos mais desafiadores e nas conquistas durante todo o curso. O grupo de estudo, a companhia e o apoio foram muito importantes para que todo esse percurso fosse vencido e obtivesse êxito.

Gostaria ainda de agradecer ao corpo docente da Faculdade de Engenharia Elétrica, que se dedicou para contribuir com meu aprendizado e, em especial, ao meu orientador, Davi Carvalho Moreira, pela instrução neste trabalho e por todos os ensinamentos.

RESUMO

Neste trabalho, é apresentado o relatório de estágio supervisionado, desenvolvido durante o período de 01/08/2024 a 15/10/2024, durante a execução de estágio supervisionado, sob orientação do Eng. Fagner Baia Trindade. Este trabalho foi elaborado seguindo a resolução nº 1/2024 da Faculdade de Engenharia Elétrica - CAMTUC, que regulamenta os termos da flexibilização do Trabalho de Conclusão de Curso na IN nº 5/2023 da PROEG-UFPA. O estágio foi realizado na empresa Gransolar Engenharia, atuando na área de energia fotovoltaica. Durante o estágio, foram realizadas diversas atividades voltadas ao setor de energia solar, sendo elas: acompanhamento no processo de homologação de projeto, monitoramento de geração diária de usinas fotovoltaicas, acompanhamento de instalação de sistemas fotovoltaicos, configuração de inversores e datalogger. Os resultados obtidos foram essenciais para garantir a confiabilidade e funcionamento de sistemas fotovoltaicos, aumentando o interesse nessa área da engenharia.

Palavras-chave: Energia fotovoltaica; Homologação de projetos; Sistemas fotovoltaicos; Instalação de sistemas fotovoltaicos.

ABSTRACT

This work presents the supervised internship report developed from August 1, 2024, to October 15, 2024, under the guidance of Engineer Fagner Baia Trindade. The report was prepared in compliance with Resolution N° 1/2024 of the Faculty of Electrical Engineering - CAMTUC, which regulates the terms of the flexibility of the Final Undergraduate Project under Normative Instruction N° 5/2023 of PROEG-UFPA. The internship was carried out at Gransolar Engenharia, focusing on the photovoltaic energy sector. During the internship, various activities related to the solar energy field were performed, including monitoring the project approval process, tracking the daily generation of photovoltaic plants, supervising the installation of photovoltaic systems, and configuring inverters and dataloggers. The results obtained were essential to ensure the reliability and proper operation of photovoltaic systems, thereby increasing interest in this area of engineering.

Keywords: *Photovoltaic energy; Project approval; Photovoltaic systems; Installation of photovoltaic systems.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Logomarca da empresa	15
Figura 2 – Interface de configuração do inversor e datalogger	20
Figura 3 – Diagrama Unifilar	22
Figura 4 – Módulo fotovoltaico	23
Figura 5 – Inversor fotovoltaico Goodwe	24
Figura 6 – Irradiação solar disponível para a localização	26
Figura 7 – Estrutura do telhado	27
Figura 8 – Instalação de aterramento	29
Figura 9 – Módulos instalados inclinação norte	29
Figura 10 – Módulos instalados inclinação sul	30
Figura 11 – Modelo de DPS utilizado	31
Figura 12 – Modelo de disjuntor instalado	32
Figura 13 – Instalação da string box	32
Figura 14 – Sistema em processo de monitoramento	33
Figura 15 – Varredura do sistema	34
Figura 16 – Geração de energia solar no mês de outubro 2024	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensionamento do gerador	23
Tabela 2 – Dimensionamento do Inversor	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas e Técnicas</i>
ANEEL	<i>Agência Nacional de Energia Elétrica</i>
ART	<i>Anotação de Responsabilidade Técnica</i>
CA	<i>Corrente Alternada</i>
CC	<i>Corrente Contínua</i>
Crea	<i>Conselho Regional de Engenharia e Agronomia</i>
INMETRO	<i>Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia</i>
kW	<i>Kilowatt</i>
NBR	<i>Norma Brasileira Regulamentadora</i>
REN	<i>Resolução Normativa</i>

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	13
	ANEXO A – EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW	15
A.1	Apresentação da Empresa	15
A.2	Justificativa e Objetivos	15
A.3	Processos e Atividades	16
A.3.1	Homologação de Projeto	16
A.3.1.1	Monitoramento Diário de Usinas	18
A.3.1.2	Acompanhamento de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos	19
A.3.1.3	Configuração de Inversores e Datalogger	20
A.4	Projeto	21
A.4.1	Diagrama Unifilar	21
A.4.1.1	Dimensionamento do Sistema	22
A.4.1.2	Estimativa de Geração	25
A.4.1.3	Instalação dos Módulos Fotovoltaicos	27
A.4.1.4	Proteção do Sistema	30
A.4.1.5	Monitoramento do Sistema	32
A.5	Considerações Finais	35
	Referências	37

1 APRESENTAÇÃO

Este documento, tem como objetivo descrever as atividades realizadas na área de geração de energia fotovoltaica na empresa Gransolar Engenharia. Durante o estágio, foram desenvolvidas diversas atividades voltadas a essa área, com foco na homologação de projetos, monitoramento diário de usinas fotovoltaicas, acompanhamento de instalações de sistemas fotovoltaicos e configuração de inversores e dataloggers. Neste relatório, estão descritas todas as tarefas desempenhadas, assim como os processos técnicos e normativos relacionados à geração de energia solar, os quais contribuíram para o aprendizado no campo da engenharia elétrica.

A realização das atividades no estágio foi conduzida de maneira prática e fundamentada em normas técnicas, com o objetivo de aprofundar os conhecimentos no setor de energia solar. Durante o acompanhamento da homologação de projetos, foram analisados formulários, normas técnicas da ANEEL e os requisitos técnicos das concessionárias, o que permitiu a elaboração de projetos em conformidade com as normativas vigentes. No monitoramento de usinas fotovoltaicas, o uso das plataformas de monitoramento possibilitou a análise detalhada da eficiência energética do sistema, contribuindo para a elaboração de relatórios e identificação de falhas no desempenho do sistema. Da mesma forma, no acompanhamento de instalações, as práticas realizadas seguiram as normas técnicas, promovendo uma experiência imersiva em condições reais de trabalho. Todas essas etapas foram importantes para a obter experiência na homologação de sistema fotovoltaico.

Todas atividades descritas neste documento foram realizadas durante o estágio supervisionado na empresa Gransolar Engenharia, localizada na cidade de Tucuruí, no estado do Pará. O estágio foi realizado entre agosto e outubro de 2024, sob a supervisão do Engenheiro Eletricista Fagner Baia Trindade. As atividades tiveram foco no processo que envolve a homologação de sistemas de geração de energia fotovoltaica.

O estágio possibilitou adquirir conhecimento, experiência e um primeiro contato com o mercado de trabalho. A participação nessas atividades ajudou a fixar toda metodologia estudada, e a compreender o processo que envolve normas técnicas específicas da Engenharia Elétrica. Como também, foi relevante para ampliar a visão na demanda de mão de obra especializada que as empresas necessitam.

