



Universidade Federal de Campina Grande  
Centro de Engenharia Elétrica e Informática  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

SÁVIO MATEUS FERREIRA PESSOA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO – SOLAR NOBRE  
ENERGIA SOLAR**

Campina Grande – PB

2021

SÁVIO MATEUS FERREIRA PESSOA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO – SOLAR NOBRE  
ENERGIA SOLAR**

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

Orientador: Prof. Ronimack Trajano de Souza

Campina Grande – PB

2021

SÁVIO MATEUS FERREIRA PESSOA

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO – SOLAR NOBRE  
ENERGIA SOLAR**

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

Aprovado em \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Karcius Marcelus Colaço Dantas**

Universidade Federal de Campina Grande

Avaliador

**Ronimack Trajano de Souza**

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador

*Dedico este trabalho aos meus pais, irmão, namorada  
e amigos que sempre me incentivaram.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus, Ele que me sustenta e me renova a cada dia, a minha família, meus pais Cristovão Filho e Anadelma, e meu irmão Cristovão Neto, que nunca mediram esforços para me apoiar em todas as minhas decisões. Ao meu amor Rayane Alves, por sempre estar do meu lado torcendo e me apoiando em todas as minhas decisões.

A solar nobre por me acolher e proporcionar a experiência do estágio, tão importante para nossa formação como engenheiro eletricista, muito obrigado ao engenheiro Antônio Fernando e ao proprietário Eduardo Fernandes, e a todos os estagiários do setor de projetos que me auxiliaram em todas as dificuldades.

Ao professor Ronimack, que me orientou no desenvolvimento do TCC e relatório de Estágio, muito obrigado por todo apoio e suporte.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para minha caminhada, a instituição UFCG, ao departamento de engenharia elétrica e professores.

*"A tua palavra é lâmpada que ilumina os meus passos e luz que clareia o meu  
caminho"*

*(Salmos 119:105)*

## RESUMO

O presente relatório descreve as principais atividades realizadas pelo estagiário Sávio Mateus Ferreira Pessoa, graduando em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, na empresa Solar Nobre Energia Solar durante o estágio supervisionado, no período entre 01/03/2021 e 21/05/2021, totalizando 351 horas. O estágio foi realizado no setor de projetos da empresa, sob a supervisão do engenheiro responsável. Atividades como: desenvolvimento de projetos fotovoltaicos e elétricos, e visitas técnicas foram as predominantes e contribuíram de forma significativa na formação do estagiário.

**Palavras chaves:** Estágio Supervisionado, Projetos Fotovoltaicos, Solar Nobre.

## ***ABSTRACT***

The present report describes the main activities carried out by the trainee Sávio Mateus Ferreira Pessoa, graduating in Electrical Engineering from the Federal University of Campina Grande, at the company “Solar Nobre Energia Solar” during the supervised internship, in the period between 03/01/2021 and 05/21 / 2021, totaling 351 hours. The internship was carried out in the company's project sector, under the supervision of the responsible engineer. Activities as: development of photovoltaic and electrical projects, and technical visits were predominant and contributed significantly to the training of the intern.

**Keywords:** Supervised internship, Photovoltaic Project, “Solar Nobre”.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Logomarca da empresa .....	15
Figura 2 – Sala dos estagiários .....	15
Figura 3 – Sistema on-grid.....	18
Figura 4 – Sistema off-grid .....	19
Figura 5 – Módulo fotovoltaico TSM-DE15M(II)-420 .....	20
Figura 6 – Curva I-V de um painel fotovoltaico com variação da temperatura .....	21
Figura 7 – Curva P-V de um painel fotovoltaico .....	22
Figura 8 – Diagrama de bloco de um inversor fotovoltaico .....	23
Figura 9 – Estrutura básica para fixação dos módulos.....	23
Figura 10 – String box (CC + CA – 2 entradas 1 saída).....	24
Figura 11 – Esquema elétrico string box (CC + CA – 2 entradas 1 saída) .....	25
Figura 12 – Conexão em paralelo de duas strings com níveis de tensão nominal diferentes .....	26
Figura 13 – Diagrama de blocos sistema de irrigação.....	29
Figura 14 – Diagrama trifilar aquecedor de piscina .....	30
Figura 15 – Memorial técnico descritivo página 1 .....	33
Figura 16 – Memorial técnico descritivo página 2 .....	34
Figura 17 – Formulário de solicitação de acesso.....	35
Figura 18 – Prancha projeto fotovoltaico.....	36
Figura 19 – Planta elétrica pavimento térreo .....	38
Figura 20 – Visita técnica e instalação de módulos.....	39
Figura 21 – Inversor e quadro string box .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custos dos equipamentos do sistema de irrigação .....	28
Tabela 2 – Principais especificações bomba d'água .....	29
Tabela 3 – Especificações do inversor .....	40
Tabela 4 – Especificações do módulo.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Ampere
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
DPS	Dispositivo de Proteção Contra Surtos
IP55	Grau de Proteção 55
kWh	Quilowatt-Hora
kW	Quilowatt
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NDU	Norma de Distribuição Unificada
On-Grid	Em Rede
Off-Grid	Fora da Rede
PB	Paraíba
Wp	Watt-Pico

# SUMÁRIO

<b>Capítulo 1 .....</b>	<b>14</b>
<b>Introdução .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1 Empresa .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.2.1 Objetivos Específicos .....	16
<b>Capítulo 2 .....</b>	<b>17</b>
<b>Fundamentação Teórica .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Energia Solar .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2 Sistemas Fotovoltaicos.....</b>	<b>17</b>
2.2.1 Sistema On-Grid.....	18
2.2.2 Sistema Off-Grid .....	19
<b>2.3 Componentes de um Sistema Fotovoltaico On-Grid .....</b>	<b>20</b>
2.3.1 Módulos Fotovoltaicos .....	20
2.3.1.1 Ponto de Máxima Potência .....	21
2.3.2 Inversores .....	22
2.3.3 Estruturas .....	23
2.3.4 String Box.....	24
<b>2.4 Resolução Nº 482 .....</b>	<b>26</b>
<b>Capítulo 3 .....</b>	<b>28</b>
<b>Atividades Desenvolvidas .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Projeto de Sistema de Irrigação com Energia Solar.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Projeto Elétrico para Instalação de Aquecedor de Piscina .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3 Projetos Fotovoltaicos .....</b>	<b>31</b>
3.3.1 Memorial Técnico Descritivo .....	31
3.3.2 Formulário de Solicitação de Acesso .....	34
3.3.3 Certificações .....	35
3.3.4 Prancha.....	36
<b>3.4 Relatório de Parametrização de Inversores .....</b>	<b>36</b>
<b>3.5 Projetos Elétricos .....</b>	<b>37</b>

<b>3.6</b>	<b>Visitas Técnicas .....</b>	<b>39</b>
	<b>Capítulo 4 .....</b>	<b>41</b>
	<b>Considerações Finais.....</b>	<b>41</b>
	<b>Referências .....</b>	<b>42</b>

# Capítulo 1

## Introdução

O presente relatório descreve as atividades do estágio supervisionado realizado pelo discente, do dia 01/03/2021 até 21/05/2021, totalizando 351 horas, cumprindo integralmente a carga horária necessária para a conclusão do curso. O estágio foi realizado no escritório de projetos da Solar Nobre Energia Solar, responsável por toda a estrutura e organização da elaboração de projetos de energia solar para serem submetidos a concessionária. O termo de compromisso do estágio compreende as seguintes atividades:

- Captação de clientes;
- Orçamentos;
- Projetos elétricos e fotovoltaicos;
- Acompanhamento de obras;
- Vistoria técnica.

Para uma maior compreensão acerca do tema sobre energia solar, foram realizados estudos complementares sobre a NDU 013 da concessionária Energisa assim como os catálogos e manuais dos equipamentos utilizados nas instalações.

### 1.1 Empresa

A Solar Nobre é uma empresa Paraibana sediada em Campina Grande – PB. Fundada em 2017 por Eduardo Silva Fernandes, a empresa possui a missão de desenvolver a utilização da energia solar nas residências da região.

Atualmente, a empresa atua nos estados do Maranhão, Rio Grande do Norte, Piauí, Paraíba, Pernambuco e Sergipe, e executa obras de instalação de sistemas solares, manutenção destes sistemas, padronização da entrada de energia, produção e execução de projetos elétricos residenciais e prediais, sistemas de automação residencial e industrial, e aquecimento de piscinas.

Figura 1 – Logomarca da empresa



Fonte: SOLAR NOBRE, 2021

O setor de projetos da empresa é responsável pela elaboração das propostas dos sistemas para os clientes e do desenvolvimento de todos os projetos aprovados, de modo a serem compatíveis com o orçamento e com os padrões exigidos pela concessionária que atua no local da instalação do sistema.

Existe uma sala exclusiva para o setor de estágios, onde todos os colaboradores que participam do programa de estágios são acomodados e, com a supervisão do engenheiro responsável, são realizadas as atividades propostas, reuniões e cursos oferecidos pela empresa, possibilitando um conhecimento teórico e prático ao estagiário.

Figura 2 – Sala dos estagiários



Fonte: Arquivo Solar Nobre, 2021

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral do trabalho é apresentar uma descrição das atividades desenvolvidas durante a realização do estágio supervisionado na empresa Solar Nobre Energia Solar.

### **1.2.1 Objetivos Específicos**

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Abordar os principais conceitos relativos ao sistema de energia solar;
- Detalhar as atividades realizadas na empresa;
- Destacar os principais resultados obtidos durante o estágio.



