



Universidade Federal  
de Campina Grande

**Centro de Engenharia Elétrica e Informática**

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

YVES CLEMENTE DANTAS REIS

**RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO  
MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA**

Campina Grande, Paraíba.  
Agosto de 2022

RELATÓRIO DE ESTÁGIO INTEGRADO  
MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA

*Relatório de Estágio Integrado submetido à Unidade Acadêmica de 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.*

  
Yves Clemente Dantas Reis  
Orientando

Jalberth Fernandes de Araujo, D. Sc.  
Orientador

Campina Grande, Paraíba.  
Agosto de 2022

*Dedico este trabalho a minha avó,  
Eunilda (in memoriam), que sempre acreditou nos meus sonhos.*

# AGRADECIMENTOS

A vida em Campina Grande me ensinou incontáveis lições que carregarei para toda vida. Foram anos de muitos obstáculos e desafios que me moldaram como pessoa e profissional. Foi no planalto da Borborema que tive que aprender a arte de pescar. Por isso, a gratidão a todos que contribuíram de forma direta e indireta para minha formação.

Em primeiro lugar agradeço a Deus e a Nossa Senhora do Rosário, por ter me dado serenidade e coragem para lidar com os desafios até aqui. Foram diversos os momentos em que fraquejei e pensei em desistir, mas busquei por meio das minhas orações forças para continuar.

Sou grato aos meus pais, David e Auxiliadora, por se fazerem presentes em todos os momentos da minha trajetória, e que mesmo com todas as dificuldades, me incentivaram na dedicação aos estudos, abrindo mão de seus projetos em favor dos meus. Aos demais familiares, em especial a minha avó Bulita (*in memoriam*) que acreditou e torceu por mim até seus últimos dias de vida. Aos meus tios Assis, Chagas, Ranilda, Nevinha, Arlete por todo incentivo e carinho. Ao meu padrinho Ranilson, por desde criança me levar para as obras e me incentivar a estudar sobre eletricidade.

Faço um agradecimento especial a Luísa por ter sido meu incentivo diário, apoiando-me nas dificuldades, aconselhando-me nos momentos de estresse e ansiedade. Por ter compartilhado comigo as vitórias e as derrotas até aqui.

Agradeço ao professor Jalberth pelas orientações, paciência, irmandade, humanidade. Foi a partir de seus conselhos que me encontrei como profissional. Agradeço também ao Professor Célio pelos ensinamentos técnicos e humanos que me moldaram como engenheiro.

Agradeço aos companheiros de equipe das MCS Projetos Elétricos por terem contribuído nas discussões que resultaram nesse trabalho.

Aos meus amigos, que compartilharam comigo cada momento dentro e fora da universidade: Paulo Tibúrcio, Arcanjo, Filipe, Cândido, Heberton, Higor, Hiago, Ian, Arthur, Marly, Jessica, José Gomes, Emmanuel. Sem vocês eu não teria chegado até aqui. Carrego comigo todas as memórias dos dias compartilhados juntos.

*“Se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros de gigantes.”*

Isaac Newton

## RESUMO

Neste relatório são descritas as atividades desenvolvidas pelo estudante Yves Clemente Dantas Reis, graduando em Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande, durante o período que realizou estágio no MCS Projetos Elétrico e Engenharia Ltda. O estágio teve uma duração de 668 horas, sendo realizado de 09/05/2022 a 26/08/2022. No local, o estudante foi supervisionado pelo Engenheiro André Alisson Gomes Pereira e realizou as seguintes atividades: análise do marco legal da microgeração e minigeração distribuída, acompanhamento da geração fotovoltaica, elaboração de projetos elétricos, elaboração de projetos de geração distribuída e acompanhamento de obras. Para a realização das atividades, as disciplinas de Instalações Elétricas, Técnicas de Medição e Equipamentos Elétricos do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande foram de fundamental importância. Ao término do estágio, o estagiário conseguiu desenvolver a habilidade de desenvolver projetos elétricos com mais qualidade e em menor tempo, acompanhar obras presentes no dia a dia do engenheiro e desenvolver competências profissionais exigidas do profissional do presente e futuro.

Palavras-chave: Instalações Elétricas, Geração de Energia, MCS Projetos Elétricos.

## ABSTRACT

This report describes the activities developed by the student Yves Clemente Dantas Reis, undergraduate in Electrical Engineering at the Federal University of Campina Grande, during the internship period at MCS Projetos Elétrico e Engenharia Ltda. The internship lasted 668 hours, from May 09 to August 26, 2022. There, the student was supervised by the engineer Izadora Soares Cardoso and carried out the following activities: analysis of the legal framework of distributed microgeneration and minigeneration, monitoring of photovoltaic generation, preparation of electrical projects, preparation of distributed generation projects and monitoring of construction sites. To carry out the activities, the disciplines of Electrical Installations, Measurement Techniques and Electrical Equipment from the Electrical Engineering Course from the Federal University of Campina Grande were of fundamental importance. At the end of the internship, the trainee was able to develop the ability to develop electrical projects with more quality and in less time, to follow up works that are present in the engineer's daily life and to develop professional competencies required of the present and future professionals.

Key-words: Electrical Installations. Power Generation, MCS Projetos Elétricos.

# LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – MCS Projetos Elétricos e Engenharia.....	13
Figura 2 – Principais serviços oferecidos pela MCS .....	14
Figura 3 – Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) .....	16
Figura 4 – Etapas para Desenvolvimento do Sistema Fotovoltaico .....	20
Figura 5 – Posto Marka Boqueirão-PB .....	21
Figura 6 – Modelagem em 3D de Sistema Fotovoltaico .....	22
Figura 7 – Planta elétrica de ligação entre os módulos fotovoltaicos .....	24
Figura 8 – Diagrama Unifilar do Sistema Fotovoltaico .....	25
Figura 9 – Detalhe do padrão de entrada da energia .....	26
Figura 10 – Projeto Elétrico Elaborado.....	29
Figura 11 – Simbologia do Projeto Elétrico.....	28
Figura 12 – Trecho da Planta de pontos elétricos .....	30
Figura 13 – Quadro de Cargas do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT) .....	31
Figura 14 – Quadro de cargas do Quadro de Distribuição do Ar-Condicionado.....	32
Figura 15 – Diagrama unifilar do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).....	33
Figura 16 – Tabela 17 da NDU-001.....	34
Figura 17 – Construção de Muro de Alvenaria em Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.....	35
Figura 18 – Marcação da casa dos inversores da Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.....	36
Figura 19 – Casa dos inversores da Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.....	37
Figura 20 – Suporte para os Módulos Fotovoltaicos. ....	38
Figura 21 – Levantamento da Adutora Leste em Patos-PB.....	39
Figura 22 – Localização dos Medidores Provisórios.....	40
Figura 23 – Fotografia do Quadro de Medição Provisório.....	41
Figura 24 – Banco de Capacitores da SUB-II.....	42
Figura 25 – Controlador de fator de potência.....	43
Figura 26 – Medição de Corrente em Células Capacitivas.....	44
Figura 27 – Inversor <i>Fronius</i> vistoriado.....	45
Figura 28 – Parâmetros configurados exibidos no <i>display</i> do inversor .....	46
Figura 29 – Processo de substituição do medidor .....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Classificação da Geração Distribuída.....	15
Tabela 2 – Projeção da Fatura Média de Energia Elétrica do Frigorífico Master.....	18
Tabela 3 – Dimensionamento do padrão entrada do empreendimento .....	33
Tabela 4 – Dimensionamento do padrão de medição .....	39
Tabela 5 – Substituição de Equipamentos na SUB-II.....	42
Tabela 6 – Parâmetros de Proteção do Inversor .....	44

## SUMÁRIO

1	Introdução .....	11
1.1	Objetivos.....	11
1.2	Organização do texto .....	12
2	Empresa.....	13
3	Atividades Realizadas .....	15
3.1	Análise de marco legal da microgeração e minigeração distribuída .....	15
3.1.1	Resolução 482/2012 da ANEEL .....	15
3.1.2	Mudanças Geradas pelo Marco Legal.....	16
3.2	Projeto de Sistema Fotovoltaico .....	19
3.2.1	Análise de Consumo .....	20
3.2.2	Pré-projeto e Apresentação para o Cliente .....	20
3.2.3	Desenvolvimento do Projeto .....	22
3.3	Projeto Elétrico .....	27
3.3.1	Planta Baixa de Pontos Elétricos.....	29
3.3.2	Diagramas Unifilares e Quadros de Carga.....	30
3.3.3	Cálculo de Demanda .....	33
3.4	Atividades de Campo.....	35
3.4.1	Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.....	35
3.4.2	Levantamento para Adutora Leste em Patos/PB.....	37
3.4.3	Vistoria da Medição Provisória do São João de Queimadas-PB .....	39
3.4.4	Vistoria do Banco de Capacitores Indústria Silvana Assa Abloy .....	41
3.4.5	Vistoria e Troca de Medidor em Sistemas Fotovoltaicos .....	44
4	Considerações Finais.....	47
	Referências .....	49

# 1 INTRODUÇÃO

O estágio é essencial para proporcionar ao estudante, ainda durante o curso, experiências profissionais para o desenvolvimento de habilidades para atuar no mercado de trabalho. Nesse sentido, a atividade prática no estágio proporciona o contato diário com a rotina de um profissional com experiência de sua área. Além disso, proporciona a fixação de conhecimentos obtidos nas disciplinas de formação, bem como a aquisição de novas habilidades e competências exigidas no mercado de trabalho. Tendo em vista essa necessidade, o estágio faz parte da grade curricular e o cumprimento de sua carga horária é requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Diante disso, o presente relatório tem como objetivo apresentar as atividades desenvolvidas pelo estudante de graduação Yves Clemente Dantas Reis durante o estágio. O estágio foi do tipo Integrado e foi realizado no setor de engenharia da empresa MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA, sob a supervisão da Engenheira Izadora Soares Cardoso, no período 02 de maio de 2022 a 26 de agosto de 2022, com carga horária semanal de 40 horas, totalizando 668 horas.

## 1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal do estagiário foi desenvolver as habilidades profissionais de um Engenheiro Eletricista exigidas pelo mercado de trabalho.

Para cumprir o objetivo principal, o estagiário teve que cumprir as seguintes atividades durante o estágio:

- Análise do marco legal da microgeração e minigeração distribuída;
- Acompanhamento de geração fotovoltaica;
- Elaboração de projetos elétricos;
- Elaboração de projetos de geração distribuída;
- Acompanhamento de obras.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, descritos a seguir.

No Capítulo 2, apresentam-se as principais partes que constituem a MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA, com ênfase nos principais segmentos de atuação da empresa concedente do estágio.

No Capítulo 3, são descritas as principais atividades realizadas durante todo o Estágio Integrado.

Por fim, no Capítulo 4, são apresentadas as considerações finais acerca da participação no Estágio Integrado.