As principais dificuldades encontradas durante a execução das atividades foram, a revisão de vários documentos técnicos solicitado pela concessionária de energia elétrica, como também, a demora de aprovação do sistema.

O trabalho em questão foi apresentado como parte integrante do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), por meio de uma estratégia de flexibilização, definida pela

RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 01/2024/FEE, de 12 de abril de 2024, que trata da flexibilização da atividade curricular de TCC por meio da INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 05/2023 – PROEG/UFPA, de 21 de dezembro de 2023, a utilização deste trabalho com o objetivo proposto, tem autorização do colegiado da Faculdade de Engenharia Elétrica como declarado na ATA DE REUNIÃO N° 08/2024/FEE, de 27 de novembro de 2024.

ANEXO A – EXPERIÊNCIA EM HOMOLOGAÇÃO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO COM POTÊNCIA INFERIOR A 10KW

A.1 Apresentação da Empresa

A FF GRANSOLAR ENGENHARIA LTDA foi fundada em 10 de julho de 2019, em Tucuruí, estado do Pará, sendo uma empresa privada que atua no ramo de energia solar e serviços de engenharia elétrica. A empresa possui mais de 600 homologações de projetos de sistemas fotovoltaicos em diversas regiões do estado do Pará, representadas por mais de 34.000 módulos instalados, gerando uma potência de cerca de 20 MWp ou 20.000 kWp. A Figura 1 mostra a logomarca utilizada pela empresa.

Figura 1 – Logomarca da empresa



Fonte: Gransolar (2024).

A.2 Justificativa e Objetivos

Este relatório tem como objetivo descrever as atividades realizadas pelo estagiário Jhonatan Pinheiro Dias, durante o período de estágio supervisionado na empresa Gransolar Engenharia, atuando na área de energia fotovoltaica.

O estágio foi realizado no período de 01/08/2024 a 15/10/2024, sob a supervisão do Eng. Fagner Baia Trindade, com foco no monitoramento das usinas geradoras, assistir homologação de projeto, acompanhamento de instalação do sistema de geração e configuração de inversores de energia solar fotovoltaica.

O objetivo deste trabalho é utilizar um projeto de microgeração distribuída de um sistema solar fotovoltaico com potência de 7,605 kWp como base de estudo para consolidar

as atividades descritas. Através da análise deste projeto, buscaremos aprofundar o entendimento das práticas e normas aplicáveis ao setor, facilitando a fixação do conhecimento teórico adquirido.

A.3 Processos e Atividades

Durante o estágio, foram realizadas diversas atividades voltadas ao setor de energia solar, sendo elas: acompanhamento no processo de homologação de projeto, monitoramento de geração diária de usinas fotovoltaicas, acompanhamento de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos, Configuração de Inversores e Datalogger.

A seguir, estão descritas as atividades mencionadas acima durante este período de estágio:

A.3.1 Homologação de Projeto

O processo de homologação de sistemas de energia solar é um procedimento obrigatório que garante a segurança e a regularização do sistema de geração, e também permite que a energia excedente seja convertida em créditos, os quais podem ser utilizados através da homologação, para abatimento na conta de luz (Lino, 2024). Para a realização deste processo é necessário que o projeto esteja em conformidade as normas técnicas vigentes no Brasil e as regulamentações da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

A Lei nº 14.300, Marco Legal da Microgeração e Minigeração Distribuída, regulamenta o mercado de energia solar brasileiro. Sancionada em 6 de janeiro de 2022, estabelece diretrizes importantes sobre a geração distribuída, promovendo a inclusão de sistemas de microgeração e minigeração, e garantindo direitos e obrigações tanto para os geradores quanto para as concessionárias. Esse marco regulatório é fundamental, pois fornece um ambiente normativo claro, essencial para a expansão da energia solar no Brasil.

Destaca-se que a Resolução Normativa 482/2012 da ANEEL, que anteriormente regulamentava a microgeração e minigeração distribuída, foi substituída pela Resolução Normativa 1.000.

A Resolução Normativa 1.000 da ANEEL, que regulamenta a microgeração e minigeração, define os procedimentos para a solicitação de acesso à rede elétrica, a garantia de direitos dos geradores e as responsabilidades das concessionárias. Essa norma serve para assegurar que as instalações de sistemas fotovoltaicos sejam feitas em conformidade com as exigências legais e técnicas estabelecidas, representando um avanço significativo na facilitação da conexão de sistemas de energia solar à rede de energia elétrica.

Dentre os procedimentos a serem seguidos para aprovação e uso do sistema conforme a REN nº 1.000/2021, a homologação envolve: solicitação de orçamento de conexão, análise e parecer de acesso, aprovação do orçamento de conexão, instalação do sistema de energia

solar e Vistoria e comissionamento. Essa etapa crítica é estabelecida pela ANEEL, que orienta as práticas de acordo com a Lei 14.300, auxiliando durante a elaboração do projeto para garantir que ele esteja de acordo com as normas técnicas tanto para segurança elétrica quanto de eficiência do sistema a ser instalado.

Para isso, cada etapa do processo requer a elaboração e a análise de documentos técnicos contendo todas as informações do projeto exigidas pela concessionária. Esses documentos são fundamentais para comprovar que o sistema atende aos requisitos normativos de segurança e desempenho.

A solicitação de orçamento de conexão é o primeiro passo no processo de homologação para a instalação de um sistema de geração distribuída. Nessa etapa inicial, o interessado deve apresentar um pedido formal à concessionária de energia, que será responsável por intermediar a conexão do sistema à rede elétrica. Na solicitação devem estar contidos documentos como formulário de solicitação, anotação de responsabilidade técnica, diagrama unifilar, memorial técnico descritivo, registro de conformidade do inversor e lista de rateio.

O formulário de acesso serve para que a empresa responsável pelo projeto solicite um orçamento à concessionária de energia. Nele, são solicitadas informações como nome do solicitante, CPF ou CNPJ, endereço, contato, dados da unidade consumidora, características técnicas da central geradora e dados do responsável técnico.

A (ART) Anotação de Responsabilidade Técnica é o instrumento, instituída pela Lei Federal nº 6.496/1977, que define, para os efeitos legais, os responsáveis técnicos pelo desenvolvimento de atividade técnica no âmbito das profissões abrangidas pelo Sistema Confea/Crea (CONFEA, 2025).

O diagrama unifilar é um documento técnico no qual estão representadas as principais conexões de um sistema elétrico. Neste documento, é ilustrado o processo que o sistema realizará na geração de energia, incluindo a descrição dos equipamentos e dispositivos a serem instalados.

O memorial técnico descritivo é um documento que envolve a descrição de todos os aspectos técnicos e operacionais relacionados à execução da obra. Sua principal função é garantir que todas as informações relevantes sobre o sistema estejam registradas de forma clara e precisa, facilitando a compreensão por parte da concessionária de energia.

O registro de conformidade do inversor é um documento que atesta que um inversor fotovoltaico atende a todas normas técnicas e de segurança exigidas. O registro é vinculado à certificação do inversor pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), ele verifica se o dispositivo cumpre os critérios de segurança e desempenho definidos pelas normas técnicas brasileiras.