# Capítulo 2

## Fundamentação Teórica

Neste capítulo são abordados tópicos fundamentais para o entendimento do sistema de energia solar, seus componentes e normas reguladoras. Esses tópicos são a base para o entendimento das atividades desenvolvidas durante o estágio supervisionado.

### 2.1 Energia Solar

Grande parte das fontes de energia são formas indiretas de aproveitamento da energia solar. O potencial de aproveitamento do recurso é enorme e pode ser utilizado também de forma direta através de sistemas de captação e conversão. A produção de eletricidade utilizando energia solar vem desde 1839 quando o físico francês Edmond Becquerel produziu eletricidade utilizando duas placas de latão imersas em um eletrólito. Desde então, diversos dispositivos foram desenvolvidos e aprimorados com o intuito do aproveitamento da energia proveniente do sol. Em termos de comparação, a energia que o sol fornece todos os dias para a terra é cerca de 10.000 vezes a mais que toda a população consome (MACHADO; MIRANDA, 2014).

A energia solar pode ser considerada uma fonte limpa, pois seu funcionamento não emite gases indesejáveis e é renovável devido utilizar apenas o sol como fonte. Os equipamentos utilizados para captação possuem longo tempo de vida útil com baixa necessidade de manutenções (MIGUEL; JOSÉ, 2006). A quantidade de energia recebida em um determinado local varia a depender da posição relativa do sol e da terra, portanto é importante os estudos sobre a radiação do local onde será instalado um sistema fotovoltaico para determinação do seu potencial energético.

### 2.2 Sistemas Fotovoltaicos

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia proveniente da conversão da radiação solar em eletricidade. Para isso, utiliza-se módulos fotovoltaicos que convertem a energia solar em elétrica e inversores que compatibilizam a energia gerada para ser utilizada nas residências dos consumidores.

A conversão da energia solar em elétrica ocorre pelo efeito da radiação em materiais semicondutores, que geram uma diferença de potencial em seus terminais provocado pela junção de dois metais em condições específicas (BORTOLOTO et al.,

2017). A partir desta conversão, é constituído o sistema fotovoltaico, que pode ser utilizado de duas formas distintas chamadas de *on-grid* e *off-grid*.

### 2.2.1 Sistema On-Grid

Os sistemas fotovoltaicos *on-grid* são caracterizados por se conectarem à rede de distribuição local de energia e dispensam o uso de baterias e controladores de carga. No sistema *on-grid*, quando há uma geração superior ao consumo da unidade consumidora, a energia excedente é compartilhada com a rede da concessionária, e quando a geração é inferior ao consumo da unidade consumidora, a concessionária cede energia para a unidade. Assim, a rede de distribuição funciona como uma espécie de “bateria” para o consumidor e o usuário só paga em caso de consumo maior que a geração, e caso produza mais do que consome, recebe o retorno em créditos que podem ser utilizados em até 60 meses conforme resolução normativa da ANEEL (BORTOLOTO et al., 2017; ANEEL 2012). O sistema *on-grid* funciona de acordo com a Figura 3.

Figura 3 – Sistema *on-grid*



Fonte: Adaptado (BORTOLOTO et al., 2017)

O sistema é composto por painéis com os módulos fotovoltaicos que convertem a energia solar em energia elétrica com corrente contínua, esses painéis são conectados a um inversor por meio de um quadro chamado *string box*, esse inversor

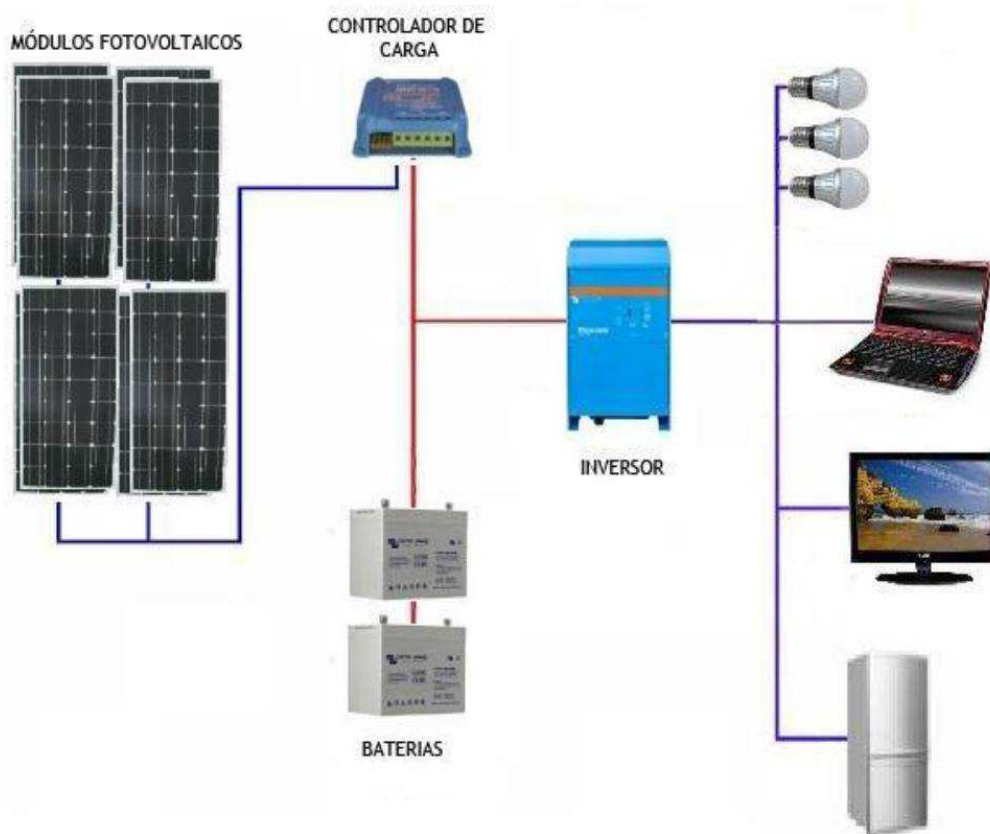
converte a corrente contínua em corrente alternada com padrões de tensão e frequência compatíveis com a rede elétrica local (BORTOLOTO et al., 2017).

### 2.2.2 Sistema Off-Grid

O sistema *off-grid* depende exclusivamente da radiação solar para geração de energia elétrica, esta energia é armazenada em baterias para suprir a demanda do consumidor local em horários de baixa radiação solar. Assim, não ocorre a conexão à rede elétrica da concessionária e o sistema abastece diretamente os equipamentos que utilizarão a energia.

Bombeamento de água, iluminação e aquecimento de piscinas são ainda bastante utilizados com o sistema *off-grid* (BORTOLOTO et al., 2017). A alimentação utilizando o sistema *off-grid* de vários equipamentos em residências por exemplo, não é muito utilizado, pois necessitam de grandes bancos de baterias e controladores de carga que possuem baixa vida útil e custos elevados. Na Figura 4 observa-se um esquema do sistema *off-grid*.

Figura 4 – Sistema off-grid



Fonte: BORTOLOTO et al., 2017

## 2.3 Componentes de um Sistema Fotovoltaico On-Grid

Os sistemas fotovoltaicos *on-grid* não necessitam de baterias e controladores de carga, como é necessário nos sistemas *off-grid*, portanto, é apenas necessário a utilização de módulos fotovoltaicos, inversores, estruturas e a *string box* para compor o sistema.

### 2.3.1 Módulos Fotovoltaicos

Em todos os sistemas de energia solar, há a necessidade de utilização de módulos que possuem células fotovoltaicas capazes de gerar uma tensão em seus terminais proporcional ao nível de radiação solar incidente. Na Figura 5 observa-se um modelo comercial de um módulo fotovoltaico fabricado pela Trina, esse modelo possui 144 células fotovoltaicas capazes de gerar uma potência de saída de 420Wp e tensão em circuito aberto de 46,6 V.

Figura 5 – Módulo fotovoltaico TSM-DE15M(II)-420



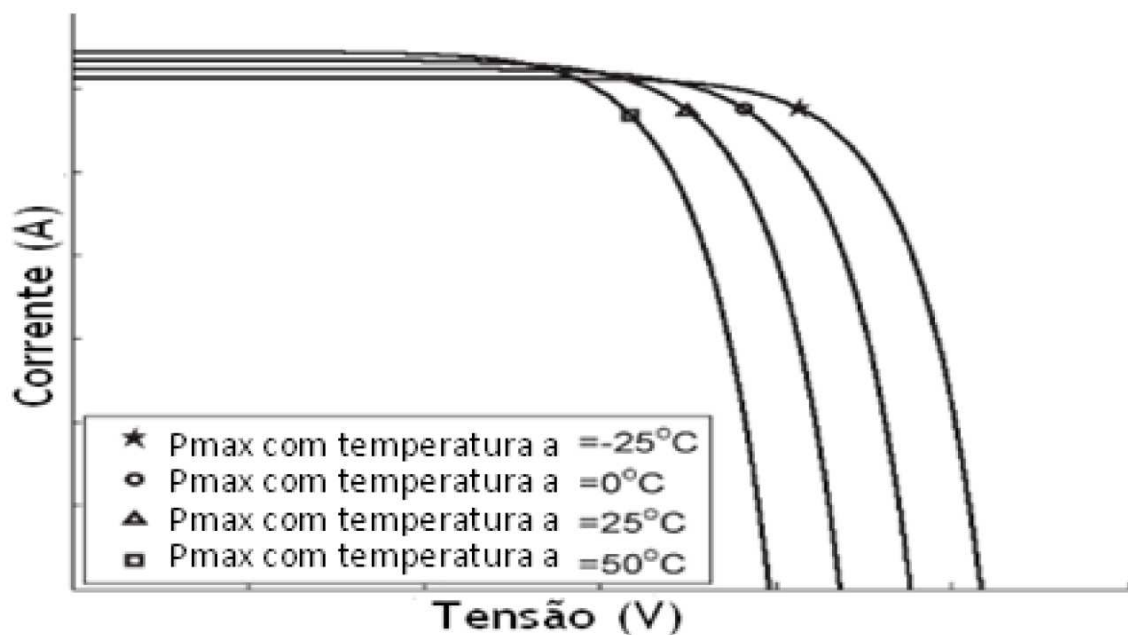
Fonte: TRINA SOLAR, 2021

A conexão entre os módulos fotovoltaicos pode ser realizada em série ou em paralelo, portanto quando é necessária uma tensão elevada agrupa-se em série, e quando é necessária uma corrente elevada, agrupa-se os módulos em paralelo. Um conjunto de módulos em série e/ou paralelo é chamando de *string*. Normalmente o sistema mais utilizado para conexão de módulos aos inversores é uma conexão em série. Para esse caso, se houver alguma placa encoberta por sombra de algum edifício próximo ou árvores por exemplo, caracterizando o sombreamento dos módulos, a potência do sistema será reduzida, logo é necessário que toda a *string* possua mesma inclinação para o sol e com módulos próximos uns aos outros (VALENTE, 2011).