## 2 EMPRESA

A empresa MCS PROJETOS ELÉTRICOS E ENGENHARIA LTDA tem seu escritório localizado na Rua Manoel Leonardo Gomes, 555, no bairro Jardim Paulistano, na cidade de Campina Grande, Paraíba. A Figura 1 apresenta a edificação onde está o escritório da empresa, que fica no piso térreo do imóvel.

Figura 1 – MCS Projetos Elétricos e Engenharia.



Fonte: Autor, 2022.

A MCS teve suas atividades iniciadas em maio de 2008 e atualmente conta com mais de 14 anos de experiência no mercado, sendo consolidada nas suas áreas de atuação. A empresa atua no desenvolvimento de projetos elétricos, compartilhamento de rede e geração fotovoltaica, principalmente, no Nordeste brasileiro, com foco principal nos estados da Paraíba (PB), Pernambuco (PE) e Rio Grande do Norte (RN).

O portfólio da empresa possui projetos na área de instalações elétricas prediais e industriais, de subestações, de instalações de geração própria de energia elétrica, de compartilhamento de estruturas de redes, bem como a prestação de consultorias, as quais estão mostradas na Figura 2.

Figura 2 – Principais serviços oferecidos pela MCS.



Fonte: SOARES, 2020.

A equipe de trabalho da empresa é composta por 12 pessoas, sendo uma administradora, 5 engenheiros eletricitas, um engenheiro de minas, 3 técnicos de desenho e 2 eletricitas. Além da equipe de trabalho presente no escritório, a empresa gera mais de 40 empregos indiretos a partir da contratação de eletricitas, pedreiros, serventes e ajudantes para a execução dos projetos elaborados.

A sócia administradora, é responsável por toda a administração da empresa desde a geração de orçamentos, prospecção de clientes e fluxo de caixa da empresa. O engenheiro eletricitista, que faz parte da empresa desde sua fundação, é o responsável técnico de todos os projetos executados pela empresa, presta serviços de consultoria e supervisiona os projetos elaborados pelos demais funcionários.

### 3 ATIVIDADES REALIZADAS

Neste capítulo são apresentadas as atividades desenvolvidas pelo estagiário. Todas essas atividades foram supervisionadas pelos engenheiros da empresa. Dessa forma, foi possível garantir as condições de segurança e aprendizado.

#### 3.1 ANÁLISE DE MARCO LEGAL DA MICROGERAÇÃO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Durante o período de estágio, foi solicitada a elaboração de uma análise do marco legal da microgeração e minigeração distribuída foi publicada no dia 6 de janeiro de 2022 por meio da Lei 14.300/2022 que trata das novas resoluções para esses tipos de sistemas.

Compreender esse marco faz parte do dia a dia da empresa tendo em vista a necessidade de compreender as resoluções para elaboração e venda de sistemas fotovoltaicos.

##### 3.1.1 RESOLUÇÃO 482/2012 DA ANEEL

Os sistemas fotovoltaicos protocolados na distribuidora de energia até o dia 06 de janeiro de 2023, seguirão a antiga resolução da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) 482/2012, a qual autorizou os brasileiros a gerar sua própria energia, utilizando de fontes renováveis no modelo de geração distribuída.

Portanto, os sistemas protocolados até a data prevista terão um prazo de vacância até o dia 31 de dezembro de 2045. Esses sistemas podem ser divididos em duas categorias, as quais estão representadas na Tabela 1:

Tabela 1 – Classificação da Geração Distribuída

<b>Categoria</b>	<b>Potência Instalada</b>
<i>Microgeração</i>	Até 75 kW de potência instalada
<i>Minigeração</i>	A partir de 75 kW de potência instalada

Fonte: REN 482/2012 da ANEEL (2012).

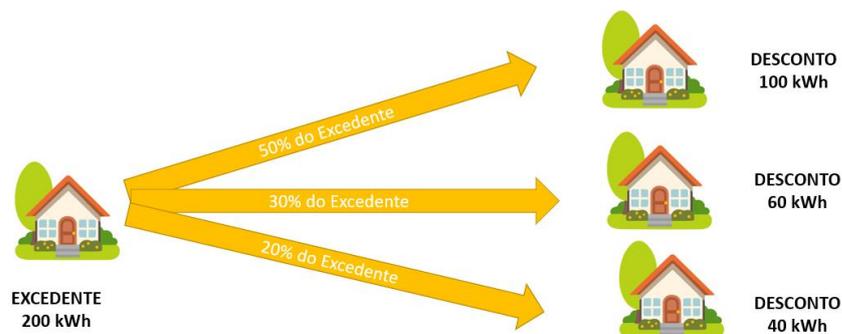
A microgeração é considerada uma central geradora de energia elétrica que utilize fontes renováveis. A sua potência instalada deve ser menor que 75 kW utilizando fontes renováveis, como por exemplo a energia fotovoltaica. Essa geração é conectada à rede de distribuição por meio das instalações das unidades consumidoras (VILLALVA, 2012).

Nesse sentido, qualquer pessoa física ou jurídica poderá ter em seu telhado uma microgeração capaz de complementar o consumo próprio ou realizar a exportação dessa energia, também denominado de autoconsumo remoto pela Lei 14.300/2022. Caso a geração ultrapasse o valor de 75 kW de capacidade instalada será reconhecida como minigeração geralmente instalados em ambientes comerciais e industriais.

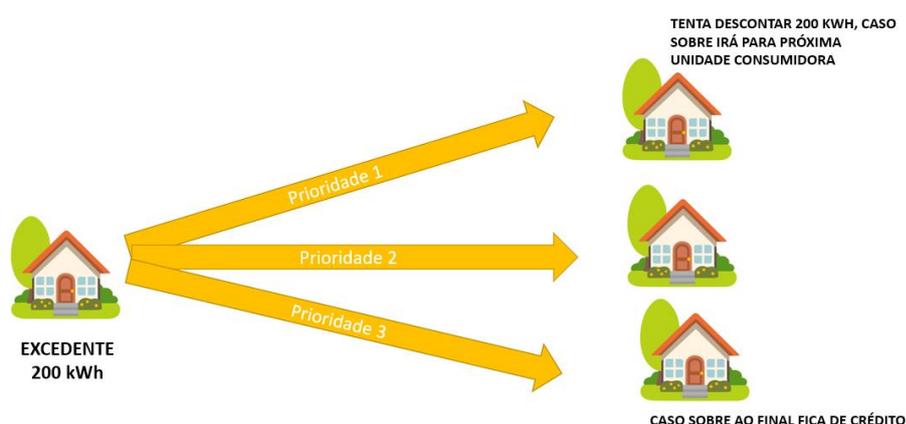
### 3.1.2 MUDANÇAS GERADAS PELO MARCO LEGAL

Uma das principais mudanças é em relação ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE). Uma das modalidades desse sistema é o autoconsumo remoto, onde pessoas físicas ou jurídicas podem instalar placas solares em um único imóvel e fornecer energia aos demais por meio da distribuição dos créditos de energia, os quais estão representados na Figura 3.

Figura 3 – Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE).



(a) Distribuição dos Créditos de Energia de acordo com a Resolução 482/2012 da ANELL.



(b) Distribuição dos Créditos de Energia de acordo com a Lei 14.300/2022.

Fonte: Autor, 2022.

É possível observar na Figura 3(a) que os créditos de energia eram distribuídos em porcentagens já definidas pela resolução 482/2012 da ANEEL. Na Figura 3(b) é possível observar que a distribuição dos créditos acontece de acordo com uma ordem de prioridade determinada pelo proprietário do sistema. Uma outra mudança foi a criação das taxas de transmissão (Fio A) e distribuição (Fio B) para transporte desses excedentes de energia elétrica. Essas taxas serão inseridas de forma gradual na conta dos contribuintes de acordo com o trecho da Lei 14.300/2022, os quais estão apresentados abaixo:

- 15% a partir de 2023;
- 30% a partir de 2024;
- 45% a partir de 2025;
- 60% a partir de 2026;
- 75% a partir de 2027;
- 90% a partir de 2028;
- A porcentagem correspondente a 2029 será decida após 18 meses da publicação da lei.

Buscando uma melhor compreensão das mudanças ocasionadas pelo marco legal, foi desenvolvido um estudo de caso da fatura de um dos clientes da MCS Projetos Elétricos e Engenharia Ltda: o Frigorífico Master que possui uma microgeração distribuída na cidade de Campina Grande – PB e utiliza do autoconsumo remoto.

Nesse caso ocorrerá a inserção na tarifação de Energia Elétrica do Fio B padrão correspondente ao consumo da rede de distribuição que possui uma média de 690 kWh (últimos 12 meses a partir da data de análise). Para essa análise foi considerada a taxa de Fio B padrão da Energisa Borborema disponível no site da ANEEL e considerando que não houve reajuste de impostos, nem mudanças no padrão de consumo ou geração. Com esses dados foi possível desenvolver uma planilha eletrônica resultando na Tabela 2, a qual está mostrada

Tabela 2 – Projeção da Fatura Média de Energia Elétrica do Frigorífico Master

<b>Projeção em</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>	<b>2028</b>
<b>Porcentagem do Fio B</b>	<b>(15%)</b>	<b>(30%)</b>	<b>(45%)</b>	<b>(60%)</b>	<b>(75%)</b>	<b>(90%)</b>
<b>Padrão</b>						
<i>Fio B Padrão</i> <i>(Energisa Borborema)</i>	R\$ 0,2100					
<i>Proporcional Tarifado</i> <i>(Fio B)</i>	R\$ 0,0315	R\$ 0,0630	R\$ 0,0945	R\$ 0,1260	R\$ 0,1575	R\$ 0,1890
<i>Consumo Rede de</i> <i>Distribuição</i>	690 kWh					
<i>Tarifa Mínima para</i> <i>100 kWh</i>	R\$ 74,94					
<i>ICMS + PIS +</i> <i>CONFINS</i>	R\$ 19,66					
<i>Impacto do Fio B na</i> <i>Tarifa (Sem Taxa</i> <i>Mínima)</i>	R\$ 41,40	R\$ 63,13	R\$ 84,87	R\$ 106,60	R\$ 128,34	R\$ 150,07
<i>Valor total da Fatura</i> <i>(Lei 14.300/2022)</i>	R\$ 116,34	R\$ 138,07	R\$ 159,81	R\$ 181,54	R\$ 203,28	R\$ 225,01

Fonte: REN 482/2012 da ANEEL (2012).