A lista de rateio define como a energia gerada por um sistema fotovoltaico será

distribuída entre os consumidores participantes. No rateio de energia solar, um único sistema fotovoltaico é instalado e conectado à rede elétrica, permitindo que a energia gerada seja distribuída entre os participantes. Essa divisão ocorre de forma proporcional ao investimento realizado ou ao consumo de cada um, garantindo uma utilização compartilhada da energia produzida (Lima, 2024).

A análise e parecer de acesso consiste em uma análise técnica, realizada pela concessionária após o envio da solicitação de orçamento. Essa análise serve para avaliar a viabilidade do projeto, verificando se a conexão é possível e se atende às normas de segurança e eficiência. O parecer de acesso é o documento que formaliza a análise e traz informações sobre a capacidade da rede para receber a nova geração.

Com base na análise técnica, o orçamento de conexão fornecido previamente é revisado e, se necessário, ajustado. O consumidor deve então aprovar este orçamento, o que geralmente envolve a assinatura de um contrato. Após a aprovação do orçamento, inicia-se a fase de instalação do sistema fotovoltaico. Essa etapa deve ser realizada de maneira que sejam rigorosamente seguidas as normas técnicas e de segurança estabelecidas pela ANEEL, pois a instalação correta é essencial para garantir a eficiência e a segurança do sistema, evitando problemas futuros e promovendo um funcionamento ideal.

Após a instalação, é realizada uma vistoria técnica pela concessionária. Este procedimento é feito por uma equipe de campo disponibilizada pela concessionária, com a finalidade de verificar se o sistema foi instalado conforme os regulamentos e normas aplicáveis. O comissionamento, envolve a verificação do funcionamento do sistema e confirmação de que está gerando energia conforme o projetado. Se o sistema estiver em conformidade, a concessionária realizará a troca do medidor convencional pelo medidor bidirecional.

O medidor de energia bidirecional é um dispositivo eletrônico, que mede o consumo de energia elétrica e a energia produzida e injetada na rede elétrica da concessionária, possibilitando a medição da energia elétrica que flui em duas direções (Lino, 2024).

Após a troca do medidor a concessionária emite a homologação do sistema, permitindo ao proprietário iniciar a operação e usufruir das vantagens da geração distribuída.

A.3.1.1 Monitoramento Diário de Usinas

“O monitoramento e análise de desempenho em sistemas solares desempenham um papel fundamental na garantia da eficiência e confiabilidade das instalações fotovoltaicas. Essa prática oferece uma série de benefícios e vantagens tanto para os consumidores quanto para os instaladores e fabricantes de sistemas solares.” (Maya Energy,2023).

Esta atividade consiste no acompanhamento e análise da produção diária de energia em usinas fotovoltaicas, identificação de anomalias no sistema e elaboração de relatórios

sobre a produção e eficiência. Para isso, foram utilizados softwares de monitoramento que registram a energia gerada, esse apontamento é realizado após a criação da planta do cliente na plataforma raiz.

Na plataforma de monitoramento é necessário a inserção dos dados de geração da usina, sendo eles: dados do inversor, identificação do sistema, localização e potência de pico. O monitoramento diário permite verificar a eficiência através de uma varredura na usina e identificar possíveis desvios de desempenho, quando identificado uma baixa geração é muito importante iniciar uma manutenção para correção de falhas mantendo a integridade no sistema de geração.

O monitoramento de um sistema é realizado com a finalidade de manter o sistema de geração em perfeito funcionamento. Através do acesso remoto na plataforma de monitoramento, é possível realizar a verificação de tensão e corrente das strings, como também, de maneira seletiva fazer a análise da parte CC e CA do sistema. Essa sondagem é importante para visualizar de maneira gráfica a potência do sistema, e assegurar que está gerando energia elétrica como especificado em projeto.

A.3.1.2 Acompanhamento de Instalação de Sistemas Fotovoltaicos

A instalação é o processo que necessita de vários cuidados específicos do instalador durante o processo, é preciso seguir todos os métodos de segurança e normas técnicas para garantir a eficiência e a confiabilidade do sistema ao longo do tempo. O esquema de instalação é descrito no documento de diagrama unifilar, nele está contido as informações estruturais, instruindo e indicando a quantidade de módulos a serem instalados em cada caimento do telhado, como também, a seção de condutor a ser utilizado, e informando os dispositivos de proteção contra sobretensão e surtos.

Atuei no acompanhamento da instalação de um sistema de geração de energia solar, as atividades realizadas nesse processo foram: fixação do inversor na parede, auxílio na montagem dos módulos fotovoltaicos e componentes estruturais que os sustentam, verificação da correta instalação elétrica e estrutural, crimpagem de cabo e montagem da string box CA. Essa atividade foi importante para a compreensão do funcionamento do sistema de forma física, e para aperfeiçoamento das técnicas adotadas durante toda a instalação.

Além dos aspectos técnicos, a instalação de sistemas fotovoltaicos também exige um planejamento eficiente para melhorar o desempenho energético e garantir a segurança da estrutura. Antes de realizar a instalação dos painéis, é necessário realizar uma verificação quanto a estrutura do telhado. A instalação dos trilhos de suporte é um aspecto fundamental, pois a orientação dos módulos fotovoltaicos influencia diretamente a captação da luz solar. Outro ponto relevante é que, a correta organização como a crimpagem dos cabos e conexões minimiza as perdas elétricas e reduz os riscos de falhas ao longo do

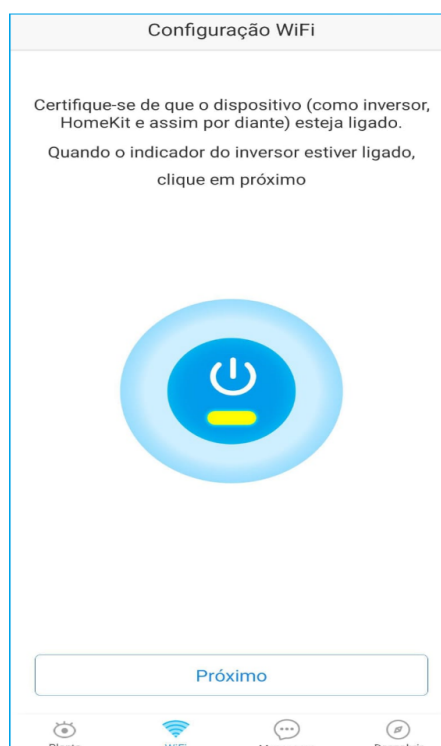
tempo. Durante o acompanhamento da instalação, foi possível observar a importância da padronização dos processos e do uso de equipamentos de qualidade, garantindo que o sistema funcione de maneira confiável e dentro dos critérios normativos.