### 2.3.1.1 Ponto de Máxima Potência

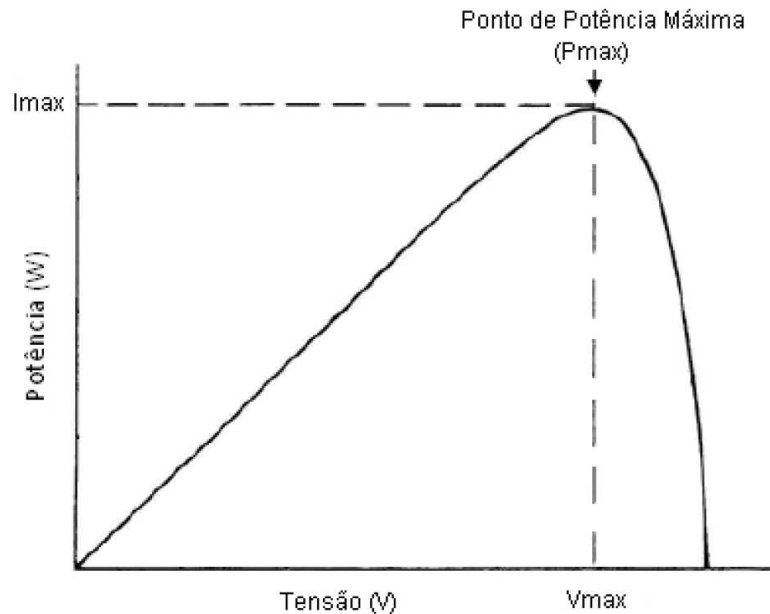
O ponto de máxima potência é onde ocorre o funcionamento ótimo de um módulo. Esse ponto é influenciado pela temperatura e incidência da radiação solar visto que, quanto menor a temperatura do módulo, maior é o nível de tensão para uma mesma corrente de operação, como pode ser visto na Figura 6, elevando assim a potência de saída do dispositivo. Na Figura 7 tem-se uma curva P-V de um painel fotovoltaico onde o  $I_{max}$  é inversamente proporcional a redução da temperatura do módulo.

Figura 6 – Curva I-V de um painel fotovoltaico com variação da temperatura



Fonte: VALENTE, 2011

Figura 7 – Curva P-V de um painel fotovoltaico



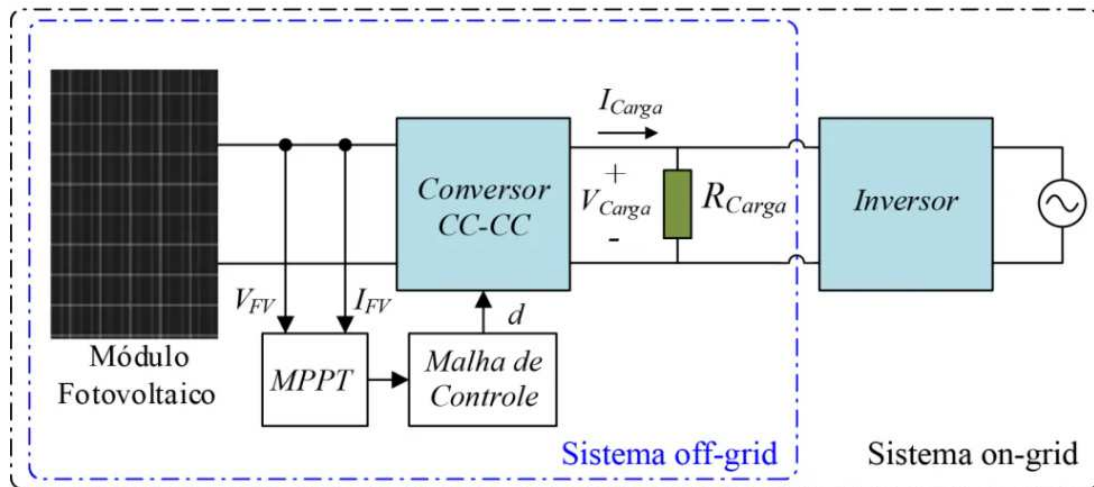
Fonte: VALENTE, 2011

### 2.3.2 Inversores

Os inversores são equipamentos capazes de converter a tensão elétrica contínua produzida pelos módulos, em tensão alternada compatível com a rede elétrica da concessionária. O equipamento é capaz de ajustar a tensão, frequência e tempos de reconexão, bem como definir limites mínimos e máximos aceitáveis para funcionamento, sem produzir danos a rede elétrica. Para garantir que não ocorra o ilhamento em uma micro geração, caracterizado pelo sistema fotovoltaico continuar alimentando a unidade consumidora após ocorrer uma falta de energia na rede da concessionária, os inversores são capazes de seccionar o sistema da rede elétrica local garantindo a segurança dos equipamentos e de pessoas caso ocorra um desligamento na rede para manutenção ou por defeito (LOT, 2020).

Na Figura 8 observa-se um diagrama de bloco de um inversor em que o sistema MPPT (do inglês *Maximum Power Point Tracking*) monitora a potência gerada pelos módulos para obter a máxima potência da geração utilizando a malha de controle. O inversor utiliza um circuito responsável em converter o sinal CC em CA por meio do chaveamento de transistores em conjunto com capacitores e indutores (MORAES, 2020). O sinal resultante é sincronizado com a rede elétrica de modo a possuir amplitude e fase iguais (LOT, 2020).

Figura 8 – Diagrama de bloco de um inversor fotovoltaico



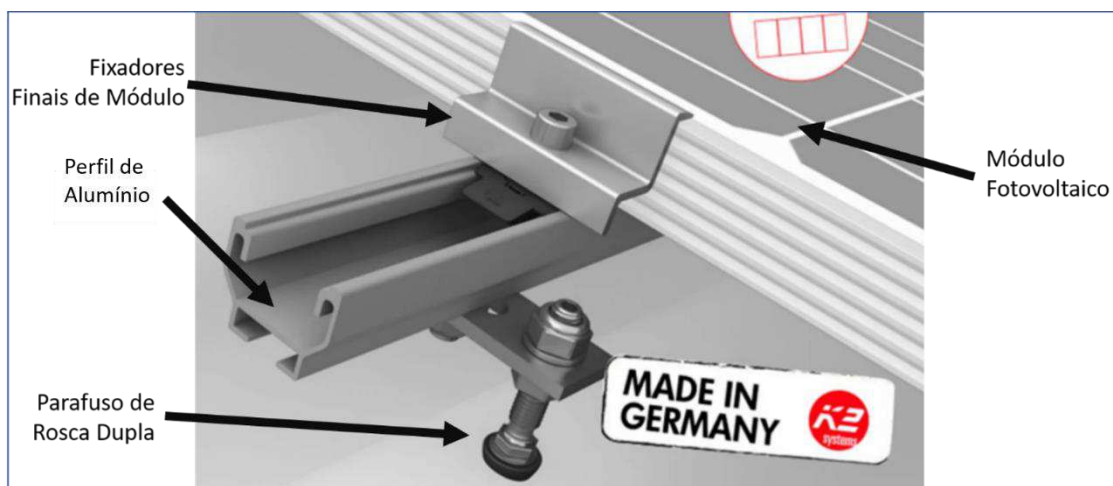
Fonte: MORAES, 2020

Os inversores *on-grid* aceitos no Brasil devem atender aos requisitos da NBR 16149:2013. Essa norma define os parâmetros necessários para garantir a qualidade e segurança do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica. As concessionárias analisam os resultados de ensaios de cada equipamento realizados pelo INMETRO e definem quais marcas e modelos podem ser utilizados para micro geração (LOT, 2020).

### 2.3.3 Estruturas

Para fixação dos módulos fotovoltaicos em telhados ou no solo, é necessário utilizar estruturas metálicas. A seguir, na Figura 9, é exposto a estrutura para fixação em telhados e seus principais componentes utilizados.