Na Tabela 2 é possível observar o impacto financeiro da nova tarifa sobre a fatura de energia elétrica. No ano de 2023 a com a inclusão da tarifa a fatura mensal aumentar R\$ 41,40, já no ano de 2028 implicará um aumento de R\$ 150,07. Esse cálculo foi feito por meio da Expressão (1) contida na Lei 14.300/2022:

$$CUSTO (R\$) = (CONSUMO_{TOTAL} - CONSUMO_{SIMULT\grave{A}NEO}) * 0,21 \quad (1)$$

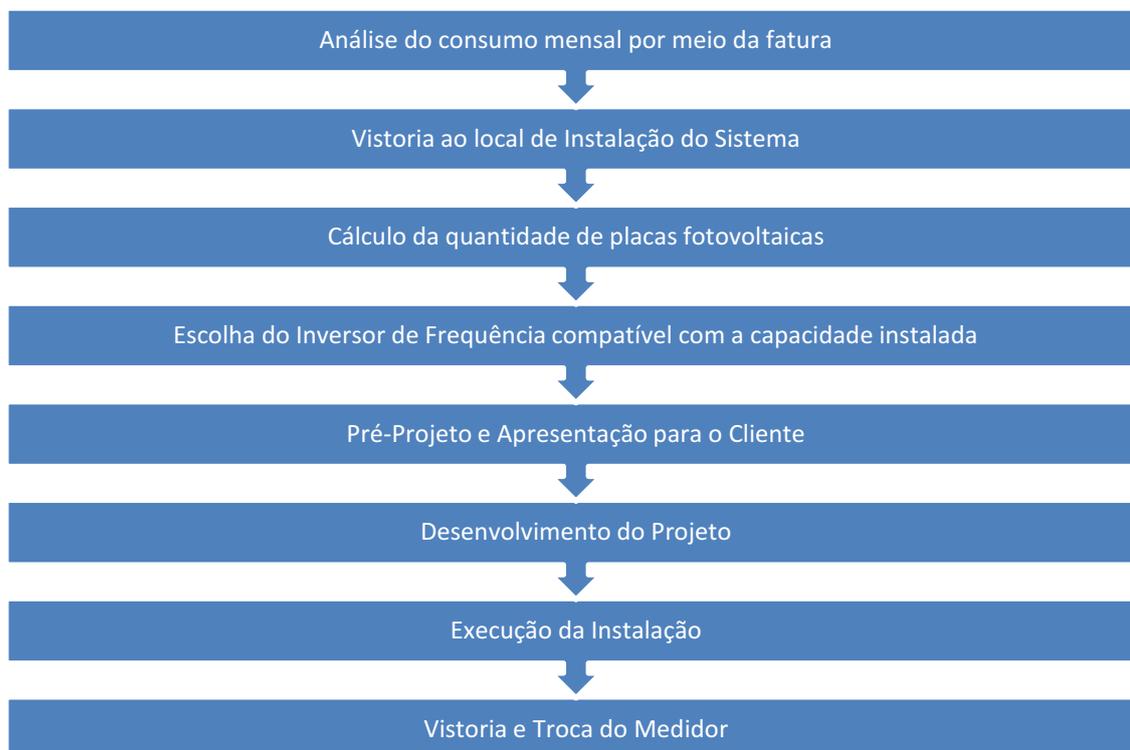
Realizar essa análise foi fundamental, pois essa mudança interfere diretamente no tempo de retorno do investimento (*payback*), bem como impactará todos os sistemas de geração distribuída solicitados a partir da data de 6 de janeiro de 2023.

## 3.2 PROJETO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO

Os sistemas de geração própria estão cada vez mais presentes no Brasil. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (Absolar), em 2020 a energia solar corresponde a 2,4% de toda a matriz elétrica brasileira, com mais de 4,5 GW de potência instalada.

A grande procura por esse tipo de solução tem surgido com os elevados custos com energia elétrica em residências e comércios. Para dimensionar um sistema fotovoltaico que satisfaça a necessidade do cliente, é necessário um levantamento do consumo mensal e uma análise do padrão de consumo esperado após a instalação do sistema. Essas informações podem ser obtidas por meio da fatura de energia elétrica fornecida pela concessionária local e um diálogo com o cliente. As etapas para adquirir esse sistema podem ser observadas na Figura 4.

Figura 4 – Etapas para Desenvolvimento do Sistema Fotovoltaico.



Fonte: Autor, 2022.

Essas etapas estão descritas nos tópicos a seguir.

### 3.2.1 ANÁLISE DE CONSUMO

A primeira etapa é fazer um levantamento geral que inclui: análise da fatura, vistoria do local e dimensionamento dos módulos fotovoltaicos e inversor. A análise da fatura fornece informações de consumo do cliente. A vistoria do local permite verificar a área disponível para instalação dos módulos fotovoltaicos para que assim seja feito o cálculo da quantidade de placas necessárias para atender o consumo do cliente. De posse dessas informações é possível escolher o tipo de placa e o inversor de frequência compatível a capacidade instalada e preparar o pré-projeto para apresentar ao cliente.

### 3.2.2 PRÉ-PROJETO E APRESENTAÇÃO PARA O CLIENTE

De posse desses dados, é possível realizar o pré-projeto e apresentar para o cliente para o possível fechamento do sistema. Durante o período de estágio foi solicitado ao

estagiário o desenvolvimento de um projeto fotovoltaico do posto Marka, localizado na cidade de Boqueirão-PB (Figura 5). O sistema dimensionado é constituído por 52 módulos fotovoltaicos de 410 W, totalizando uma potência de pico de 21,32 kW. Para o sistema, foi dimensionado 1 inversor de 20 kVA.

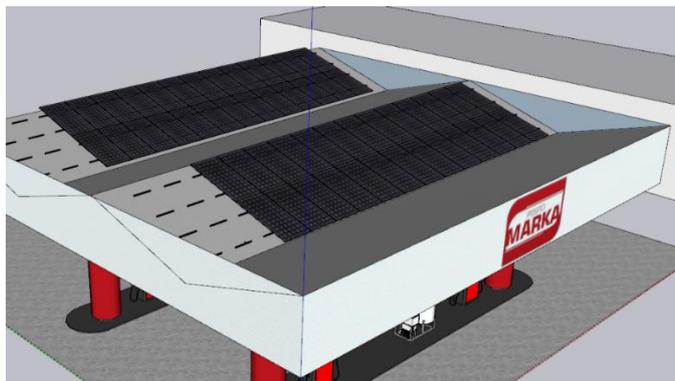
Figura 5 – Posto Marka Boqueirão-PB.



Fonte: Autor, 2022.

De posse desses dados foi possível realizar uma proposta comercial para apresentar ao cliente. O Engenheiro Sênior da empresa realizou a construção da proposta e foi solicitado ao estagiário uma a modelagem tridimensional (3D) do local da instalação do sistema fotovoltaico para anexar a proposta. A Figura 6 ilustra a imagem renderizada do projeto 3D da edificação, com a disposição dos painéis fotovoltaicos sobre a laje e o telhado do posto. A modelagem 3D é feita inicialmente, usando-se o *software SketchUp* e, quando necessário, sendo possível enviar imagens realistas para apresentação ao cliente.

Figura 6 – Modelagem em 3D de Sistema Fotovoltaico.



Fonte: Autor, 2022.

Esse tipo de modelagem tornou-se uma ferramenta que fornece uma prévia do resultado final desejado, podendo ser utilizada na apresentação da proposta do cliente bem como facilita a visualização para os eletricitistas responsáveis pela instalação. A modelagem 3D também facilita o projeto das estruturas de suporte, bem como realizar o estudo de sombreamento sobre os módulos.

### 3.2.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Após determinar as placas e o inversor, foi desenvolvido o projeto fotovoltaico. Segundo CREDER (2022), após identificar o consumo deve-se verificar também:

- Possíveis pontos de sombreamento;
- Local de instalação dos inversores;
- O padrão de medição existente.

Sendo assim, o projeto deve ser elaborado seguindo as normas quais estão apresentadas abaixo:

- NBR 5410 (ABNT, 2004): Instalações Elétrica de baixa tensão;
- NBR 16612 (ABNT, 2020): Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores;
- NDU 001 (ENERGISA, 2019a): Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras;
- NDU 013 (ENERGISA, 2022)- Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição

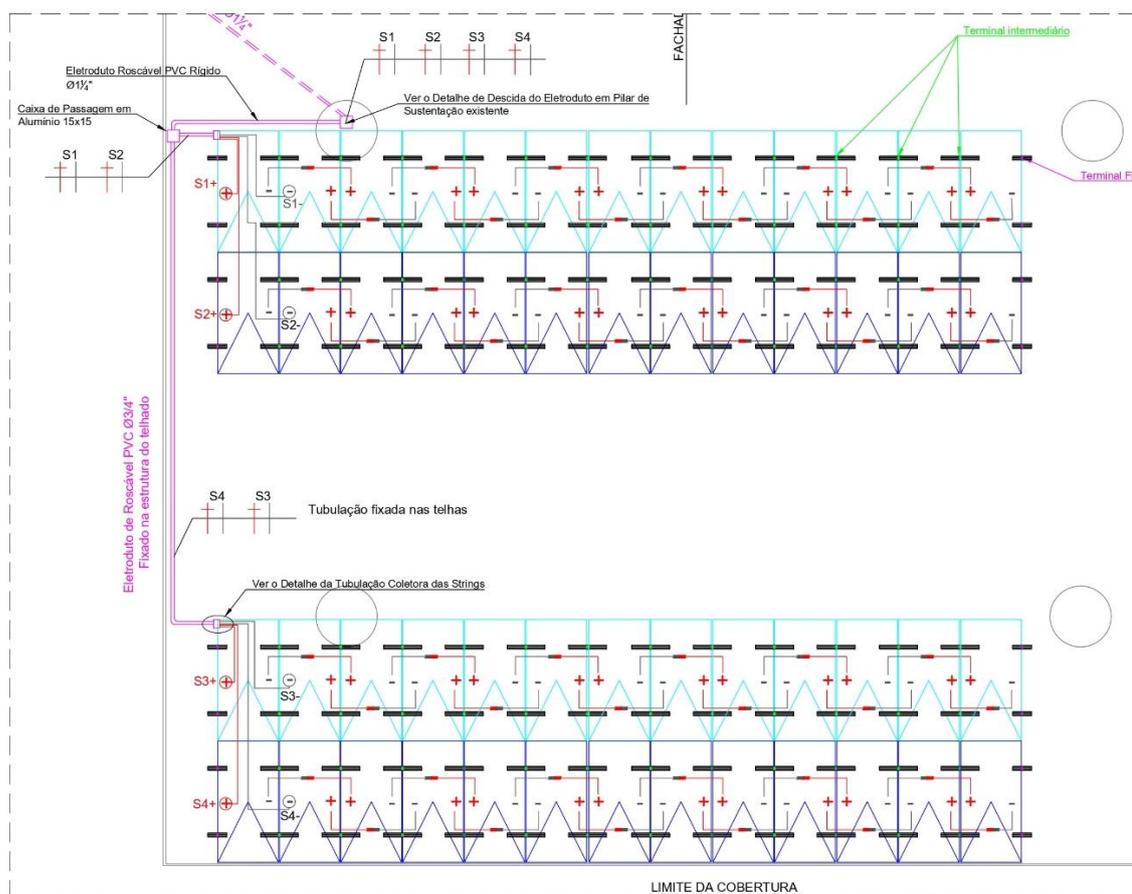
Mediante o uso dessas normas, são as demais partes que compõem um sistema fotovoltaico, partindo do dimensionamento dos dispositivos de proteção dos equipamentos a serem instalados como: disjuntores, dispositivo de proteção contra surtos (DPS), fusíveis e chaves de acionamentos), bem como os trajeto dos condutores de alimentação do sistema, além das características dos condutores a serem utilizados no sistema.