A.3.1.3 Configuração de Inversores e Datalogger

O inversor é o dispositivo que é responsável por converter a corrente contínua gerada pelos painéis solares, em corrente alternada para ser utilizada na rede elétrica. Cada fabricante possui parâmetros em seus modelos de inversores, os mesmos devem ser seguidos para poderem ser utilizados no sistema. A frequência de rede, potência do sistema, hora, data e localização são alguns desses parâmetros a serem aplicados. Dito isto, a configuração é uma atividade imprescindível para a inserção dos parâmetros a serem registrados na memória do inversor.

Para realizar a configuração é necessário conexão rede de internet. O datalogger é um dispositivo acoplado no inversor que quando conectado à internet, registra e envia dados da geração fotovoltaica para plataformas de monitoramento. A maioria desses dispositivos também possuem parâmetros para serem conectados a conexão de internet, eles rejeitam caracteres especiais, espaços em senhas e em nome da rede wifi. Foram realizadas diversas atividades de configuração de datalogger em sistemas recém instalados a fim de que pudessem ser monitorados. A Figura 2, apresenta a interface da tela principal de configuração do inversor e datalogger da fabricante goodwe.

Figura 2 – Interface de configuração do inversor e datalogger



Fonte: Sems Portal.

A.4 Projeto

Foi possível utilizar o projeto recente de um cliente como base para aprofundar os conhecimentos e aplicar na prática os conceitos adquiridos. Esse projeto foi importante para consolidar o aprendizado, permitindo o desenvolvimento de habilidades teóricas e práticas, e para a fixação na prática o funcionamento e andamento dos setores da empresa que demandavam mão de obra específica.

O projeto de microgeração distribuída desenvolvido teve como base a utilização de um sistema solar fotovoltaico de 7,605 kWp. Este sistema foi projetado para ser conectado à rede de energia elétrica de baixa tensão em 220 V, caracterizando-se como um sistema de compensação local, conforme as regulamentações vigentes da ANEEL no que tange à geração distribuída.

Um sistema de compensação local é um mecanismo que permite que consumidores que geram sua própria energia, por meio de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, possam abater o consumo de energia elétrica da rede em suas contas, utilizando a energia gerada e não consumida. Esse sistema é regulamentado pela Resolução Normativa ANEEL nº 1059/2022, que estabelece as normas para a compensação de energia em áreas próprias, promovendo a geração de energia limpa e renovável.

A.4.1 Diagrama Unifilar

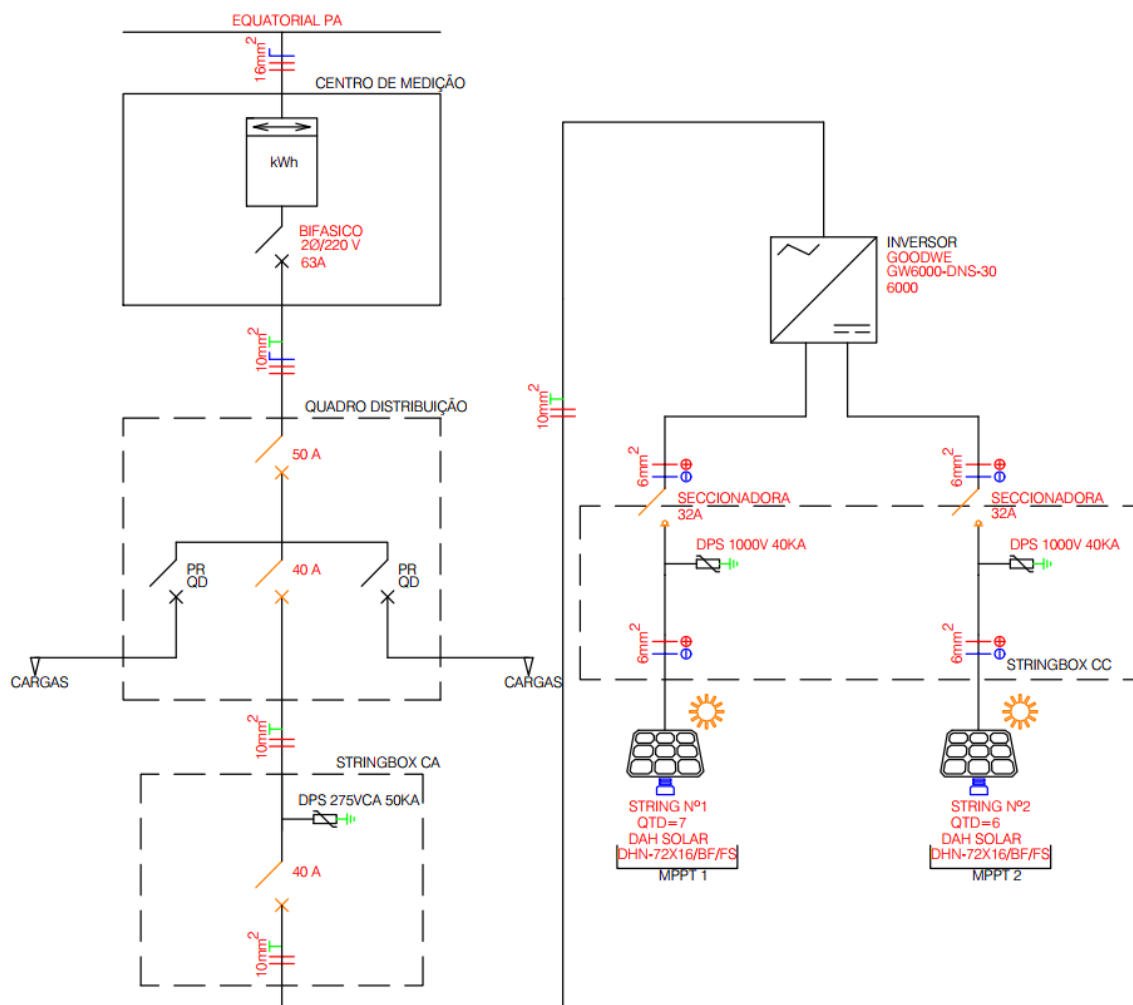
O diagrama unifilar é um desenho técnico que representa, de forma simplificada, as principais informações de um sistema elétrico. Esse diagrama serve para apresentar o circuito de maneira clara e concisa, acerca das conexões dos componentes do sistema de geração, desde os módulos fotovoltaicos até o centro de medição da concessionária.

Com relação a simbologia utilizada no diagrama unifilar a NBR IEC 60617, elaborada pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), é uma normativa vigente que padroniza os símbolos gráficos usados em diagramas elétricos para instalações elétricas. A norma serve para garantir a uniformidade e a correta interpretação dos projetos elétricos, facilitando a comunicação entre profissionais da área.

Cada símbolo representa um componente específico do sistema elétrico, como condutores, centro de medição e dispositivos de proteção. A consulta a essa normativa é fundamental para garantir que os projetos estejam em conformidade com os padrões técnicos exigidos, promovendo segurança e eficiência na execução das instalações elétricas.

A Figura 3, refere-se ao diagrama unifilar do sistema fotovoltaico com potência de 7,605 kWp, ele ilustra a estrutura e seus principais componentes, incluindo a quantidade de módulos fotovoltaicos, a string box CC, o inversor, a string box CA, o quadro de distribuição, medidor bidirecional e seção de condutores.