Figura 9 – Estrutura básica para fixação dos módulos



Fonte: adaptado - Aldo Solar, 2021



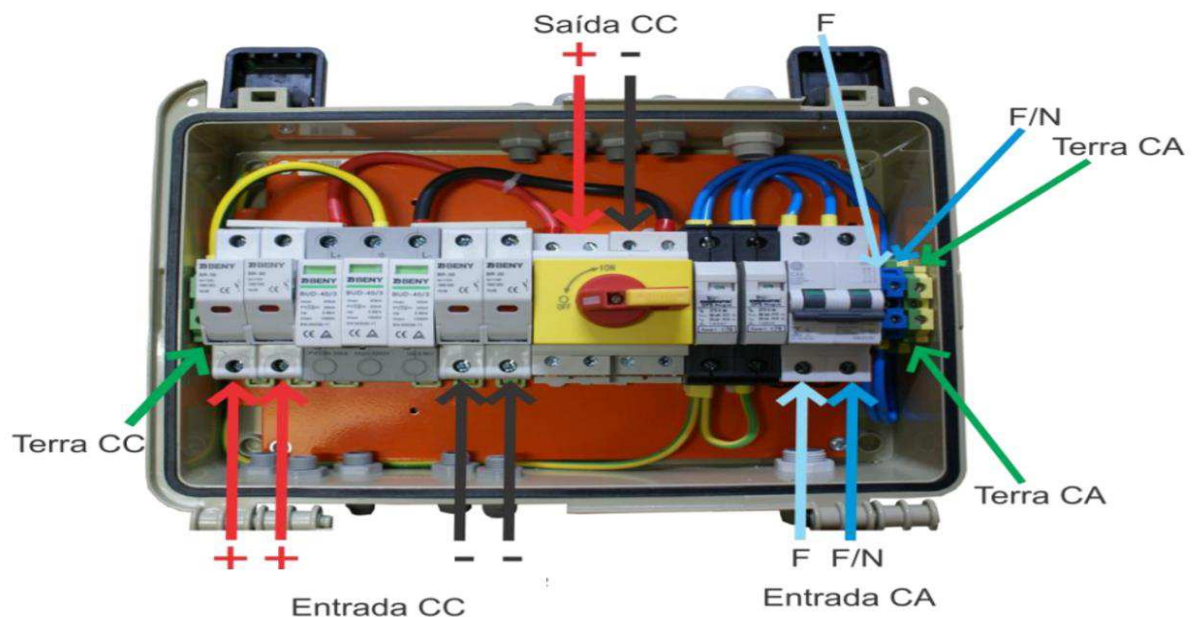
A fixação é composta por:

- Parafusos de rosca dupla: Responsável por fixar na estrutura do telhado, em madeiras ou aço;
- Perfil em alumínio: Utilizado para apoiar os módulos. Devem ser instalados em paralelo e perfeitamente alinhados e fixados aos parafusos de rosca dupla;
- Fixadores dos módulos: São utilizados para fixar os módulos aos perfis de alumínio. Podem ser do tipo final do módulo ou entre módulos.

### 2.3.4 String Box

A *string box* é um quadro utilizado para proteção do inversor de sobrecorrentes e/ou sobretensões do lado CC e CA do sistema fotovoltaico. Esse quadro é composto por chaves de seccionamento, disjuntores, fusíveis e dispositivos de proteção contra surtos (DPS), conectados em uma caixa com grau de proteção IP55. Geralmente é instalado próximo ao inversor e alguns modelos de inversores possuem esses dispositivos integrados, eliminando a necessidade de utilização da *string box* (LOSSIO, 2015). As *string box* podem possuir mais de uma entrada e mais de uma saída, na Figura 10 é possível observar um modelo com duas entradas e uma saída, nesse modelo as duas entradas são conectadas internamente em paralelo formando a única saída.

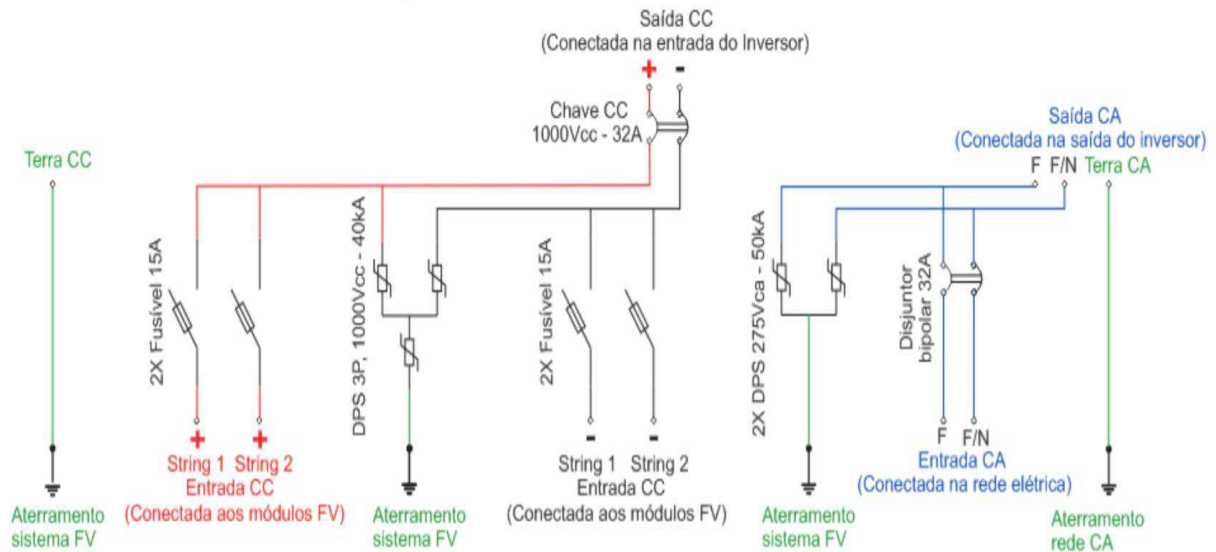
Figura 10 – String box (CC + CA – 2 entradas 1 saída)





No lado CA, onde ocorre a conexão do inversor com a rede elétrica da concessionária, deve ser utilizado um disjuntor para seccionamento e proteção dos cabos de fase e DPS para proteção contra sobretensões. Esses dispositivos podem ser instalados na *string box* ou separados em outro quadro de distribuição (LOSSIO, 2015).

Figura 11 – Esquema elétrico *string box* (CC + CA – 2 entradas 1 saída)

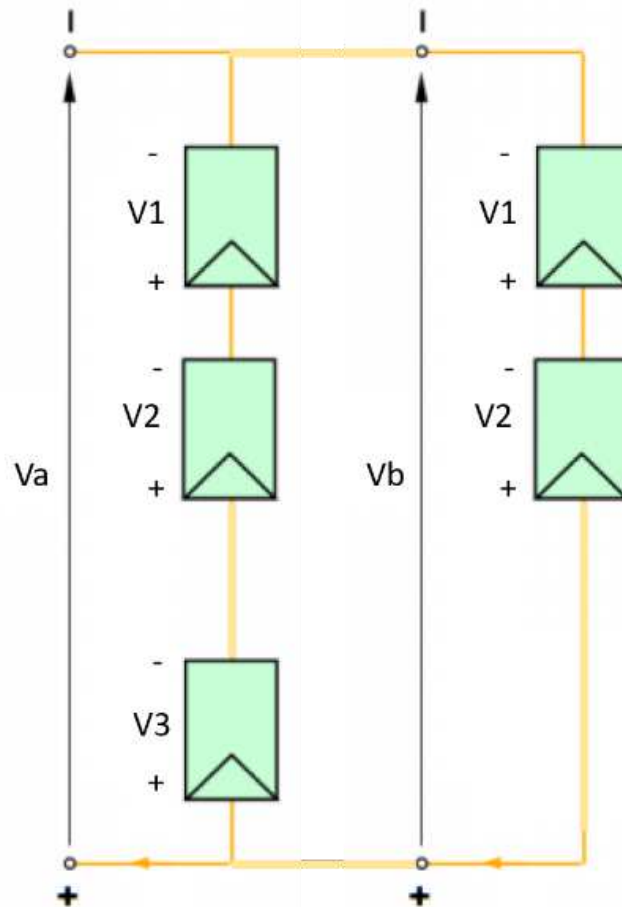


Fonte: PHB Solar, 2015

Na Figura 11 é possível observar que as duas portas CC na entrada da *string box* são conectados em paralelo, logo deve-se manter a mesma quantidade de módulos nas duas *strings*, evitando a redução da geração devido ao deslocamento do ponto de operação dos módulos, em que os níveis de tensão de cada módulo não correspondem ao valor de máxima eficiência por estarem conectados em paralelo.

Na Figura 12 pode-se observar o que ocorre ao conectar duas *strings* com níveis de tensão nominal diferentes. Como  $V_a$  é igual a  $V_b$ , os valores de  $V_1$ ,  $V_2$  e  $V_3$  na primeira *string* são diferentes dos valores de  $V_1$  e  $V_2$  da segunda string, portanto neste caso deve-se conectar a mesma quantidade de módulos por *string* e garantir que não ocorra sombreamento em apenas uma delas.

Figura 12 – Conexão em paralelo de duas strings com níveis de tensão nominal diferentes



Fonte: Adaptado (FILHO, 2015)

## 2.4 Resolução N° 482

A resolução normativa n° 482, estabelecida pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), estabelece as condições para acesso a micro e minigeração distribuída ao sistema de compensação de energia elétrica e outras providências (ANEEL, 2012).

Uma microgeração distribuída é definida como uma distribuidora de energia com potência inferior a 100 kW, já a minigeração é definida para uma distribuidora com potência superior a 100 kW e inferior a 1 MW. Assim, para esses sistemas deve-se seguir a resolução 482 estabelecida.