No projeto em questão foram inseridos ao telhado do posto de gasolina 52 módulos fotovoltaicos nos quais precisam ser conectados na forma de um conjunto associado em série, denominado de *string*.

Um dos critérios para composição da *string* é reunir a maior quantidade de módulos em série e com a mesma inclinação, de tal forma que a tensão total do conjunto não ultrapasse os limites de entrada do inversor (CREDER, 2022). Dessa forma, pode-se realizar a instalação do sistema com uma menor quantidade de conjuntos (strings) economizando na quantidade de condutores.

A Figura 7 ilustra parte da planta elétrica de conexão dos módulos, a qual está representado abaixo:

Figura 7 – Planta elétrica de ligação entre os módulos fotovoltaicos.



Fonte: Autor, 2022.

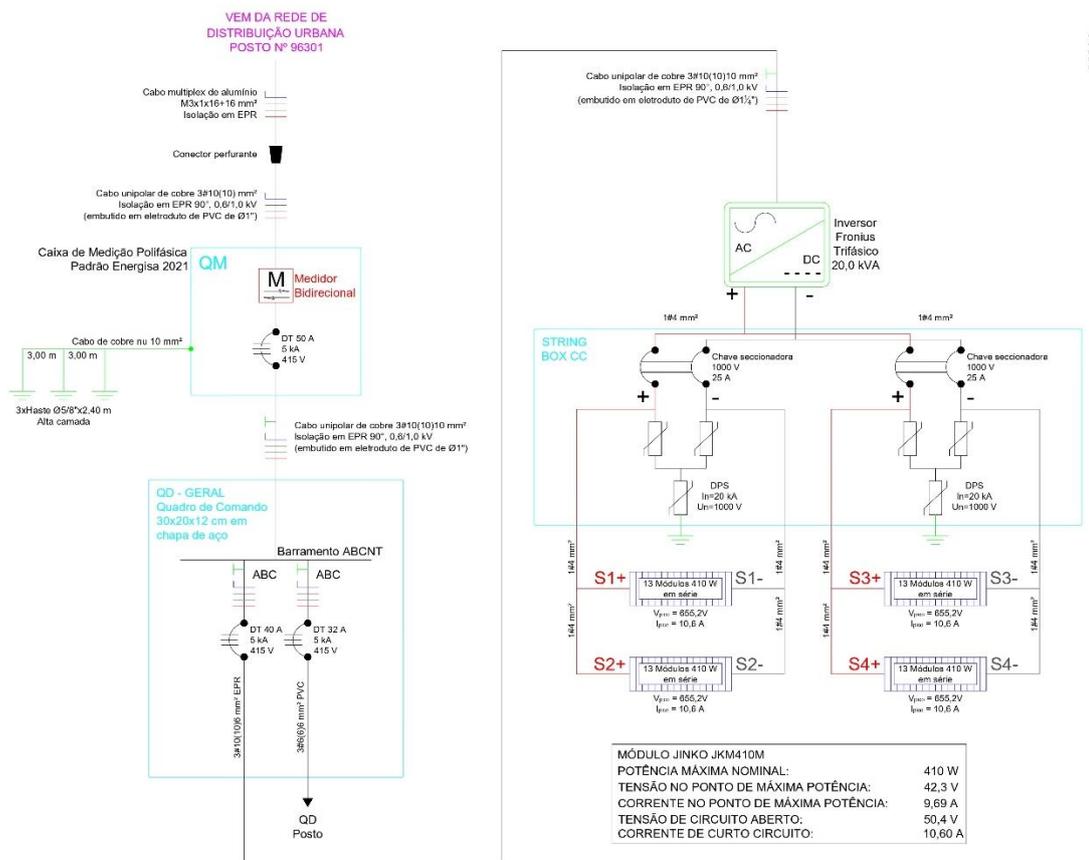
Na Figura 7 é possível observar a indicação dos módulos e suas conexões. As denominações S1+, S2+, S3+, S4+ indicam os polos positivos, enquanto S1-, S2-, S3-, S4- indicam os polos negativos referentes a cada um dos conjuntos de módulos conectados em série, denominado de *string*.

Na Figura 7, pode-se observar que o projeto foi dividido em 4 *strings*, cada uma composta por 13 módulos instalados em telhado metálico.

Essas *strings* formam um conjunto que são levadas através de cabos solares até o componente de proteção da parte de corrente-contínua (CC) do sistema fotovoltaico (*stringbox*).

Nesse sentido, para homologação junto a concessionária local é necessário incluir no projeto o diagrama unifilar que é uma representação simbólica mais simples do sistema com as suas características e dimensionamentos. O diagrama unifilar do sistema está representado na Figura 8.

Figura 8 – Diagrama Unifilar do Sistema Fotovoltaico.

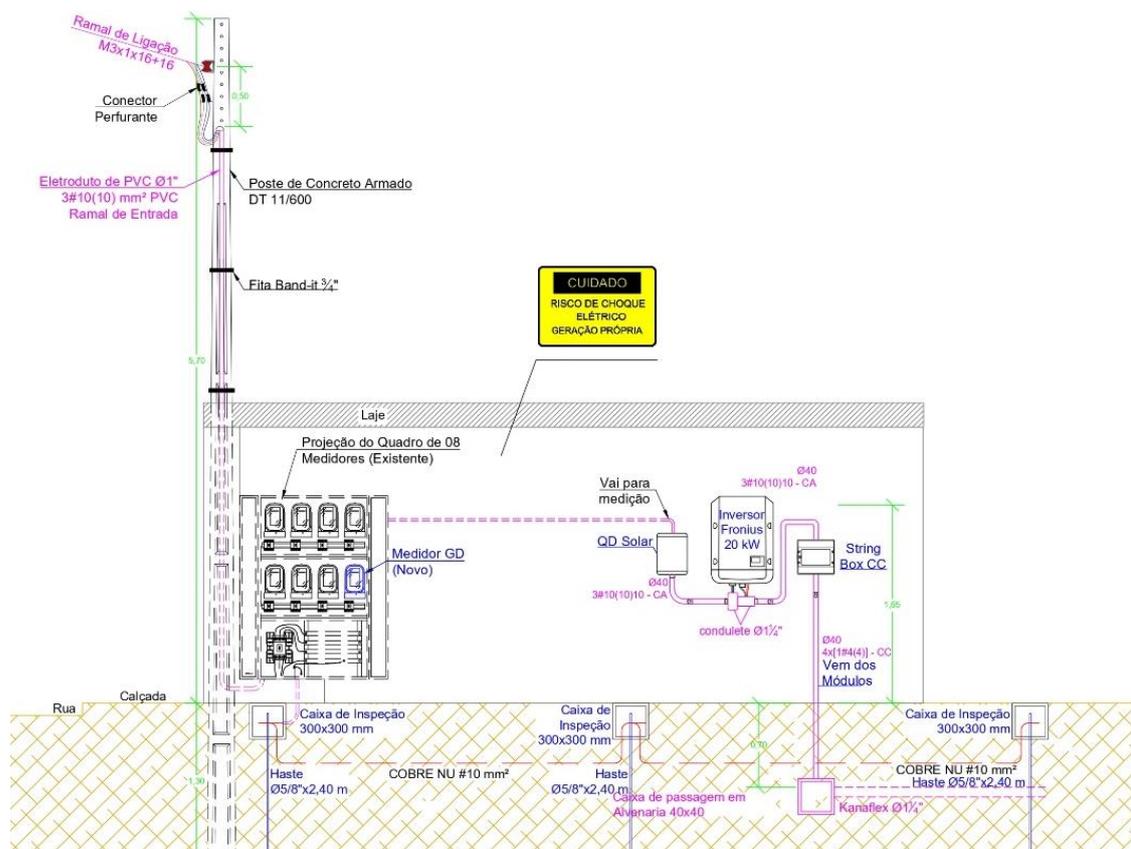


Fonte: Autor, 2022.

Esse diagrama é uma ferramenta fundamental para o profissional responsável pela instalação e manutenção do sistema da infraestrutura elétrica. É por meio do diagrama unifilar que é possível identificar as conexões dos circuitos, as seções dos condutores e as especificações dos equipamentos. Na Figura 8 é possível observar que os condutores das *strings* são conectados a *string box* e em seguida ao inversor que será conectado ao sistema de medição existente.

Para isso, buscando auxiliar o processo de execução e montagem, faz-se necessário inserir no projeto detalhes como entrada de energia. Esse detalhe é necessário para aprovação do projeto junto à concessionária e, conseqüentemente, para executar a troca da medição. Como no posto em questão possui lojas em seu terreno o padrão existente é de uma unidade coletiva. O detalhe do padrão de entrada de energia pode ser observado na Figura 9.

Figura 9 – Detalhe do padrão de entrada da energia.



Fonte: Autor, 2022.

Como pode-se observar na Figura 9, o posto Marka possui uma medição coletiva contendo 7 medidores em operação com categoria de atendimento trifásico com demanda entre 24,1 kW até 30 kW sendo classificada como categoria T2 possuindo e ramal de ligação por cabo multiplex 3x1x16+16 seguindo a Tabela 17 da NDU 001 (ENERGISA, 2019a). Entretanto, de acordo com a NDU 013 da Energisa (Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição) no caso da medição coletiva é necessário inserir um novo medidor para a geração distribuída. Buscando adequar-se à norma da concessionária um 8º medidor deve ser adicionado ao padrão existente.

Nesse sentido, o novo medidor deve se conectar ao quadro de distribuição solar que contém um disjuntor tripolar de 32 A, responsável por realizar a proteção do sistema de geração distribuída. Para o dimensionamento do disjuntor foi utilizado (2):

$$I = \frac{20.000 \text{ VA}}{380 \sqrt{3}} = 30,38 \text{ A} \quad (2)$$

Considerando uma corrente transitória de 25% essa corrente pode chegar até 37,97 A. Portanto, o disjuntor tripolar de 40 A atende aos critérios de proteção do sistema.

Mediante a revisão do engenheiro supervisor, foi solicitado ao estagiário a elaboração da lista de material com os componentes necessários para execução da montagem do sistema.