Figura 3 – Diagrama Unifilar



Fonte: Gransolar (2024).

A.4.1.1 Dimensionamento do Sistema

Os módulos fotovoltaicos desempenham o papel de geradores do sistema, convertendo a radiação solar em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico. O dimensionamento do sistema foi realizado levando em consideração o perfil de consumo da unidade consumidora. Foram utilizados 13 módulos de 585 W resultando em um sistema de 7,605 kWp de potência.

De acordo com a quantidade de módulos fotovoltaicos, o projeto foi estruturado em duas strings de módulos, cada uma conectada a um rastreador MPPT do inversor. A string é um conjunto de módulos fotovoltaicos conectados em série para formar um circuito elétrico.

Essa divisão foi estratégica e visa maximizar a eficiência da geração de energia, permitindo que cada string opere de forma independente, adequando-se melhor às condições de irradiação solar ao longo do dia. A primeira string é composta por 7 módulos fotovoltaicos, enquanto a segunda string é composta por 6 módulos. A Figura 4 apresenta

o módulo fotovoltaico utilizado no sistema, que desempenha um papel fundamental na conversão da luz solar em eletricidade.

Figura 4 – Módulo fotovoltaico



Fonte: NEOSOLAR. Acessado em: 12 de jan. de 2025.

A Tabela 1 apresenta as especificações técnicas dos módulos fotovoltaicos utilizados no projeto. Esses parâmetros são fundamentais para o cálculo do desempenho do sistema e para assegurar sua compatibilidade com os demais componentes elétricos.

Tabela 1 – Dimensionamento do gerador

Fabricante	DAH Solar
Modelo	DHN-72X16 BF FS-585W
Potência máxima – P_{máx} [W]	585
Tensão de circuito aberto – Voc [V]	51,6
Corrente de curto-circuito – Isc [A]	14,20
Tensão em máxima potência – V_{mp} [V]	43,8
Corrente de máxima potência – I_{mp} [A]	13,36
Eficiência [%]	22,65
Comprimento [m]	2,278
Largura [m]	1,134
Área [m²]	2,583
Peso [kg]	29
Quantidade	13
Potência do gerador [kW]	7,605

Fonte: Gransolar (2024).

O inversor usado no projeto foi o modelo GW6000-DNS-30 da fabricante GOODWE, com potência nominal de 6,0 kW. Ele é projetado para converter a energia gerada pelos

módulos fotovoltaicos em corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA), compatível com a rede elétrica da concessionária. Na entrada, o inversor suporta uma potência máxima de 10,8 kW e uma tensão CC de até 600 V. A Figura 5 ilustra o modelo do inversor utilizado na instalação do sistema fotovoltaico, o componente responsável pelo processo de conversão da energia gerada pelos módulos fotovoltaicos.

Figura 5 – Inversor fotovoltaico Goodwe



Fonte: Autor.

O inversor possui dois rastreadores MPPT que melhoram a eficiência da geração de energia. O MPPT solar (Maximum Power Point Tracking) é uma técnica utilizada em sistemas fotovoltaicos para otimizar a extração de energia em condições diversas (LINO,2024). Os módulos fotovoltaicos possuem uma curva característica de tensão x corrente ($V \times I$), onde existe um ponto específico em que a potência gerada é máxima.

O MPPT rastreia constantemente o ponto de máxima potência na curva e ajusta automaticamente a carga que os painéis solares estão alimentando, maximizando a produção de energia e mantendo o sistema no ponto ideal, mesmo com a variação da luz solar. A tensão nominal de saída é de 220 V em fase única, com uma eficiência máxima de 97,9%, garantindo alta conversão energética.

A Tabela 2 apresenta o dimensionamento do inversor utilizado no sistema fotovoltaico, detalhando suas principais características elétricas de entrada em corrente contínua (CC) e saída em corrente alternada (CA).

Tabela 2 – Dimensionamento do Inversor

Fabricante	Goodwe
Modelo	GW6000-DNS-30
Entrada CC	
Potência Máxima de Entrada [W]	10.800
Tensão Máxima de Entrada [V]	600
Faixa de Operação MPPT [V]	40 ~ 560
Tensão de Partida [V]	50
Tensão Nominal de Entrada [V]	360
Corrente Máxima de Entrada por MPPT [A]	16
Corrente Máxima de Curto por MPPT [A]	23
Número de MPPTs	2
Número de Strings por MPPT	1
Saída CA	
Potência Nominal [W]	6 k
Máxima Corrente na Saída [A]	28,8
Tensão Nominal [V]	220
Frequência Nominal [Hz]	60
THD de Corrente [%]	3
Fator de Potência	~1 (0.8 capacitiva, 0.8 indutiva)
Eficiência Máxima [%]	97,9

Fonte: Gransolar (2024).

A.4.1.2 Estimativa de Geração

A disponibilidade de energia solar é verificada utilizando como base os dados obtidos através do CRESESB – Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito, com valores médios mensais de radiação solar em um ângulo igual a latitude.

O programa SunData, é uma ferramenta desenvolvida pelo CRESESB, com o objetivo de calcular a irradiação solar diária média mensal em qualquer local do território brasileiro, tem a finalidade de auxiliar no dimensionamento de sistemas fotovoltaicos (CRESESB,2018).

Para obter a irradiação solar de um local específico, basta inserir as coordenadas geográficas (latitude e longitude) no sistema. Com base nesses dados, o SunData realiza os cálculos necessários e disponibiliza a média mensal da irradiação solar, permitindo uma análise eficiente para a projetos de geração fotovoltaica.

- Latitude: 3,7636° S
- Longitude: 49,6816° O
- Irradiação média diária: 4,71 kWh/m²dia

O sistema gerador fotovoltaico possui potência de pico $P_p = 7,605$ kWp, para uma geração mensal, teríamos a seguinte média:

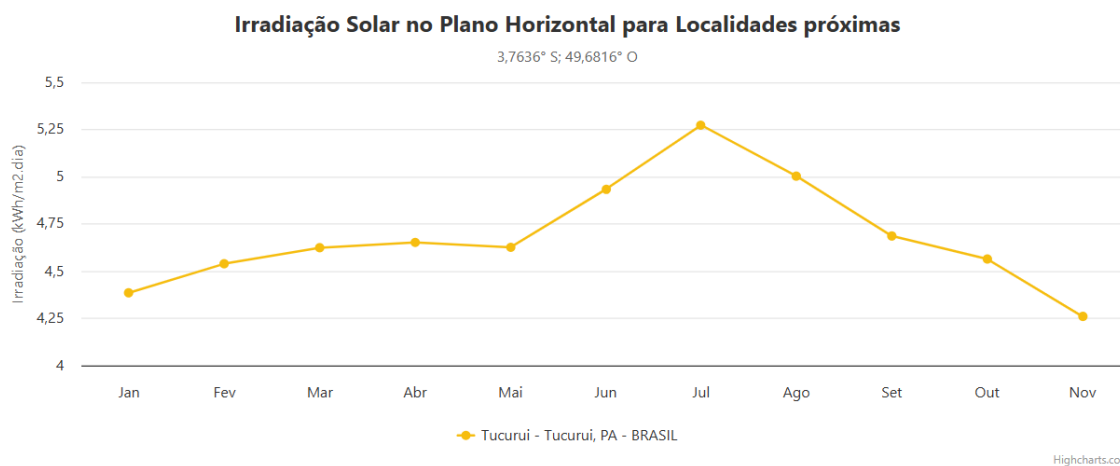
$$G = P_p \cdot HSP \cdot \eta \cdot D = 7.605 \cdot 4.71 \cdot 0.80 \cdot 30 \Rightarrow G \approx 859.669 \text{ kWh/mês}$$

Onde:

- G = Quantidade de energia gerada em média ao mês;
- P_p = Potência de pico do sistema instalado;
- HSP = Horas de sol pleno da região demonstrada;
- η = Eficiência do sistema;
- D = Quantidade de dias analisados.