O sistema de compensação é definido como:

- A energia ativa injetada na rede pela unidade consumidora é cedida a distribuidora local;

- Posteriormente, esta energia é compensada com o consumo da energia elétrica ativa dessa mesma unidade ou de outra unidade de mesma titularidade da unidade onde os créditos foram gerados (FILHO, 2015);
- A energia ativa injetada será convertida em créditos a serem utilizados em um prazo de até sessenta meses.

Portanto, o consumo de energia elétrica a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e injetada na rede, devendo a concessionária utilizar o excedente que não tenha sido compensado no faturamento corrente para abater o consumo nos próximos meses e em outras unidades consumidoras de mesma titularidade participantes do sistema de compensação (ANEEL, 2012; FILHO, 2015).

Na prática, esta resolução permitiu a expansão do setor de micro e minigeração distribuída no país, e para o setor de energia fotovoltaico, implicou em uma redução na demanda dos sistemas *off-grid* e uma ampla adesão ao sistema *on-grid*, em que é possível utilizar a rede elétrica da concessionária como uma espécie de “bateria” para o sistema, viabilizando a geração e tornando-a limpa e sustentável.

## Capítulo 3

### Atividades Desenvolvidas

Neste capítulo, as principais atividades desenvolvidas serão apresentadas, atividades essas que foram supervisionadas pelo engenheiro responsável da empresa. O desenvolvimento de projetos fotovoltaicos e acompanhamento de obras foram as atividades predominantes durante o estágio.

#### 3.1 Projeto de Sistema de Irrigação com Energia Solar

Um dos serviços que a empresa Solar Nobre passou a fornecer foi a instalação de um sistema de irrigação utilizando energia solar, para isso foi solicitado um levantamento de todos os itens necessários para instalação do sistema e seus respectivos custos.

O sistema prevê a instalação de uma estação de bombeamento que utiliza a energia solar para funcionamento e é ativada por um sistema de acionamento composto por sensores de umidade instalados no solo do local que se deseja realizar a irrigação. O local de instalação consiste em uma plantação localizada no interior da Paraíba com cerca de 15.000 m<sup>2</sup>. Os custos associados ao projeto estão na Tabela 1, na Tabela 2 tem-se as principais especificações da bomba d'água utilizada e na Figura 13 um diagrama de blocos do sistema.

*Tabela 1 – Custos dos equipamentos do sistema de irrigação*

Equipamento	Valor (R\$)
Kit painel solar + bomba d'água	2.194,00
Cabo elétrico flexível 6mm solar	66,90
Cabo elétrico flexível 2.5mm	30,00
Eletrodutos 25mm	44,00
Conectores MC4	18,50
Sensor de umidade	8,50
Fonte cc 5V	39,90
Rele de acionamento	8,50

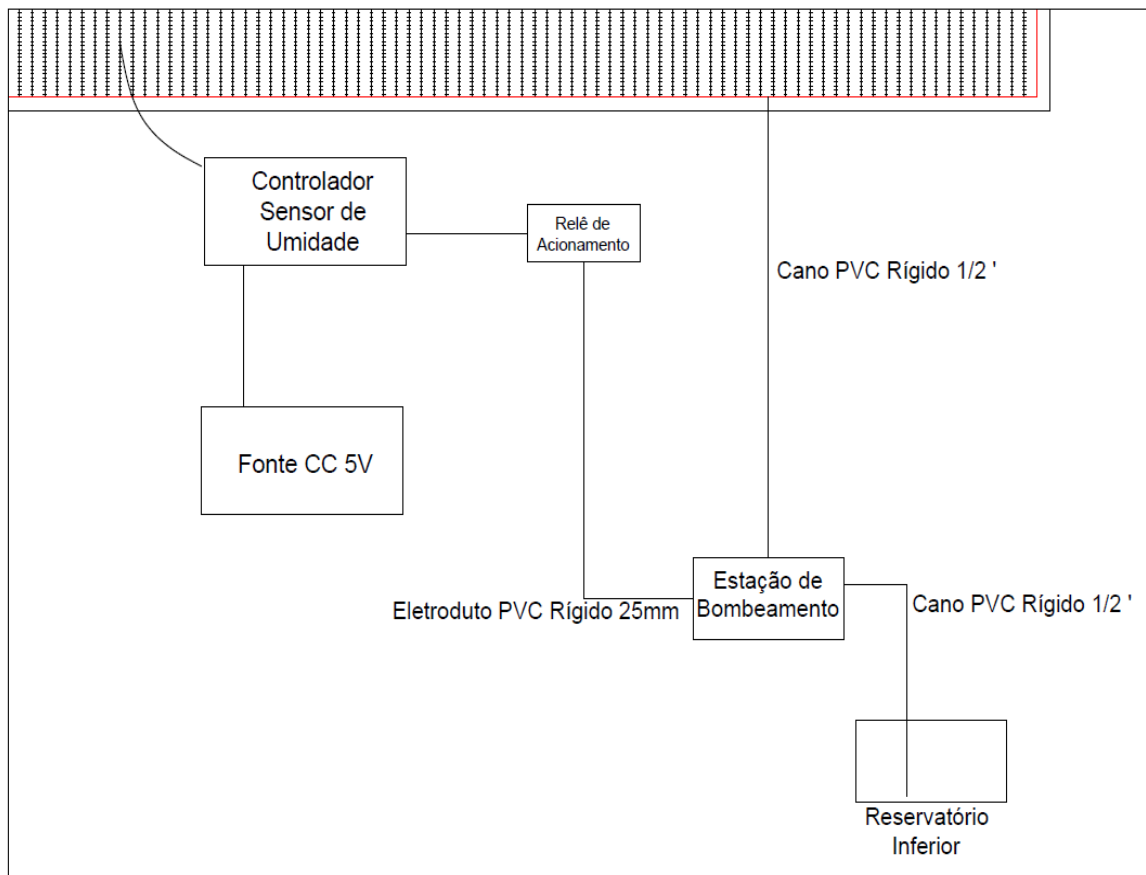
Fonte: Autoria Própria

Tabela 2 – Principais especificações bomba d'água

Altura manométrica	40 metros
Vazão máxima	1400L/h
Proteção	IP68
Submersão máxima	1 metro
Potência	160 Wp
Tensão de entrada	30-36 Vcc
Corrente de entrada	3,4 A

Fonte: minhacasasolar.com.br

Figura 13 – Diagrama de blocos sistema de irrigação



Fonte: Produzido no *software* AUTOCAD – Autoria Própria

A partir deste levantamento, foi possível ofertar o serviço na Solar Nobre e para definir o valor final do serviço para o cliente adicionou-se as despesas de deslocamento e hospedagem para execução e a margem de lucro definida pela empresa.

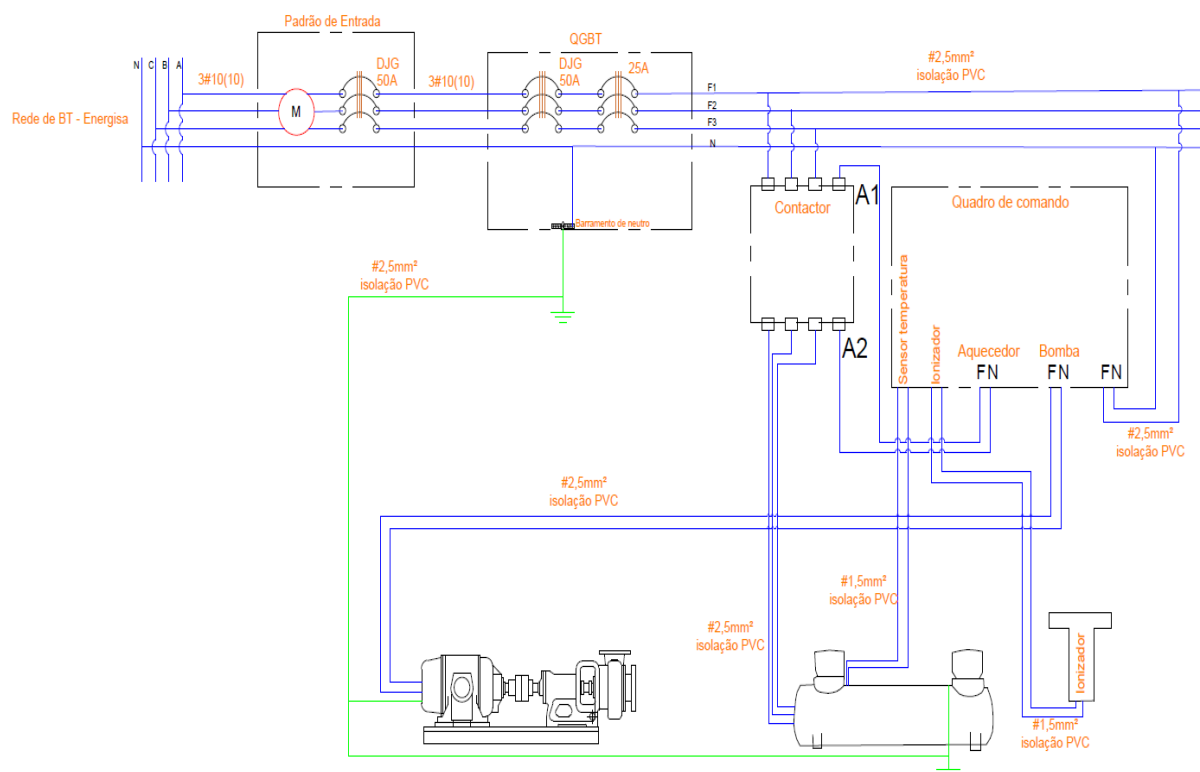
## 3.2 Projeto Elétrico para Instalação de Aquecedor de Piscina

Outro serviço que a Solar Nobre está disponibilizando é a instalação de um sistema automatizado de aquecimento de piscinas, este sistema utiliza um aparelho aquecedor capaz de elevar a temperatura da água ao valor desejado. Para isto utiliza-se um circuito controlador que verifica, através de um sensor de temperatura, a temperatura da água, e controla o acionamento do aquecedor de modo a estabilizar em uma temperatura desejada definida pelo usuário.