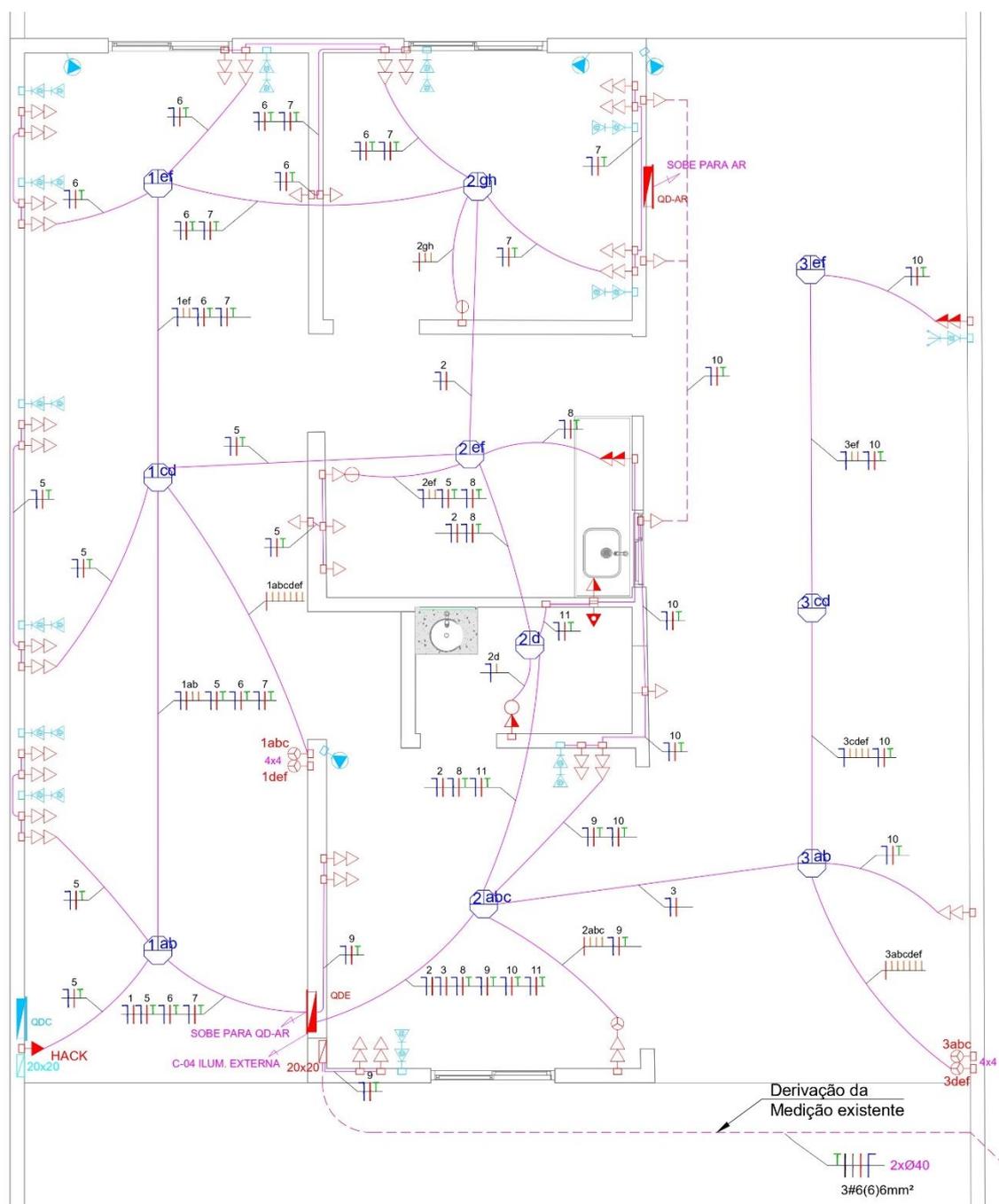
A lista de material foi desenvolvida com base no projeto e encaminhada para o setor de compras de materiais para a futura instalação, sendo executada pelo setor de montagens. Mediante isso, a prancha do projeto foi montada e encaminhada para concessionária local para aprovação.

### 3.3 PROJETO ELÉTRICO

Durante o período de estágio, foi solicitada a elaboração de um projeto elétrico de instalações elétricas do novo escritório da empresa em processo de construção, na cidade de Campina Grande-PB. O terreno possui uma área de 192 m<sup>2</sup>, dos quais 109 m<sup>2</sup> são de área construída. A edificação se divide em escritório, recepção, *showroom*, recursos humanos, copa e fachada.

A planta baixa do projeto elétrico elaborado pode ser observada na Figura 10. Além da planta baixa o projeto inclui o cálculo da provável demanda da unidade consumidora, bem como o dimensionamento de eletrodutos, seções de condutores, dispositivos de proteção, disposição de pontos elétricos, diagramas unifilares e lista de material para execução da obra.

Figura 10 – Projeto Elétrico Elaborado.



Fonte: Autor, 2022.

O projeto foi baseado nas exigências especificadas pela Norma Brasileira de Instalações Elétricas de Baixa Tensão (NBR 5410) (ABNT, 2014) e pela concessionária local de energia elétrica, a Energisa, na Norma de Distribuição Unificada (NDU) 001 (ENERGISA, 2019a).

### 3.3.1 PLANTA BAIXA DE PONTOS ELÉTRICOS

Uma das partes essenciais dos projetos elétricos é a distribuição dos pontos elétricos para o atendimento dos equipamentos existentes na edificação. Para isso toda a planta é elaborada mediante uma série de símbolos que representam itens usados nas instalações elétricas como: tomadas, interruptores, quadros, lâmpadas, chuveiros entre outros. A simbologia adotada busca indicar parâmetros elétricos do ponto, dimensões e altura em relação ao piso acabado. A simbologia foi elaborada com base na extinta norma NBR 5444, a qual pode ser observada na Figura 11.

Figura 11 – Simbologia do Projeto Elétrico.

SÍMBOLO	DESCRIÇÃO	SÍMBOLO	DESCRIÇÃO
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), simples e dupla, respectivamente, instalada a 0,40 m do piso acabado, em caixa 4x2. Uso geral		Conjunto tomada para internet (RJ45) + tomada para telefone, instalado a 0,40 m do piso acabado, em caixa 4x2
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), simples e dupla, respectivamente, instalada a 1,10 m do piso acabado, em caixa 4x2. Uso geral		Tomada para câmera de segurança, instalada a 2,5m do piso acabado, em caixa 4x2
	Tomada monofásica 2P+T (10 A), simples e dupla, respectivamente, instalada a 2,20 m do piso acabado, em caixa 4x2. Uso geral		Eletroduto de PVC, embutido na parede ou teto: energia / comunicação / câmeras.
	Interruptor com 1, 2 e 3 seções, respectivamente, instalado a 1,10 m do piso acabado, em caixa 4x2		Eletroduto de PVC, embutido no piso: energia / comunicação / câmeras.
	Conjunto Interruptor simples + tomada monofásica 2P+T (10 A), instalada a 2,20 m do piso acabado, em caixa 4x2. Uso geral		Circuito número 1: Condutores de neutro, fase, retorno e terra, respectivamente, embutidos em eletroduto de Ø25 mm
	Interruptor com temporizador (timer), instalado a 1,10 m do piso acabado, em caixa 4x2		Disjuntor termomagnético monopolar DIN, curva "C", corrente nominal de 32 A, 5 kA, 415 V.
	Ponto de luz para pendente, 32W		Disjuntor termomagnético tripolar DIN, curva "C", corrente nominal de 32 A, 5 kA, 415 V.
	Ponto de luz para plafon de sobrepor 18 W		Disjuntor Diferencial Residual (DR), bipolar, corrente nominal de 32 A, 30 mA, 415 V.
	Ponto de luz para Spot		Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS), corrente nominal de 20 kA, 275 V.
	Ponto de Luz para Fita de Led 12 W/metro		Quadro de Distribuição Energia (QD) 380/220 V, instalado a 1,70 m do piso acabado
	Ponto de luz para arandela média (h=1,70m)		Quadro de Distribuição de Comunicação, instalado a 1,50 m do piso acabado. Dim.: 60x60x10 cm
	Caixa de PVC sextavada instalada no teto, para lâmpadas de 16W, circuito "1", comando "a"		Caixa de passagem de PVC 20x20 cm instalada no teto
	Tomada para antena de TV, instalado a 1,10 m do piso acabado, em caixa 4x2		Caixa de passagem, retangular, em alvenaria, com 50x50x40 cm, instalada no piso.
	Tomada para internet (RJ45), instalado a 0,40 m do piso acabado, em caixa 4x2		Conjunto tomada para internet (RJ45) + tomada para TV, instalado a 1,40 m do piso acabado, em caixa 4x2

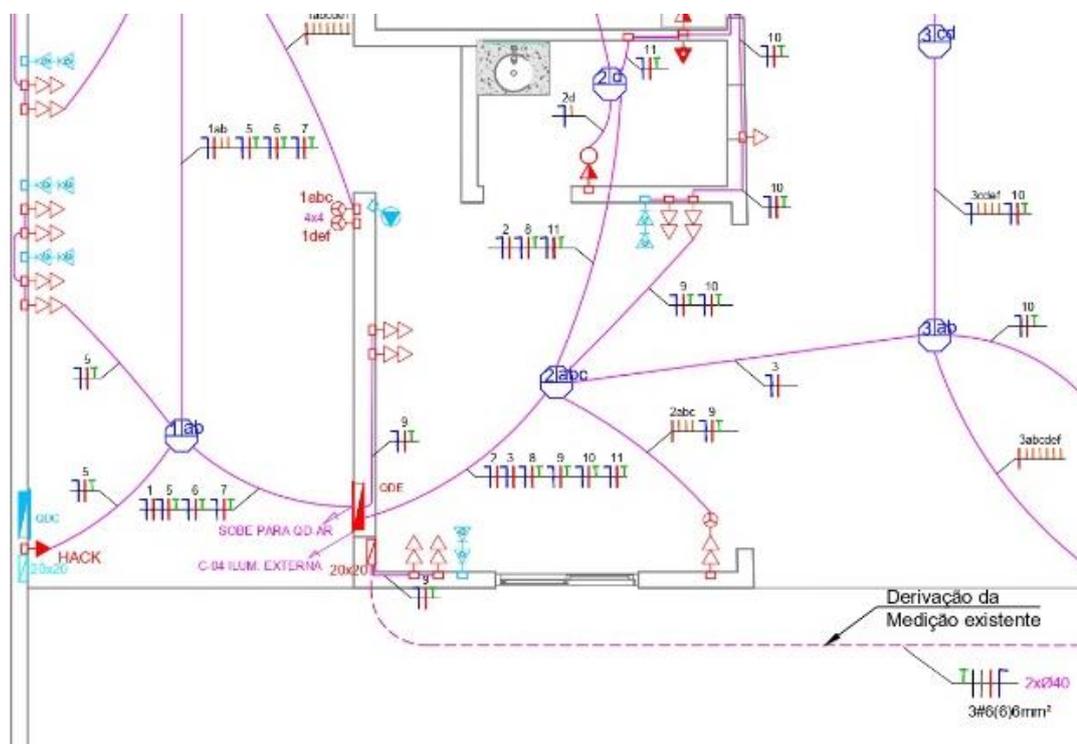
Fonte: Autor, 2022.

Com base na simbologia adotada e nos critérios das normas apresentadas anteriormente, elaborou-se a planta elétrica, na qual estão indicados todos os itens necessários para o correto funcionamento das instalações com as respectivas indicações

de pontos e sugestões de percurso dos eletrodutos. Em relação aos eletrodutos quando não indicado seus diâmetros, considerar o mesmo de 25 mm<sup>2</sup>.