Dentre as opções disponíveis, a média anual de irradiação solar foi utilizada como base para exemplificar o cálculo da estimativa de geração necessária ao projeto. Esse valor permite um dimensionamento mais equilibrado ao longo do ano, garantindo um melhor aproveitamento da energia solar na aplicação desejada. A Figura 6 representa a irradiação solar disponível para a localização em que o sistema fotovoltaico foi instalado.

Figura 6 – Irradiação solar disponível para a localização



Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Tucuruí
Município: Tucuruí, PA - BRASIL
Latitude: 3,801° S
Longitude: 49,649° O
Distância do ponto de ref. (3,7636° S; 49,6816° O): 5,5 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	4,35	4,54	4,58	4,66	4,61	4,86	4,96	5,25	5,01	4,66	4,52	4,25	4,69	1,00
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	4° N	4,26	4,48	4,57	4,72	4,72	5,02	5,11	5,35	5,03	4,62	4,43	4,15	4,70	1,20
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	6° N	4,21	4,45	4,56	4,74	4,77	5,10	5,18	5,39	5,03	4,59	4,38	4,10	4,71	1,30
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	6° S	4,47	4,60	4,56	4,55	4,41	4,59	4,70	5,07	4,95	4,70	4,63	4,38	4,63	,69

Fonte: CRESESB. Acessado em: 18 de dez. de 2024.

A irradiação solar média mensal apresenta diferenças ao longo do ano. Nos meses de maior insolação, a geração de energia tende a ser mais elevada, enquanto nos períodos de menor irradiação, a produção diminui. Essa variação impacta diretamente o desempenho do sistema e deve ser considerada no dimensionamento da instalação para garantir um fornecimento adequado de energia.

A.4.1.3 Instalação dos Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos foram instalados de acordo com a disposição do telhado, aproveitando ao máximo a área disponível e garantindo a melhor captação de luz solar ao longo do dia. Como característica ele possui dimensão de 2,278 m de comprimento e 1,134 m de largura com área total de 2,583 m². O posicionamento dos 13 módulos foi cuidadosamente planejado, levando em consideração a inclinação e a orientação do telhado, de modo a otimizar a eficiência do sistema.

A instalação seguiu os requisitos estabelecidos pela ABNT NBR 5410:2004, que regula as instalações elétricas de baixa tensão, garantindo segurança e eficiência na execução do projeto. Isso inclui a correta fixação dos trilhos de suporte na estrutura do telhado, essencial para dar segurança e resistência do sistema às condições climáticas, além de assegurar a máxima produção de energia dentro das características técnicas previstas no projeto.

Na instalação, foram montados 7 módulos na inclinação do telhado voltada para o norte e 6 módulos na inclinação voltada para o sul, totalizando os 13 módulos do sistema. A Figura 7 mostra a estrutura do telhado sendo preparada para receber os módulos, garantindo a disposição ideal para a captação de energia solar.

Figura 7 – Estrutura do telhado



Fonte: Autor.

A NBR 16690:2019, intitulada Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos - Requisitos de projeto, foi elaborada pela Comissão de Estudo de Instalações Elétricas de Baixa Tensão do Comitê Brasileiro de Eletricidade (ABNT/CB-003). Estabelece diretrizes e critérios específicos para o projeto de instalações elétricas que utilizam arranjos fotovoltaicos, com objetivo principal garantir a segurança e eficiência das instalações fotovoltaicas.

De acordo com a NBR 16690:2019, os condutores utilizados devem ser dimensionados levando em consideração diferentes fatores, como a capacidade de condução de corrente, temperatura de operação e as especificações técnicas requeridas para aplicações em corrente contínua. Para o circuito de corrente contínua do sistema fotovoltaico em questão, foi escolhido um condutor de 6 mm², com isolamento em polietileno reticulado (XLPE) e uma tensão de isolamento de 0,6/1 kV. A seleção deste condutor se justifica pela sua capacidade de condução de corrente de 48 A, que atende às exigências de segurança e desempenho especificada na norma. Além disso, a isolação em XLPE proporciona maior resistência térmica e proteção contra fatores externos, contribuindo para a durabilidade e confiabilidade do sistema fotovoltaico, conforme estipulado na NBR 16612 e nas outras normas complementares.

A Norma Brasileira ABNT NBR 5410, que trata das instalações elétricas de baixa tensão, é um documento técnico fundamental que estabelece as diretrizes para o projeto, execução, manutenção e segurança das instalações elétricas em edificações. A norma inclui anexos que tratam de aspectos variados, incluindo critérios de projeto, métodos de ensaio, e orientações para a manutenção das instalações elétricas.

O sistema de aterramento é um componente responsável por garantir a a segurança em instalações elétricas, especialmente em sistemas fotovoltaicos, onde a segurança e a proteção dos equipamentos e dos profissionais são prioritárias. De acordo com a NBR 5410:2004, o aterramento desempenha um papel importante na segurança elétrica, proporcionando caminhos seguros para o escoamento de correntes indesejadas causadas por falha de isolação.

Durante a instalação da estrutura do sistema, o cabo de aterramento foi conectado aos trilhos de suporte dos módulos fotovoltaicos, obedecendo às normas de segurança elétrica estabelecidas pela NBR 5410. A correta equipotencialização de componentes metálicos evita diferenças de potencial que poderiam resultar em choques elétricos. Dessa maneira, o sistema de aterramento contribui para a longevidade e confiabilidade da estrutura fotovoltaica, garantindo seu funcionamento seguro e eficiente. A fixação do cabo de aterramento nos trilhos assegura que toda a estrutura metálica dos módulos esteja aterrada, minimizando riscos de choque elétrico e aumentando a segurança da instalação. A conexão do cabo de aterramento na estrutura metálica, é mostrada na Figura 8, logo a seguir.

Figura 8 – Instalação de aterramento



Fonte: Autor.

Devido ao fato de que a incidência de luz solar durante o dia é voltada para o norte, foram instalados 6 módulos em modo retrato e 1 módulo em modo paisagem, em função das dimensões do telhado na inclinação norte e melhor aproveitamento na captação de luz solar.

Logo abaixo, a Figura 9 apresenta a instalação dos painéis solares fotovoltaicos realizada na inclinação norte.