O sistema também controla um dispositivo denominado ionizador, que é capaz de eliminar microrganismos da água, mantendo-a limpa sem a necessidade de produtos químicos.

O projeto elétrico completo do sistema foi desenvolvido e por questões de confidencialidade da empresa, apenas o diagrama trifilar para o sistema trifásico foi disponibilizado e pode ser visto na Figura 14. Neste projeto foi especificado os diagramas unifilares e trifilares para o sistema monofásico e trifásico, detalhes de conexão e aterramento, diagrama das conexões da central de comando e diagrama de força e comando do sistema trifásico e monofásico.

Figura 14 – Diagrama trifilar aquecedor de piscina



Fonte: Produzido no *software* AUTOCAD – Autoria Própria

### 3.3 Projetos Fotovoltaicos

A principal atividade da empresa Solar Nobre é a instalação de sistemas fotovoltaicos. Durante o estágio foi possível participar de todas as etapas da instalação do sistema, desde a criação de propostas até a finalização com a vistoria da concessionária. O processo de criação de uma proposta consiste em, a partir dos dados básicos do cliente interessado, inserir em *softwares* específicos disponibilizados pelas distribuidoras esses dados e gerar um orçamento compatível com as necessidades do cliente. Os dados básicos necessários são formados pela média mensal de consumo das unidades consumidoras que participarão do sistema de compensação, o local de instalação, caso seja em telhado deve-se inserir o tipo e seu direcionamento e o endereço do local de instalação do sistema.

Posteriormente, após aprovação do orçamento pelo cliente, os equipamentos são adquiridos aos fornecedores e é iniciado o projeto fotovoltaico a ser submetido a concessionária. Ao todo o estagiário produziu 15 projetos durante o programa de estágio da empresa, dentre esses será utilizado o projeto de um cliente localizado em Campina Grande PB no condomínio Serraville com potência de geração de 4 kWp, como exemplo.

Para este projeto, utilizou-se a média de consumo da residência nos últimos 5 meses para definir o sistema a ser instalado, a partir de *softwares* disponibilizados pelos fornecedores, é possível determinar os equipamentos para serem utilizados de modo a suprir as necessidades do cliente levando em consideração a posição geográfica da residência e a posição do telhado no qual será instalado os módulos.

Para uma residência que não possui histórico de consumo, deve-se estimar a carga que será instalada na unidade e calcular a média de consumo mensal prevista de acordo com o tempo de utilização destes equipamentos. Assim pode-se realizar uma estimativa do consumo médio mensal do cliente e utilizar os *softwares* adequados disponibilizados pelos fornecedores para o dimensionamento do sistema.

#### **3.3.1 Memorial Técnico Descritivo**

O memorial técnico descritivo é exigido pela concessionária e deve ser preenchido e enviado em anexo a solicitação de utilização da microgeração distribuída, nele deve possuir:

- Normas e Padrões Técnicos e Documentação Relacionada (Certificação dos Equipamentos);
- Identificação da Unidade Consumidora (U.C);
- Dados do Ponto de Entrega: Tensão e Disjuntor de Entrada, seção e tipo de isolamento dos condutores do ramal de ligação e de entrada;
- Especificações do Gerador, do Inversor, dos equipamentos de proteção CC e CA (disjuntor, fusíveis, DPS), disjuntor de entrada e dos condutores;
- Descrição do sistema de Aterramento, equipotencializações;
- Descrição das funções de proteção utilizadas (sub e sobre tensão, sub e sobre frequência, sobre corrente, sincronismo e anti-ilhamento) e seus respectivos ajustes (ENERGISA, 2019).

Na Figura 15 e Figura 16 é possível observar um memorial técnico descritivo.



Figura 15 – Memorial técnico descritivo página 1

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA (GD) SOLAR			
Tipo de Projeto		Microgeração (potência inferior ou igual a 75kW)	Previsão de Atendimento: Maio 2021
FINALIDADE:	O projeto prevê a Instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado ao sistema de distribuição de BT da Energisa para acesso a microgeração, com potência instalada menor que 75 kW. O projeto tem como finalidade atender a residência registrada pelo n° da UC x/xxxx-x.		
Normas e Padrões Técnicos e Resoluções Relacionadas:		NDU 013, NDU 001, Resolução 482, NDU 015, Prodist 3.7	
DADOS DO PROPRIETÁRIO			
NOME:			
PESSOA:	CPF:	RG/EMISSOR:	
ENDEREÇO:		NR:	COMP.:
BAIRRO:	CIDADE: Campina Grande		UF: PB
EMAIL:	projetos@solarnobre.com.br		
TELEFONE-01:	02:	03:	
DADOS DA OBRA			
EDIFICAÇÃO:			
ENDEREÇO:		N°:	COMP.:
BAIRRO:	CIDADE: Campina Grande		ZONA: URBANA
Dados da Unidade Consumidora Geradora			
UNIDADE CONSUMIDORA EXISTENTE:		Modalidade	Geração na Própria Uc
Tipo de Fonte da Geração	Solar	Potência da Geração	2.5KW
Potencia previamente instalada da UC:	5kW	Tipo do Ramal de Entrada	Aéreo
Tipo de conexão	Monofásico	Classe de Atendimento	Residencial
Tensão de conexão	220/380V		
Dimensionamento do Pêdo de Entrada	Condutores: cabo de cobre isolado de 1KV PVC 146(6). Aterramento: cabo de cobre de 6mm <sup>2</sup> . Disjuntor Termomagnético de 32A. Eletroduto: 25mm PVC rígido		
DESCREVER ABAIXO TODAS AS UC'S QUE IRÃO PARTICIPAR DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO:			
N° UC	% de Compensação	N° UC	% de Compensação
DADOS DO RESP. TÉCNICO			
NOME:			
REG. PROFISSIONAL:	ORGÃO: CFT	CPF:	
EMAIL:			
TELEFONE-01:	02:	03:	
<b>PARECER ENERGISA:</b>			
ESPAÇO PARA INSERIR LOGOTIPO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO			

Fonte: Produzido no software Excel – Solar Nobre

Figura 16 – Memorial técnico descritivo página 2

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA (GD) SOLAR			
<b>Informações Das Placas</b>			
<i>Fabricante dos Módulos</i>	Trina	<i>Modelo dos Módulos</i>	TSM-DEG15HC.20(II) - 375W (INMETRO 003944/2019)
<i>Potência Individual dos Módulos (W):</i>	375	<i>Quantidade de Módulos</i>	7
<i>Potencia Total da Geração (kW)</i>	2,625	<i>Área Total dos Arranjos (m<sup>2</sup>)</i>	14,37 m <sup>2</sup>
<i>Localização da instalação das placas:</i>	Será instalado no telhado		
<b>Informações Dos Inversores</b>			
<i>Fabricante do Inversor</i>	Growatt	<i>Modelo dos Inversores</i>	MIC 2500TL-X
<i>Potencia Individual do Inversor (kW):</i>	2,5	<i>Quantidade de Inversor</i>	1
<i>Potencia Total dos Inversores(kW):</i>	2,5	<i>Localização do Inversor:</i>	O inversor será instalado próximo ao quadro de distribuição
<i>Altura do Inversor - Do topo do visor até o piso acabado</i>	1.50m	<i>Certificações:</i>	INMETRO 002821/2020
<i>Dimensionamento das equipamentos de proteções</i>	Condutores: CC: #6mm <sup>2</sup> isolamento HEPR/XLPE; CA: #2,5mm <sup>2</sup> isolamento HEPR/XLPE; Disjuntores CA: termomagnético de 25A bipolar; DPS: CA: 275 VCA - 40KA. Aterramento: 03 hastes de terra cobreada de 2,4m x 5/8" interligada entre si com cabo de cobre nu #6,0mm <sup>2</sup> , distância entre as hastes de 3m. Para conexão com a haste/cabo será usado conector grampo GTDU revestido com massa calafetar.		
<b>Ajustes Recomendados das Proteções - Parametrização do Inversor</b>			
<i>Descrição</i>	<i>Parâmetros</i>	<i>Tempo de Atuação</i>	
<i>Tensão no ponto de Conexão:</i>	V < 80% (0,8 PU) Vn	Desligar em 0,2 s	
<i>Tensão no ponto de Conexão:</i>	V < 110% (1,1 PU) Vn	Desligar em 0,2 s	
<i>Regime Normal de Operação</i>	80 % <= V = < 110%	Condições normais	
<i>Subfrequência</i>	f < 57,5 HZ	Desligar em até 0,2 s	
<i>Sobrefrequência</i>	f > 62,0 HZ	Desligar em 0,2 s	
<i>Frequência Nominal da Rede</i>	f = 60 HZ	Condições normais	
<i>Após a perda da rede (ilhamento), deverá interromper o fornecimento de energia a rede:</i>	Ilhamento	Interromper em até 2s	
<i>Após a retomada das condições normais de tensão e frequência da red, religar:</i>	Reconexão	Após 180s	
<b>NOTAS:</b>			
1. Os Inversores deverão ser instalados em local de fácil e permanente acesso, onde o visor do inversor deverá ficar a uma altura máxima de 1,50m do piso acabado ao seu topo.			
2. Próximo à caixa de medição deverá ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: "CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA".			
3. A placa de advertência deverá ser confeccionada em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e conforme modelo apresentado no desenho 16, emanexo à Norma Técnica 013.			
4. Para as ramal de entrada monofásico deverá ser instalado a caixa de medição trifásica, pois a monofásica não suporta o medidor bidirecional.			
<i>Observações do projetista:</i>			
<b>PARECER ENERGISA:</b>			

Fonte: Produzido no software Excel – Solar Nobre

### 3.3.2 Formulário de Solicitação de Acesso

Para solicitação ao acesso a interligação do sistema de geração a rede de baixa tensão, é necessário a formalização do desejo pelo acessante a concessionária, para o nosso exemplo, a concessionária a ser acessada é a Energisa, e o formulário de solicitação pode ser visto na Figura 17. Os formulários reúnem informações básicas para o acesso e é disponibilizado pela concessionária acessada.