A Figura 12 ilustra um trecho pertencente a planta elétrica empresarial.

Figura 12 – Trecho da planta de pontos elétricos.



Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 12 é possível verificar os cômodos da edificação, a disposição dos pontos elétricos de iluminação, tomadas de uso geral e uso específico, dos eletrodutos, de quadros e caixas de passagem, além dos pontos de comunicação e indicação dos condutores elétricos de cada circuito.

### 3.3.2 DIAGRAMAS UNIFILARES E QUADROS DE CARGA

Para o dimensionamento correto dos condutores dos circuitos e dispositivos de proteção deles, foram desenvolvidos os quadros de carga, o qual pode ser observado nas Figura 13 e 14.

Figura 13 – Quadro de Cargas do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).

Nº do Circuito	Lâmpadas (W)	TUG (W)	TUE (W)	Total		Potência por Fase (VA)			Tensão Nominal (V)	Corrente (A)		Condutores S (mm²)		I <sub>disjuntor</sub>	Função	Carga	Fase
				W	VA	A	B	C		V	I <sub>carga</sub>	I <sub>transit.</sub>	Vivos				
	32	150	5.500														
1	3	-	-	96	104	104	0	0	220	0,47	0,59	1,5	1,5	16	ILUM.	PROJETOS	A
2	4	-	-	128	139	0	139	0	220	0,63	0,79	1,5	1,5	16	ILUM.	EPÇAO/ WC / COPA	B
3	3	-	-	96	104	0	0	104	220	0,47	0,59	1,5	1,5	16	ILUM.	SHOWROOM	C
4	5	-	-	160	174		0	0	220	0,79	0,99	1,5	1,5	16	ILUM.	FACHADA	A
5	-	10	-	1.500	1.630	0	1.630	0	220	7,41	9,26	2,5	2,5	20	TUG	PROJETOS	B
6	-	7	-	1.050	1.141	0	0	1.141	220	5,19	6,48	2,5	2,5	20	TUG	PROJETOS	C
7	-	7	-	1.050	1.141	1.141	0	0	220	5,19	6,48	2,5	2,5	20	TUG	SALA DE RH	A
8	-	6	-	900	978	0	978	0	220	4,45	5,56	2,5	2,5	20	TUG	RECEPÇÃO	B
9	-	8	-	1.200	1.304	0	0	1.304	220	5,93	7,41	2,5	2,5	20	TUG	SHOWROOM	C
10	-	6	-	900	978	978	0	0	220	4,45	5,56	2,5	2,5	20	TUG	COPA/ WC	A
11	-	-	1	5.500	5.978	0	5.978	0	220	29,64	37,06	6	6	32	TUE	CHUVEIRO	B
12	-	-	-	6.000	6.522	0	0	0	380	9,91	12,39	6	6	32	TUE	QD-AR	ABC
13	-	-	-	1.500	1.630	0	0	1.630	220	7,41	9,26	6	6	32	TUE	QD-SOLAR	A
<b>TOTAL</b>	15	44	1	18.580	21.826	2.224	8.726	4.180									
<b>DEMANDA PREVISTA</b>				17.569	19.097	28,72%	54,23%	30,43%	380	29,01	29,01	6	6	40	-	QGBT	ABC

Fonte: Autor, 2022.

Figura 14 – Quadro de cargas do Quadro de Distribuição do Ar-Condicionado.

Nº do Circuito	TUE (W)	Total		Potência por Fase (VA)			Tensão Nominal (V)	Corrente (A)		Condutores S (mm²)		I <sub>disjuntor</sub>	Função	Carga	Fase
		W	VA	A	B	C		V	I <sub>carga</sub>	I <sub>transit.</sub>	Vivos				
1	1	1.500	1.630	1.630	0	0	220	7,41	9,26	2,5	2,5	20	TUE	AR	A
2	1	1.500	1.630	0	1.630	0	220	7,41	9,26	2,5	2,5	20	TUE	AR	B
3	1	1.500	1.630	0	0	1.630	220	7,41	9,26	2,5	2,5	20	TUE	AR	C
4	1	1.500	1.630	1.630	0	0	220	7,41	9,26	2,5	2,5	20	TUE	AR	A
<b>TOTAL</b>	4	6.000	6.522	3.261	1.630	1.630									
<b>DEMANDA PREVISTA</b>		5.400	5.870	55,56%	27,78%	27,78%	380	8,92	8,92	6	6	40	-	QGBT	ABC

Fonte: Autor, 2022.

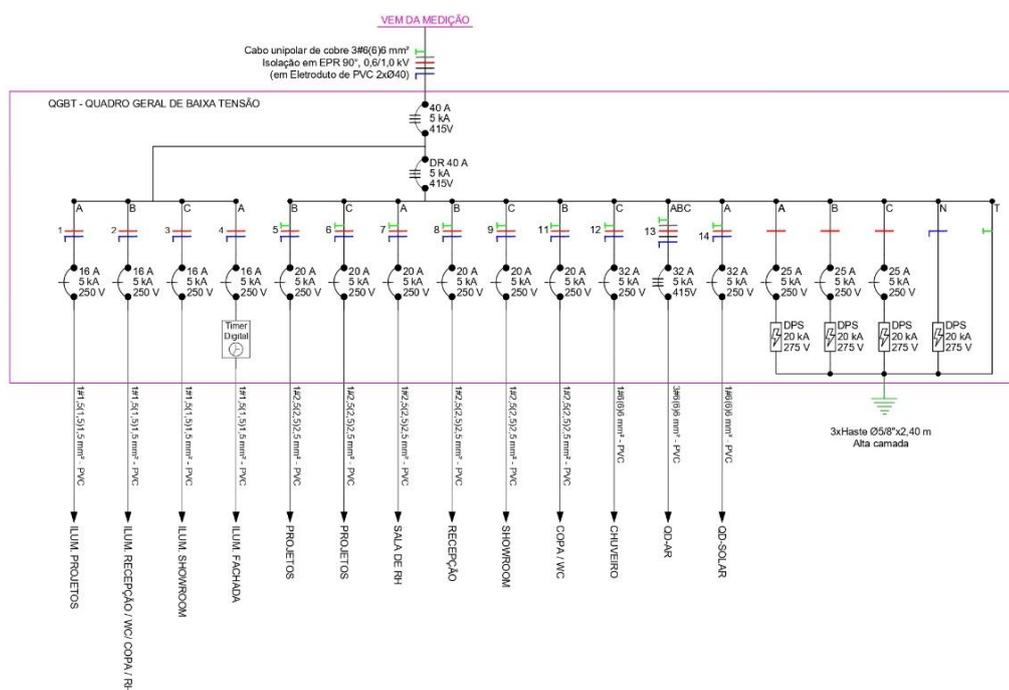
O objetivo principal de um quadro de cargas como os contidos na Figura 13 e 14 é unir todas as informações em uma única ferramenta. Nesse sentido, é possível identificar circuitos, listar a carga instalada, calcular a potência instalada (W) e aparente (VA) calcular a corrente da carga e a transitória, escolher a seção dos condutores (mm<sup>2</sup>), escolher o dispositivo de proteção e o alimentador (CREDER, 2021).

O dimensionamento da seção dos condutores e dispositivos de proteção seguiram a norma NBR 5410 (ABNT, 2004). Entretanto, o cliente solicitou que o projeto fosse elaborado para uma possível expansão em médio prazo que fez com que alguns condutores e dispositivos de proteções fossem superdimensionados.

Por exemplo na Figura 13, observa-se um quadro para os ares-condicionados. Esse quadro teve como objetivo facilitar inserção de novas máquinas frigoríficas considerando a possível ampliação do número de empregados no ambiente. Para isso os condutores foram superdimensionados para uma seção de 6 mm<sup>2</sup> com uma proteção de um disjuntor de 40 A. Além disso, a criação desse quadro facilita o desligamento e uma identificação dos circuitos em uma possível manutenção, bem como posicioná-lo próximo às máquinas compressoras, reduzindo assim o custo de drenos e cabos.

Por meio dos quadros de carga, são elaborados os diagramas unifilares que representam cada quadro de distribuição física dos circuitos elétricos. A Figura 15 representada o diagrama para o quadro de distribuição geral do empreendimento.

Figura 15 – Diagrama unifilar do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT).



Fonte: Autor, 2022.

No diagrama é possível observar a divisão das fases, a divisão dos circuitos e quais áreas da edificação serão atendidas por cada um, a seção transversal dos condutores destes, bem como os dispositivos de proteção como disjuntores e Dispositivos de Proteção Contra Surtos (DPS).

Ainda na Figura 15, observa-se na parte superior a indicação dos cabos que chegam da medição (6 mm<sup>2</sup>), alimentando o disjuntor geral tripolar de 40A. Em seguida, os disjuntores de cada circuitos e seus respectivos cabos. Além disso, os circuitos de tomadas estão jusante de um Disjuntor Residual (DR) de 40 A tetrapolar responsável por proteger os circuitos.

Na Figura 15, observa-se no circuito 4 a existência de um *timer digital* responsável por realizar o acionamento da iluminação da fachada no horário programado pela empresa.

### 3.3.3 CÁLCULO DE DEMANDA

A norma da concessionária local estabelece o dimensionamento dos elementos que compõem o padrão de entrada para o fornecimento da energia. Esse dimensionamento depende de alguns fatores, tais como: carga instalada e demanda da unidade consumidora. O cálculo foi realizado conforme (3), seguindo a NDU-001 (ENERGISA, 2019a).

$$D(kW) = d1 + d2 + d3 + d4 + d5 + d6 + d7 \quad (3)$$

Sendo:

- $D (kW)$ = Demanda total;
- $d1 (kW)$  = Demanda de iluminação e tomadas, calculada conforme os fatores de demanda da Tabela 3 da NDU-001;
- $d2 (kW)$  = Demanda dos aparelhos para aquecimento de água (chuveiros, aquecedores, torneiras etc.) calculada conforme Tabela 4 da NDU-001;
- $d3 (kW)$  = Demanda secador de roupa, forno de micro-ondas máquina de lavar louça e hidro massagem calculada conforme Tabela 5 da NDU-001;
- $d4 (kW)$ = Demanda de fogão e forno elétrico calculada conforme Tabela 6 da NDU-001;
- $d5 (kW)$ = Demanda dos aparelhos de ar-condicionado tipo janela ou centrais individuais, calculada conforme Tabelas 8 e 9 da NDU-001;
- $d6 (kW)$ = Demanda dos motores elétricos e máquinas de solda tipo motor gerador, conforme Tabelas 10 e 11 da NDU-001;
- $d7 (kW)$  = Demanda de máquinas de solda a transformador e aparelhos de raios-X, calculadas conforme Tabela 12 da NDU-001.

De acordo com o quadro de cargas da Figura 13, a demanda da carga calculada foi de 17,56 kW trifásica. Nesse sentido, o empreendimento será atendido na categoria T1 de acordo com a Tabela 17 da NDU-001, na qual pode ser observada na Figura 16:

Figura 16 – Tabela 17 da NDU-001.