Figura 9 – Módulos instalados inclinação norte



Fonte: Autor.

No caimento de telhado inclinado para o sul, foram instalados 6 módulos em modo retrato. O ideal é que esses painéis fossem instalados na inclinação norte por conta da maior incidência solar nessa parte do telhado durante o dia, garantindo a eficiência do sistema. Logo abaixo, a Figura 10 mostra a instalação dos módulos fotovoltaicos realizada no caimento voltado a inclinação sul.

Figura 10 – Módulos instalados inclinação sul



Fonte: Autor.

A.4.1.4 Proteção do Sistema

Para a proteção dos cabos de saída do inversor que serão conectados a rede elétrica, foi instalada a string box CA. Nessa caixa, são acoplados dispositivos de proteção, como disjuntores e DPS, que atuam contra sobrecargas, curtos-circuitos e surtos.

A ABNT NBR 5419:2005 estabelece diretrizes para a proteção de estruturas contra descargas atmosféricas. Seu objetivo principal é definir requisitos para o projeto, instalação e manutenção de Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas (SPDA), mudanças para segurança de edificações, equipamentos e pessoas.

O DPS (dispositivo de proteção contra surtos), é um equipamento muito importante para proteger e aumentar a vida útil dos equipamentos do sistema (Vinturini,2019). Ele é ligado entre as fases e o aterramento de proteção e tem a função de proteger a instalação na ocorrência de surtos. Esses surtos podem ser causados por oscilações na rede elétrica ou descargas atmosféricas que atingem diretamente a rede e se propagam até a entrada do inversor.

“O dispositivo funciona por meio da variação da impedância entre dois pontos, ou seja, a impedância fase-neutro ou fase-terra. Quando um surto de tensão é presenciado na instalação o DPS torna-se um circuito fechado desviando a corrente do condutor com

sobretensão para o aterramento, diminuindo a tensão percebida pelos outros equipamentos conectados ao circuito.” (Vinturini,2019).

Diante disso, conforme a tensão do sistema o dps foi dimensionado, considerando uma tensão Máxima de Operação Contínua (U_c) de 275 VCA. Além disso, foi escolhido um modelo com corrente de surto (I_{max}) de 40 kA, garantindo maior proteção contra sobretensões e descargas atmosféricas. A Figura 11 apresenta o modelo de Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) utilizado no sistema.

Figura 11 – Modelo de DPS utilizado



Fonte: JNG. Acessado em: 12 de jan. de 2025.

A NBR 5410 recomenda o uso de disjuntores que possam interromper sobrecorrentes, garantindo que estejam adequados à corrente de curto-circuito presumida no ponto de instalação. Essas recomendações visam garantir que os sistemas elétricos funcionem de maneira segura e eficiente, minimizando o risco de acidentes e danos materiais em edificações.

De acordo com as recomendações da NBR 5410, foi verificado a corrente de curto-circuito da instalação e dimensionado um disjuntor bipolar com tensão nominal de 400 V e corrente nominal de 40 A.

Este disjuntor foi selecionado para proteger a seção de condutor de 10 mm², de uma possível sobrecarga e curtos-circuitos, assegurando o desligamento automático em caso de falhas elétricas. A Figura 12 ilustra o modelo de disjuntor que foi instalado para realizar a proteção do sistema.

Figura 12 – Modelo de disjuntor instalado



Fonte: SANTIL. Acessado em: 12 de jan. de 2025.

Na Figura 13, mostra o andamento da instalação da string box CA, responsável pela proteção e seccionamento dos circuitos de corrente alternada (CA) que saem do inversor.

Figura 13 – Instalação da string box



Fonte: Autor.

A.4.1.5 Monitoramento do Sistema

Após a instalação do sistema de geração de energia elétrica, é necessário monitorá-lo para verificar se ele atende à demanda de geração para a qual foi projetado.

O primeiro passo foi a criação da planta do cliente no portal de monitoramento do fabricante, inserindo dados como nome do projeto, numeração, localização e potência do sistema. Logo após, foi realizada a configuração do inversor e do datalogger no local da instalação. O processo consistiu em conectar o dispositivo à internet para possibilitar o monitoramento da usina em tempo real.

Após a realização da atividade, foi iniciado o monitoramento do sistema de geração de forma remota. A Figura 14, apresenta os dados de geração sendo monitorados por meio do portal de acompanhamento, permitindo uma análise detalhada do desempenho do sistema em tempo real.

Figura 14 – Sistema em processo de monitoramento



Fonte: Sems Portal.

Também são apresentados o status de funcionamento do inversor e a curva de geração diária do sistema fotovoltaico. A curva característica de geração varia ao longo do dia, de acordo com a irradiação, evidenciando o comportamento típico da produção de energia solar.

O portal apresenta, de forma clara e objetiva, informações detalhadas sobre a geração de energia, incluindo mensagens de falha caso ocorram, potência de geração, geração total, tempo de funcionamento do inversor, tensão CA, corrente CA, frequência de rede, temperatura interna do inversor, intensidade do sinal Wi-Fi, além dos valores de tensão e corrente das MPPTs 1 e 2, e o fator de potência.

Todos os dados obtidos por meio do portal são extremamente importantes para

a realização do monitoramento da usina. Dessa forma, ao visualizar as informações em tempo real, é possível identificar anormalidades no sistema e localizar possíveis falhas com maior precisão.

A Figura 15 apresenta o registro dos dados da geração de energia do dia 19/11/2024 disponibilizado no portal de monitoramento. Através dessa visualização, é possível realizar a identificação de falhas e a verificação de grandezas elétricas, garantindo o monitoramento adequado do sistema e possibilitando possíveis correções para melhorar o desempenho do sistema.