Figura 17 – Formulário de solicitação de acesso

SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTENCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW						
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:				Classe:	Residencial	
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:		Cidade:			
E-mail:				UF:	PB	CEP:
Telefone:				Celular:		
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):	23		Tensão de Atendimento:	220/380		
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input checked="" type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input type="checkbox"/>	Subterrâneo		
<input checked="" type="checkbox"/>						
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):	7,5					
Tipo da Fonte de Geração:	Solar	<input checked="" type="checkbox"/>	Eólica	<input type="checkbox"/>	Biomassa	<input type="checkbox"/>
	Cogeração	<input type="checkbox"/>	Outra (Especificar):			
4. DOCUMENTAÇÕES A SEREM ANEXADAS						
<input type="checkbox"/>	1. ART do Responsável Técnico pelo Projeto Elétrico e instalação do sistema de Microgeração;					
<input type="checkbox"/>	2. Diagrama Unifilar contemplando Geração/Proteção (Inversor, se for o caso)/Medição e Memorial Descritivo da instalação;					
<input type="checkbox"/>	3. Certificado de conformidade do(s) Inversor(es) ou número de Registro da concessão do INMETRO do(s) inversor(es) para a tensão Nominal de conexão com a rede;					
<input type="checkbox"/>	4. Dados necessários ao Registro da Central Geradora conforme disponível no site da ANEEL: <a href="http://www.aneel.gov.br/scg">www.aneel.gov.br/scg</a>					
<input type="checkbox"/>	5. Lista de Unidades Consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento conforme incisos VI e VIII do art. 2º da Resolução Normativa nº 482/2012;					
<input type="checkbox"/>	6. Cópia de documento que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes (se houver);					
<input type="checkbox"/>	7. Documento que comprove o reconhecimento pela ANEEL da cogeração qualificada (se houver).					
5. CONTATOS NA DISTRIBUIDORA (PREENCHIDO PELA DISTRIBUIDORA)						
Responsável/Área:						
Endereço:						
Telefone:				E-mail:		
6. DADOS DO SOLICITANTE						
Nome/Procurador Legal:						
Telefone:				E-mail:		
Local:	Campina Grande - PB					
Data:	___ / 05 / 2021			Assinatura do Responsável		

Fonte: Energisa, 2021

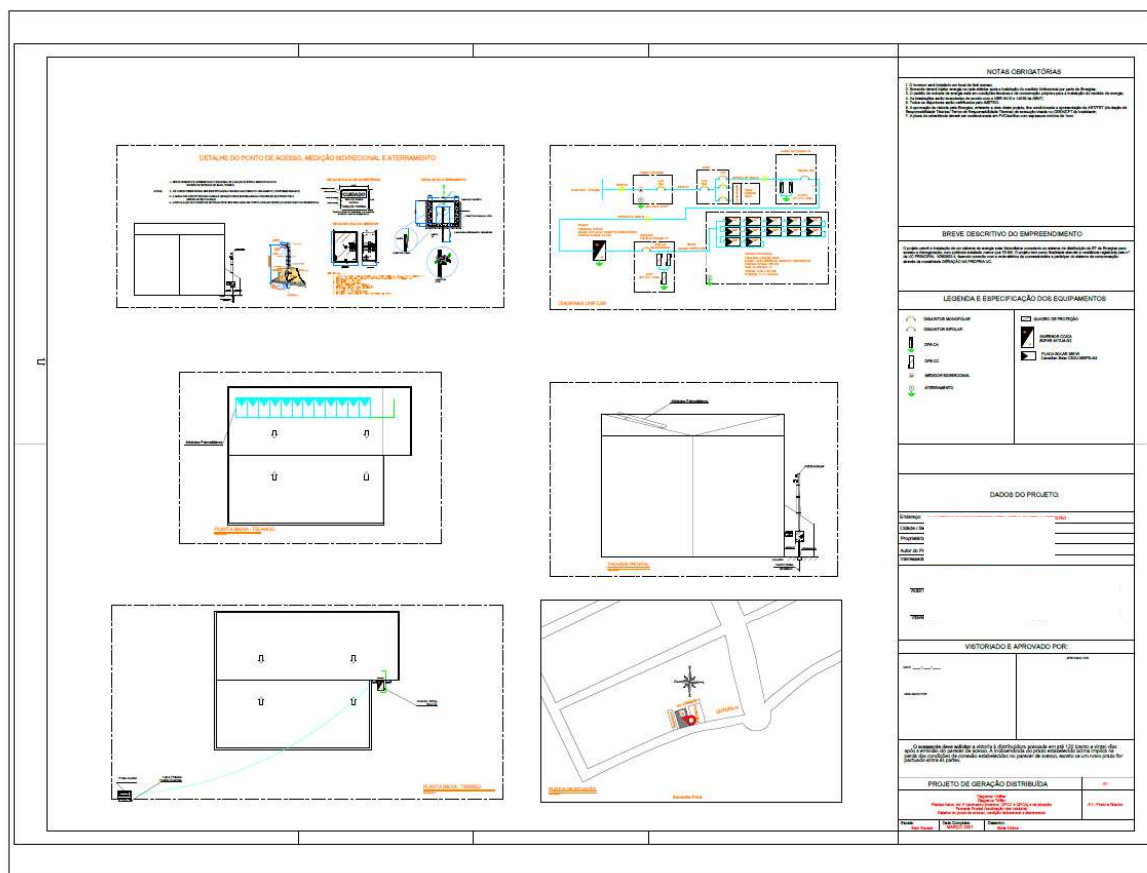
### 3.3.3 Certificações

Para solicitação de acesso a micro/mini geração distribuída, deve-se anexar a os certificados de conformidade do INMETRO do inversor e módulos utilizados no projeto. Esses certificados atestam que os dispositivos foram testados e aprovados conforme as normas técnicas nacionais e internacionais.

### 3.3.4 Prancha

Neste documento são inseridas as informações básicas do projeto, descritivo do empreendimento, notas obrigatórias, diagrama unifilar e trifilar das instalações, representação da fachada e padrão de entrada, planta baixa do pavimento onde será instalado o inversor e do telhado e a planta de localização do imóvel. Por questões de confidencialidade da empresa, é exibido na Figura 18 a prancha sem detalhes técnicos.

Figura 18 – Prancha projeto fotovoltaico



Fonte: Autora Própria

## 3.4 Relatório de Parametrização de Inversores

Durante o programa de estágio, foi desenvolvido em conjunto com outros estagiários um relatório com as principais informações acerca das instruções necessárias para parametrização dos principais inversores comercializados. Esse relatório tem como objetivo auxiliar as equipes técnicas que são responsáveis por executar a obra, assim o engenheiro da empresa fica responsável de fazer a

conferência das configurações ao final da execução da obra e solicitar a vistoria a concessionária.