TABELA 17 - Dimensionamento das categorias de atendimento - 380/220 V

Categoria	Número de fios	Número de fases	Demanda	Carga instalada	Condutores				Aterramento		Disjuntor termomagnético	Eletroduto		Poste				
					Ramal de ligação		Ramal de entrada embutido e subterrâneo (Temperatura no condutor: 70° C)	Ramal de entrada embutido e subterrâneo (Temperatura no condutor: 90° C)	Condutor aterramento	Haste para aterramento		PVC rígido	Aço galvanizado	Concreto duplo T	Aço galvanizado	Pontaliete		
					Multiplex	Concêntrico											(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )
			(KW)															
Monofásico	M1	2	1	-	0 < C ≤ 6,0	1x1x10+10	2x10	6(6)	6(6)	6	1H	30/32	25	20	100	90	40	
	M2				6,0 < C ≤ 11,0	1x1x10+10	2x10	10(10)	10(10)	10		50	25	20				
	M3				11,0 < C ≤ 15,4	1x1x16+16		16(16)	16(16)	10		70	25	25				
Bifásico	B1	3	2	-	0 < C ≤ 17,6	2x1x10+10	N.A.	2#10(10)	2#6(6)	6	1H	40	32	25	100	90	50	
	B2				17,6 < C ≤ 22,0	2x1x16+16		2#10(10)	2#10(10)	10		50	32	25				
	B3				22,00 < C ≤ 26,30	2x1x25+25		2#16(16)	2#16(16)	16		70	40	40				
Trifásico	T1	4	3	0 < D ≤ 24,00	0 < C ≤ 75	3x1x10+10	N.A.	3#10(10)	3#6(6)	6	3H	40	32	32	100	200	N.A.	
	T2			24,01 < D ≤ 30,00		3x1x16+16		3#10(10)	3#10(10)	10		50	32	32				
	T3			30,01 < D ≤ 42,39		3x1x25+25		3#25(25)	3#16(16)	10		70	40	40				
	T4			42,40 < D ≤ 60,54		3x1x35+35		3#35(35)	3#25(25)	16		100	50	50				300
	T5			60,55 < D ≤ 75,00		3x1x70+70		3#70(35)	3#50(35)	25		125	65	75				600

Fonte: Energisa, 2019a.

Com base na categoria de atendimento pode-se realizar o projeto da entrada da medição para aprovação na concessionária local. Neste caso, a carga se enquadra na categoria de instalação trifásica T1. No local onde se localiza o novo escritório, a rede de distribuição interna é subterrânea, logo o ramal de entrada deve ser subterrâneo, com cabo de PVC 70 °C de 10 mm<sup>2</sup> para três fases, neutro e terra e disjuntor termomagnético tipo DIN de 40 A; eletroduto de PVC rígido de 32 mm, haste de aterramento de 2,4 m e cabo de cobre nu de 6 mm<sup>2</sup>. As principais características do ramal de entrada da unidade consumidora podem ser observadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Dimensionamento do padrão entrada do empreendimento

Carga (kW)	Ramal de ligação Multiplex	Condutores	Disjuntor	Eletroduto
17,56	M3x1x10+10	3#10(10)6 mm <sup>2</sup> em PVC	40 A	32 mm em PVC rígido

Fonte: Energisa, 2019a.

Essas informações da Tabela 3 são anexadas no diagrama unifilar do projeto para aprovação da medição perante a concessionária, bem como garante a segurança e o dimensionamento correto dos elementos que compõem o padrão de entrada da energia.

### 3.4 ATIVIDADES DE CAMPO

Durante o período de estágio, foram realizados alguns acompanhamentos de obras, vistorias e levantamentos executadas pela empresa a fim do estagiário desenvolver habilidades de campo de um engenheiro.

#### 3.4.1 USINA FOTOVOLTAICA EM PILAR-PB

Uma das obras executadas pela empresa é a Usina Fotovoltaica na cidade de Pilar-PB. Durante a visita estava sendo realizada a construção dos muros da Usina (Figura 17) para garantir a segurança de animais e pessoas que circulam pela região.

O estagiário desenvolveu a habilidade de leitura de projetos elétricos e estruturais, bem como a gestão de pessoas que trabalhavam na obra na presença do supervisor. Durante a visita foi demarcada a localização da subestação de 1.000 kVA juntamente com a casa dos inversores para realização da execução, os quais podem ser observados na Figura 18.

Figura 17– Construção de Muro de Alvenaria em Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 18 – Marcação da casa dos inversores da Usina Fotovoltaica em Pilar-PB.



Fonte: Autor, 2022.

Essa obra foi acompanhada durante todo o período do estágio permitindo adquirir novas habilidades tais como: construção civil, montagem de subestação e montagem de usinas fotovoltaicas. Ao final do estágio a obra a casa dos inversores juntamente com a medição já estavam com a alvenaria concluída tendo como próximas etapas a montagem dos equipamentos elétricos de medição e proteção. A casa dos inversores pode ser observada na Figura 19.

Figura 19 – Suporte para os Módulos Fotovoltaicos.



Fonte: Autor, 2022.

Já em relação aos módulos fotovoltaicos os suportes de fixação já estavam fixados no terreno aguardando o transporte das placas para montagem e instalação. Esses suportes foram reforçados mecanicamente para garantir uma melhor fixação nos solos e evitar possíveis desníveis devido a ação de intemperes. Os suportes de fixação dos módulos podem ser vistos na Figura 20.

Figura 20 – Suporte para os Módulos Fotovoltaicos.



Fonte: Autor, 2022.

#### 3.4.2 LEVANTAMENTO PARA ADUTORA LESTE EM PATOS/PB

Durante o período de estágio, foi solicitado ao estagiário a visita a Adutora Leste que está sendo construída na cidade de Patos-PB e irá abastecer toda a região leste da cidade. Para isso foi necessário realizar um levantamento quais as estruturas de redes elétricas presentes na região para que fosse solicitada a derivação na rede urbana existente na região a fim de suprimir a necessidade da adutora.

Nesse levantamento, foi necessária a utilização do conteúdo visto em distribuição de energia elétrica, bem como proteção de sistemas elétricos, com o objetivo de identificar as estruturas presentes e solicitar a derivação da rede, as quais podem ser observadas na Figura 21.

Figura 21 – Levantamento da Adutora Leste em Patos-PB.



(a) Construção da Adutora



(b) Levantamento das Estruturas de Rede Existentes

Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 21a está a estrutura de rede N° 107265 no qual foi solicitado a derivação a concessionária para ampliação da rede, já na Figura 21b representa o esboço feito no levantamento em campo.

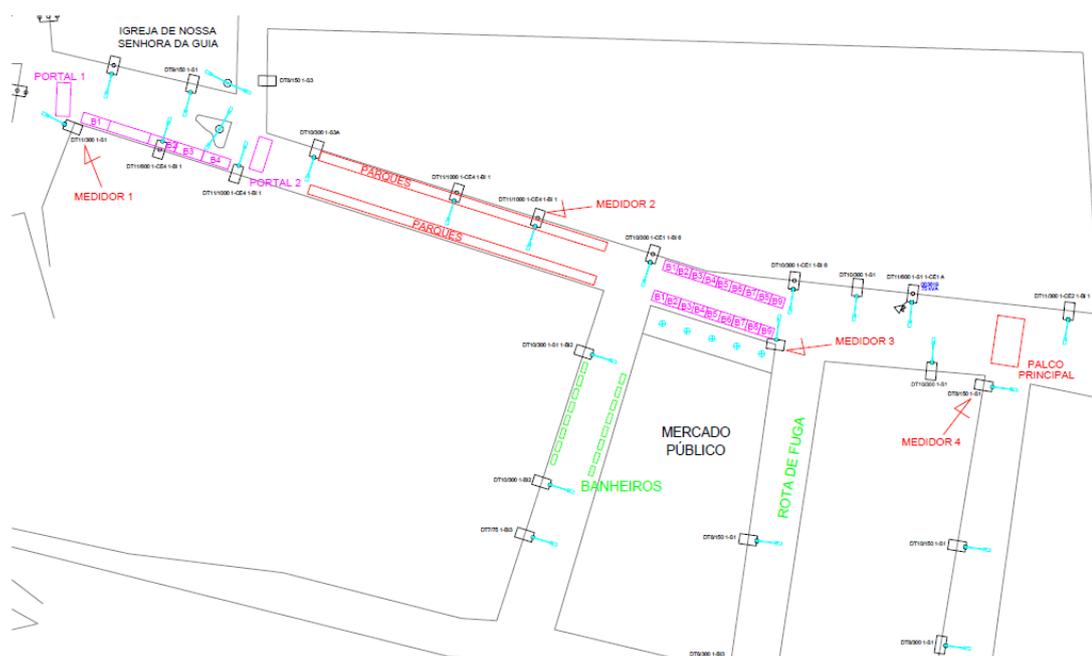
Esse levantamento foi essencial para que a empresa solicitasse ampliação da rede e conseguisse dimensionar o projeto elétrico da adutora com as informações colhidas em campo.

### 3.4.3 VISTORIA DA MEDIÇÃO PROVISÓRIA DO SÃO JOÃO DE QUEIMADAS-PB

Durante o período de estágio, foi realizada a vistoria da medição provisória durante festividades em espaços abertos ao público para realização do São João de Queimadas. O objetivo da instalação provisória era de suprir pontos comerciais e alimentícios inseridos durante o período da festividade. A vistoria foi realizada com a supervisão do engenheiro eletricitista sênior da empresa.

Para suprir as necessidades das festividades, os medidores foram posicionados em locais estratégicos. Dessa forma, os pontos comerciais conseguiram ter acesso a energia elétrica sem a necessidade de extensões, muito longas, que poderiam provocar quedas de tensão e comprometer o funcionamento dos equipamentos. O *layout* da distribuição dos medidores na região pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Localização dos Medidores Provisórios.



Fonte: Autor, 2022.

O dimensionamento dos quadros de medição e distribuição foi realizado pela equipe de engenharia seguindo a Tabela 17 da NDU-001 da Energisa, a qual pode ser observada na Tabela 4.

Tabela 4 – Dimensionamento do padrão de medição.

<b>Medidor</b>	<b>Número de Fases</b>	<b>Carga (kW)</b>	<b>Condutores</b>	<b>Disjuntor</b>	<b>Eletroduto</b>
<i>Medidor 1</i>	<i>1</i>	<i>5,02</i>	<i>6(6) mm<sup>2</sup> PVC</i>	<i>32 A</i>	<i>25 mm em PVC rígido</i>
<i>Medidor 2</i>	<i>1</i>	<i>5,02</i>	<i>6(6) mm<sup>2</sup> PVC</i>	<i>32 A</i>	<i>25 mm em PVC rígido</i>
<i>Medidor 3</i>	<i>3</i>	<i>18,08</i>	<i>3#10(10)6 em PVC</i>	<i>40 A</i>	<i>32 mm em PVC rígido</i>
<i>Medidor 4</i>	<i>1</i>	<i>5,02</i>	<i>6(6) mm<sup>2</sup> PVC</i>	<i>32 A</i>	<i>25 mm em PVC rígido</i>

Fonte: Autor, 2022.