Figura 15 – Varredura do sistema

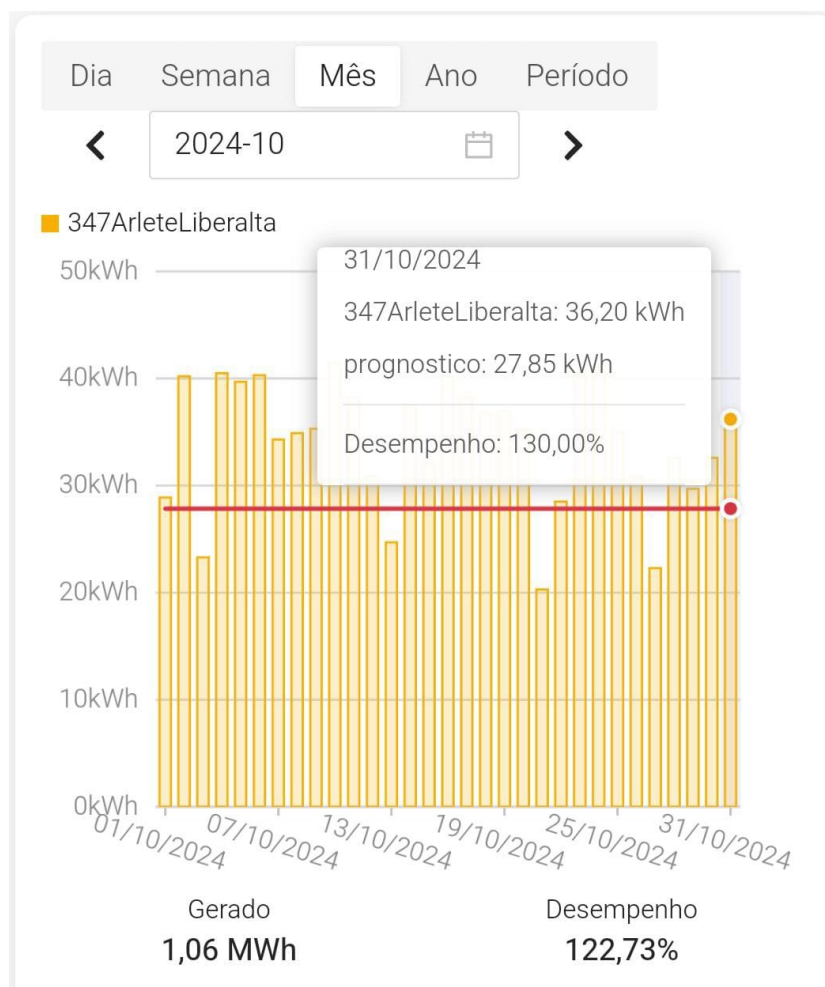


Fonte: Sems Portal.

Foi utilizado o SolarZ como ferramenta de suporte para monitoramento. O SolarZ é um software desenvolvido para gerenciar o funcionamento e o consumo de sistemas de geração de energia solar.

Para verificar se a geração estava de acordo com o projetado, foi escolhido o mês de outubro como base de referência para a análise das informações. A Figura 16 apresenta a geração de energia no mês de outubro de 2024. A linha vermelha na imagem representa o prognóstico de geração, que corresponde à geração mensal acordada. Ela especifica o mínimo de quilowatts que deve ser gerado diariamente. Como pode-se observar, durante o mês de outubro, apenas 4 dias apresentaram geração abaixo da especificação mínima. Esse resultado é atribuído às condições climáticas adversas durante esses dias. No entanto,

Figura 16 – Geração de energia solar no mês de outubro 2024



Fonte: SolarZ.

não houve comprometimento da geração mensal, pois nos demais dias a produção superou as expectativas, compensando as perdas.

A.5 Considerações Finais

O estágio na empresa Gransolar Engenharia foi uma oportunidade enriquecedora para o desenvolvimento de habilidades técnicas e profissionais na área de energia solar fotovoltaica. As atividades realizadas, proporcionaram uma visão prática de cada setor e reforçaram meu interesse por essa área.

Dessa forma, a experiência prática foi complementada pela fundamentação teórica, que permitiu a compreensão aprofundada das normas técnicas e procedimentos exigidos para a implementação segura e eficaz de soluções em energia solar. O acompanhamento de projetos não apenas destacou a importância de cumprir requisitos regulatórios, mas também promoveu uma análise crítica da eficiência dos sistemas, contribuindo assim para a diminuição de falhas e a maximização dos resultados operacionais.

Portanto, o trabalho realizado durante o estágio evidenciou que a integração adequada entre a homologação, instalação e monitoramento é fundamental para o sucesso das usinas fotovoltaicas. Esse entendimento entre as etapas não só garante a conformidade com as regulamentações, mas também otimiza o desempenho dos sistemas, traduzindo-se em benefícios reais tanto para os usuários quanto para o setor de energia renovável.

Pode-se afirmar que, a experiência adquirida consolida a importância da formação prática e técnica na formação de profissionais capacitados para atuar de forma competente e inovadora nesse setor em crescimento.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Resolução Normativa nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em: <<https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html>>. Acesso em: 23 fev. 2025. Citado na página 16.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004. Citado na página 28.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419-1:2015 – Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015. Citado na página 30.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 16690: Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos — Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019. Citado na página 27.

CONFEA. Perguntas e respostas ART. Disponível em: <<https://www.crearo.org.br/5511-2/>>. Acesso em: 23 fev. 2025. Citado na página 17.

CRESESB. Potencial Solar – SunData v 3.0. Disponível em: <<https://cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>>. Acesso em: 18 dez. 2024. Citado na página 25.

GRANSOLAR ENGENHARIA. Logomarca. Instagram. Disponível em: <<https://www.instagram.com/gransolar.eng/p/Cqsubj3OvqG/>>. Acesso em: 17 dez. 2024. Citado na página 15.

JNG. Dispositivo de Proteção Contra Surtos. Disponível em: <<https://www.jng.com.br/produtos/dispositivo-de-protecao-contrasurtos-dps-jby1#>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 31.

LIMA, Naiane. Entenda o que é rateio de energia solar Sunne. Disponível em: <<https://sunne.com.br/blog/o-que-e-rateio-de-energia-solar/>>. Acesso em: 23 fev. 2025. Citado na página 18.

LINO, Miguel. Homologação de Energia Solar: Tudo o Que Você Precisa para Simplificar o Processo. Solar dos Pomares. Disponível em: <<https://solarospomares.com.br/homologacao-energia-solar-passo-a-passo/>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 16.

LINO, Miguel. Medidor de Energia Bidirecional: O Que É e Como Funciona em Energia Solar. Solar dos Pomares. Disponível em: <<https://solarospomares.com.br/medidor-de-energia-bidirecional/>>. Acesso em: 23 fev. 2025. Citado na página 18.

LINO, Miguel. MPPT Solar Explicado: O Segredo por Trás da Eficiência dos Painéis Solares. Disponível em: <<https://solarospomares.com.br/o-que-e-mppt-solar/>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 23.

MAYA ENERGY. Sistemas solares: monitoramento e análise de desempenho. Disponível em: <<https://mayaenergy.com.br/monitoramento-e-analise-de-desempenho-em-sistemas-solares/>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 19.

NEOSOLAR. Placa Solar Fotovoltaica Bifacial 585W. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/loja/placa-solar-fotovoltaica-bifacial-585w-osda-oda585-36v-mhd.html>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 23.

PORTAL SOLAR. Dados do mercado de energia solar no Brasil. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/mercado-de-energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 23 fev. 2025. Citado na página 16.

SANTIL. Material elétrico. Disponível em: <<https://www.santil.com.br/produto/disjuntor-din-bipolar-40a-3ka-curva-c-jng/5435636>>. Acesso em: 12 jan. 2025. Citado na página 32.

SEMS PORTAL. Dados de monitoramento. Disponível em: <<https://www.semsportal.com/PowerStation/PowerStatusSnMin/f41bd35c-1353-4408-bc3b-f24bd1591013>>. Acesso em: 17 dez. 2024. Citado na página 34.

VINTURINI, Mateus. O que é DPS e como é usado nos sistemas fotovoltaicos. Canal Solar. Disponível em: <<https://canalsolar.com.br/o-que-e-dps-e-como-e-usado-nos-sistemas-fotovoltaicos/>>. Acesso em: 15 jan. 2025. Citado na página 31.