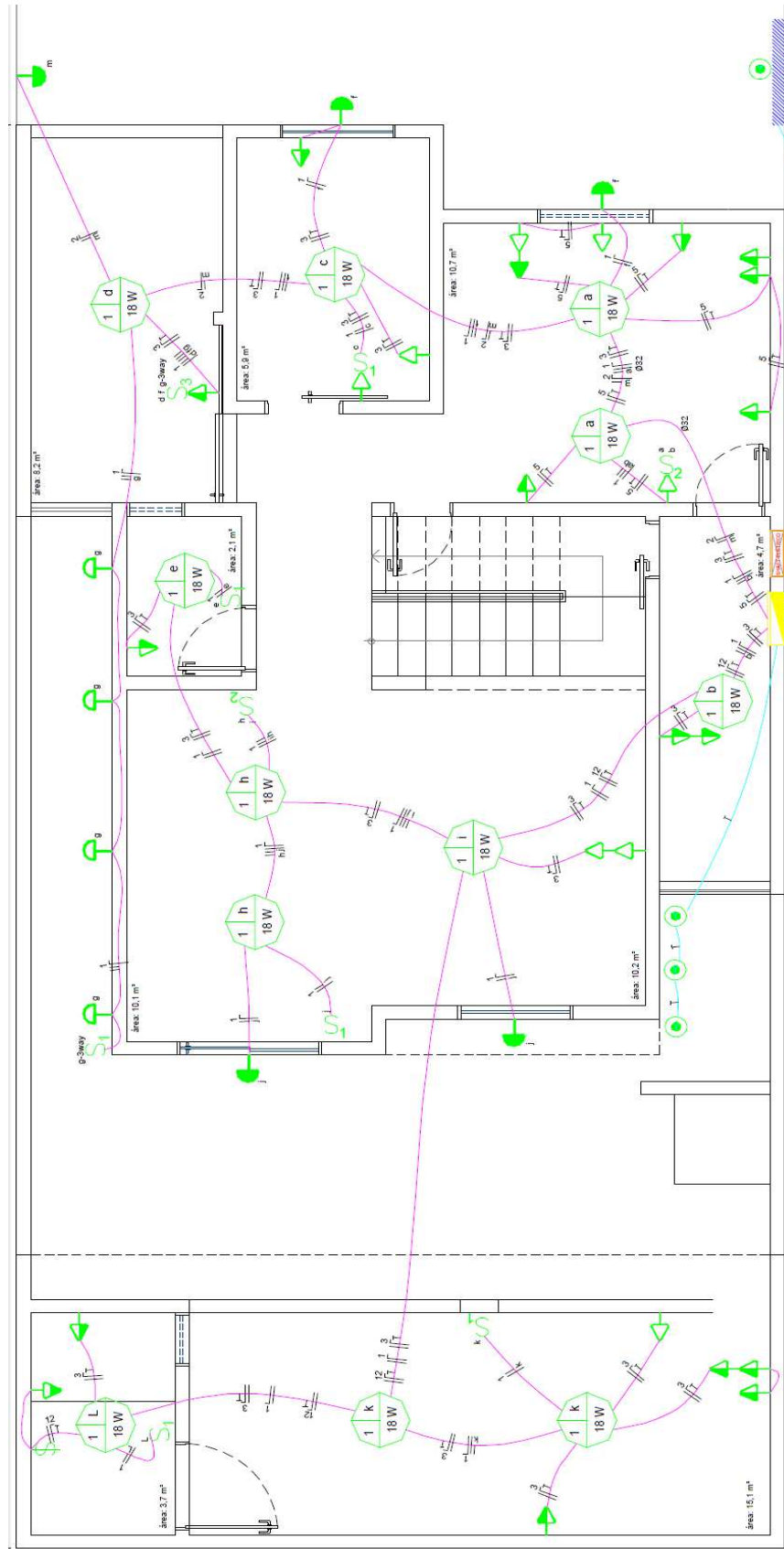
### 3.5 Projetos Elétricos

Em alguns casos a instalação do sistema fotovoltaico implica em solicitação a concessionária da mudança de categoria de atendimento contratada. Essa categoria depende da demanda elétrica do consumidor e, no caso da concessionária Energisa, para clientes com demanda de consumo de até 75 kW, são definidas cinco categorias para sistema trifásico, três para bifásico e três para monofásico. A depender da categoria ao qual o cliente se adequa, os condutores, dispositivos de proteção e aterramento são dimensionados. Para solicitação de alteração na categoria de atendimento, deve-se submeter o projeto elétrico da unidade consumidora, projeto este que pode, em caso de não existir, ser desenvolvido pela empresa.

Durante o período de estágio, foram desenvolvidos dois projetos elétricos, um de uma residência localizada no condomínio Serraville em Campina Grande - PB, e outro de uma indústria de estruturas metálicas localizada no bairro do Catolé em Campina Grande - PB.

Na Figura 19 pode-se observar a planta elétrica do pavimento térreo da residência em que, além desta, foram dimensionados o quadro de cargas, diagrama unifilar do quadro de distribuição, planta elétrica do pavimento superior, detalhes do ponto de acesso, medição e aterramento, representação da fachada e planta de situação. Esse projeto foi utilizado para solicitação de alteração da categoria de atendimento de M1 para M3 junto a concessionária Energisa.

Figura 19 – Planta elétrica pavimento térreo



Fonte: Produzido no software AUTOCAD – Autoria Própria

### 3.6 Visitas Técnicas

Durante o estágio, foram realizadas três visitas técnicas aos locais de instalação dos sistemas fotovoltaicos, onde foi possível conhecer todos os dispositivos que compõem o sistema de geração. Na Figura 20 são apresentados registros fotográficos obtidos durante a visita, nos quais são registrados os estagiários no local da obra do cliente e os módulos fotovoltaicos instalados. Na Figura 21 tem-se o inversor deste sistema e o quadro *string box* instalados.

Todo o serviço de instalação deste sistema durou três dias, dividido em três etapas, a primeira consistiu em embutir os eletrodutos para passagem dos cabos de alimentação CC e CA, posteriormente foi realizada a fixação das placas no telhado de fibrocimento do cliente utilizando parafusos de rosca dupla, os perfis de alumínio e os fixadores dos módulos. Por fim, foram realizadas as conexões elétricas dos dispositivos e a parametrização do inversor seguindo os critérios estabelecidos pela concessionária local (Energisa). Todo o processo foi acompanhado e inspecionado pelos estagiários e o sistema foi aprovado pela concessionária e encontra-se em funcionamento, gerando em média 630 kWh por mês, suprimindo toda a necessidade de consumo do cliente e gerando créditos para utilização futura.

*Figura 20 – Visita técnica e instalação de módulos*



Fonte: Autoria Própria



Figura 21 – Inversor e quadro string box



Fonte: Autoria Própria

O sistema de aterramento utilizado já estava instalado na residência, com três hastes de 3 metros separadas por três metros entre elas, esse sistema foi utilizado para aterramento do inversor, módulos e *string box*. Na Tabela 3 e Tabela 4 pode-se ver as principais especificações do inversor e dos módulos utilizados neste projeto.

Tabela 3 – Especificações do inversor

Modelo	Sofar 4KTLM-G2
Máxima potência CC	5320 Wp
Máxima tensão CC	600 V
Portas CC	2
Potência máxima de saída CA	4000 W
Máxima corrente CA	18.2 A
Tensão nominal CA	240Vac
Frequência nominal CA	50/60 Hz

Fonte: Autoria Própria

Tabela 4 – Especificações do módulo

Modelo	Canadian CS3U-365PB-AG
Potência Máxima	365 W
Tensão Nominal	39,8 V
Corrente Nominal	9,18 A
Tensão de Circuito Aberto	47,2 V
Corrente de Curto Circuito	9,75 A
Eficiência	18,20%

Fonte: Autoria Própria



## Capítulo 4

### Considerações Finais

A realização do estágio supervisionado na empresa Solar Nobre foi uma ferramenta essencial para conclusão da formação do estagiário. É necessário que experiências profissionais, ainda durante o curso, sejam praticadas pelos alunos, uma vez que, essas experiências proporcionam a aquisição de conhecimentos práticos por meio da rotina diária de uma empresa e convívio com profissionais com experiência.

Disciplinas como Instalações Elétricas, Proteção de Sistemas Elétricos, Técnicas de Medição, Expressão Gráfica e Laboratórios foram primordiais para realização do estágio e pode-se ressaltar os conhecimentos adquiridos sobre sistemas fotovoltaicos.

As atividades desenvolvidas possibilitaram uma considerável evolução ao estagiário no que diz respeito a conquistar independência e capacidade de realizar projetos completos e supervisionar execução de instalações elétricas, preparando-o assim para o mercado de trabalho.

Com relação a empresa, ressalta-se a excelente estrutura para realização do estágio e execução das suas atividades, como também o corpo de funcionários altamente qualificados que proporcionaram ao estagiário as orientações corretas sobre os serviços executados. Foi possível desenvolver competências como organização, criatividade, trabalho em equipe, comunicação, responsabilidade e empreendedorismo.

Por fim, é expresso agradecimentos a empresa Solar Nobre ao oferecer o programa de estágio e proporcionar esta experiência para nós alunos, e a UFCG por permitir aos seus alunos que participem dos programas de estágio em sua área. Com isto, conclui-se que o estágio atingiu plenamente aos objetivos propostos.

## Referências

- Aldo Solar. **Estrutura solar fotovoltaico k2 systems**. [S.I.] 2021. Disponível em: <<https://www.aldo.com.br/produto/66706-4/estrutura-solar-fotovoltaico-k2-systems-2004007-4-paineis-parafuso-estrutural-hanger-bolt-fibrocimento-madeira>>. Acesso em: 05 mai. 2021.
- ANEEL. **Resolução Normativa N° 482, de 17 de abril de 2012**. Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. [S.I.]. 2012.
- BORTOLOTO, V. A. et al. **Geração de energia solar on grid e off grid**. 6º Jornada científica e tecnológica da Faculdade de Tecnologia de Botucatu. 2017.
- ENERGISA. **NDU 013 – NORMA DE DISTRIBUIÇÃO UNIFICADA – Critérios para a conexão em baixa tensão de acessantes de geração distribuída ao sistema de distribuição**. João Pessoa – PB. 2019. Disponível em: <[https://www.energisa.com.br/Normas%20Tecnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa\\_%20V4.1.pdf](https://www.energisa.com.br/Normas%20Tecnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa_%20V4.1.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2021.
- FILHO, P. M. C. T. **Estudos da Viabilidade Econômica da Micro e MiniGeração Fotovoltaica à Luz da Resolução Normativa N° 482 da Aneel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. 2015.
- MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. **Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão**. Revista Virtual de Química. 2014.
- MIGUEL, C. B.; JOSÉ, A. S. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. Revista O instalador. 2006.
- MORAES, C. **Análise do impacto da geração distribuída fotovoltaica na rede de baixa tensão da CELESC**. Eletrônica de Potência, 2020. Disponível em: <<https://eletronicadepotencia.com/as-7-principais-tecnicas-de-mppt/>>. Acesso em: 05 mai. 2021.
- PHB Solar. **String Box CC+CA-PHB-2 Strings-1000V**. [S.I.] 2015. Disponível em: <<https://www.phb.com.br/PDFs/Produtos/Solar/StringBox/StringBoxPHBCC-CA02xStrings1000V.pdf>>. Acesso em: 06 mai. 2021.

VALENTE, M. A. S. **Caracterização Automática de um Painel Fotovoltaico**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores) – Universidade Nova de Lisboa. Lisboa. 2011.