Como observado na Tabela 4 o medidor 3 necessitou ser trifásico devido a carga instalada no local, na Figura 22 observa-se que na região do Medidor 3 há uma maior quantidade de barracas, portanto a demanda prevista excederia a capacidade de uma medição monofásica. As fotografias dos quadros de medição trifásico e monofásico podem ser observadas na Figura 23.

Figura 23 – Fotografia do Quadro de Medição Provisório.



(a) Quadro Monofásico

(b) Quadro Trifásico

Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 23 o padrão de medição é composto por:

- Caixa de Medição Padrão Energisa;
- Disjuntor de proteção da medição com base na Tabela 4;
- Eletroduto de PVC  $\frac{3}{4}$  com cabo de aterramento  $6 \text{ mm}^2$  formado em cobre nu.

A execução do padrão de medição estava adequada com os padrões elaborados no projeto, bem como com a NDU 001 da Energisa.

#### 3.4.4 VISTORIA DO BANCO DE CAPACITORES INDÚSTRIA SILVANA ASSA ABLOY

Durante o período de estágio, o estagiário pôde acompanhar o Engenheiro Sênior a uma vistoria no banco de capacitores da Indústria Silvana Assa Abloy. A empresa foi convocada para solucionar um problema de excesso de reativos na Subestação II (SUB-II) da indústria. O banco de capacitores pode ser observado na Figura 24.

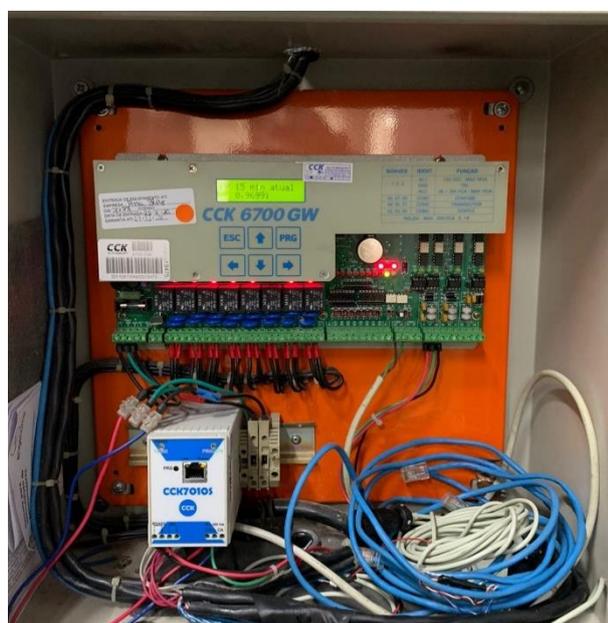
Figura 24 – Banco de Capacitores da SUB-II.



Fonte: Autor, 2022.

Ao chegar no local, o primeiro procedimento foi de verificar quais capacitores estavam em operação. Tendo em vista que a quantidade de capacitores acionados depende do fator de potência medido pela indústria e controlado por um controlador de fator de potência, o qual pode ser observado na Figura 25.

Figura 25 – Controlador de fator de potência.



Fonte: Autor, 2022.

O controlador de fator de potência tem por função programável acionar os contactores que estão interligados a montante com as células capacitivas, ou seja, o

número de células em operação depende a quantidade de reativos exigidas para manter o fator de potência a 0,92 (ANEEL,2000). Após verificar quais capacitores estavam em operação foram medidas as correntes de cada célula capacitiva em operação com o auxílio de um alicate amperímetro, o qual pode ser observado na Figura 26.

Figura 26 – Medição de Corrente em Células Capacitivas.



Fonte: Autor, 2022.

Durante o processo de medição, todos os disjuntores e contatores estavam em plena operação. Nesse sentido, caso o alicate amperímetro aferisse 0 A de corrente nas células capacitivas em operação pode-se constatar a queima das mesmas, bem como um disjuntor tripolar tipo DIN 63 A que quando acionado possuía tensões em seus terminais concluindo o não acionamento do mesmo. Portanto, foi solicitada a substituição de 9 células capacitivas e 1 disjuntor tipo DIN, os quais estão listadas na Tabela 5.

Tabela 5 – Substituição de Equipamentos na SUB-II

Item	Descrição	Quant.	Unid.
<b>Quadros de Banco de Capacitores</b>			
1	Disjuntor termomagnético tripolar DIN 63 A, 5 kA, 250 V Fab.: Siemens, Schneider ou similar	1	pç
2	Célula capacitiva trifásica 380 V / 5,0 kvar - Fab.: Siemens, Schneider ou WEG	1	pç
3	Célula capacitiva trifásica 380 V / 10 kvar - Fab.: Siemens, Schneider ou WEG	5	pç
4	Célula capacitiva trifásica 380 V / 25 kvar - Fab.: Siemens, Schneider ou WEG	3	pç

Fonte: Autor, 2022.

Realizar a substituição das células capacitivas é necessário para que a indústria não seja penalizada com multas devido ao excesso de reativos. Esse excesso além de gerar penalizações financeiras comprometem a durabilidade dos equipamentos devido a aquecimentos e quedas de tensão (NEOENERGIA, 2022).

As células capacitivas possuem valores diferentes, pois cada banco é direcionado a uma parte da indústria que possuem quantidades de equipamentos diferentes e acabam injetando reativos na rede, tais como os motores de indução.

#### 3.4.5 VISTORIA E TROCA DE MEDIDOR EM SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Após o processo de instalação e montagem dos sistemas fotovoltaicos, as últimas etapas são a vistoria e a substituição do medidor unidirecional pelo bidirecional, no qual é responsabilidade da concessionária local.

Durante o período de estágio, foi possível acompanhar algumas dessas vistorias tendo em vista que sempre que a empresa de distribuição de energia marcava a vistoria ela era acompanhada por algum funcionário da MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA.

Em uma das ocasiões o engenheiro eletricista júnior, acompanhado do estagiário, deslocou-se para cidade de Queimadas-PB para acompanhar o serviço no sítio Mumbuca localizado na zona rural da cidade. Esse acompanhamento é necessário para auxiliar no acesso aos parâmetros do inversor e, conseqüentemente, sanar dúvidas da equipe de vistoria.

No ato da inspeção são levados alguns critérios, os quais estão listados abaixo:

- Conformidade da execução com o projeto entregue na solicitação e com as normas da empresa distribuidora de energia;
- Modelo e Potência do inversor;
- Configurações de proteção do inversor;
- Teste de reconexão após desligamento por condição anormal da rede.

Para isso alguns parâmetros são adotados. Eles podem ser observados na Tabela 6.

Tabela 6 – Parâmetros de Proteção do Inversor

Item	Condição	Ação	Tempo de Atuação
Tensão mínima no ponto de conexão	$V < 0,8 \text{ pu}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Tensão máxima no ponto de conexão	$V > 1,1 \text{ pu}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Subfrequência	$f < 57,5 \text{ Hz}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Sobrefrequência	$f > 62 \text{ Hz}$	Desligar	$t \leq 0,2 \text{ s}$
Teste de ilhamento	Ilhamento	Desligar	$t \leq 2 \text{ s}$
Reconexão após desligamento por condição anormal da rede	$59,9 < f < 60,1 \text{ Hz}$ $0,8 < V < 1,1 \text{ pu}$	Ligar	$t > 180$

Fonte: ENERGISA, 2019c.

Esses parâmetros utilizados pela concessionária têm por objetivo garantir a qualidade da energia do sistema, tendo em vista que os inversores são equipamentos que convertem tensão contínua em senoidal por meio de elementos de eletrônica de potência (VITORINO, 2019).

Portanto, para garantir a qualidade da energia e estabilidade do sistema de distribuição, faz-se necessário parametrizar o inversor de acordo com a norma. Para isso é realizada a configuração do equipamento. No caso da fazenda Mumbuca foi utilizado um inversor da marca *Fronius* (Figura 26) configurado com os parâmetros de tensão e frequência indicados na Tabela 7.

Figura 27 – Fotografia do Inversor *Fronius* vistoriado.

Fonte: Autor, 2022.

O inversor vistoriado possui um *display* que permite a visualização dessas configurações, os quais podem ser observados na Figura 28.

Figura 28 – Parâmetros configurados exibidos no *display* do inversor.



Fonte: Autor, 2022.

Na Figura 28, pode-se observar que os limites de frequência máxima e mínima estão de acordo com a Tabela 6. Já no caso dos limites de tensão foram configurados de tal forma que se adequem aos valores mínimo e máximo. Nesse sentido, 1 pu corresponde a 220 V, 0,8 pu a 176 V e 1,1 pu a 242 V. Portanto, os parâmetros de tensão estão adequados com a Tabela 6.

Após a verificação das configurações no *display* é realizado o teste de reconexão onde é simulado uma falta por meio do desligamento do disjuntor geral do quadro solar e em seguida religado, durante esse processo a equipe de vistoria inicia um cronômetro, no qual o inversor só deve voltar a operação após 180 segundos.

Após a aprovação da vistoria, a última etapa antes de inserir a geração distribuída no sistema da rede de distribuição da concessionária é a troca do medidor unidirecional pelo bidirecional, no qual o processo de substituição do medidor pode ser observado na Figura 29.

Figura 29 – Processo de substituição do medidor.



Fonte: Autor, 2022.

Esse procedimento é necessário, pois o medidor unidirecional é projetado apenas para medir em um único sentido, ou seja, conectar a geração distribuída (GD) sem a troca do medidor ocasionaria uma falsa leitura, tendo em vista que a energia gerada pela GD seria interpretada como um consumo. Para medir tanto o consumo quanto a energia injetada na rede faz-se necessário a utilização de um medidor capaz de medir um fluxo bidirecional de potência.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante o exposto, o estágio faz parte da grade curricular e o cumprimento de sua carga horária é requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Ciências no domínio da Engenharia Elétrica na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Além disso, a disciplina de estágio mostrou-se uma ferramenta essencial para fornecer ao estudante, ainda durante o curso de graduação, experiências profissionais que propiciaram o desenvolvimento de habilidades para atuar no mercado de trabalho. Muitas dessas experiências só foram possíveis por meio do contato diário da rotina de um Engenheiro Eletricista com experiência em sua área.

Durante a realização do estágio, foi nítida a necessidade de compreender e entender os conceitos das disciplinas de graduação como: circuitos elétricos, instalações elétricas, sistemas elétricos, técnicas de medição, equipamento elétricos e proteção de sistemas elétricos.

As atividades desenvolvidas durante o período de estágio promoveram o contato direto com o dia a dia do engenheiro eletricista, possibilitando ao estagiário um desenvolvimento de novas habilidades exigidas do profissional do presente e futuro. Permitindo assim uma maior independência, confiança e experiência para entregar e executar projetos com maior qualidade e em um menor tempo.

Para o desenvolvimento dessas habilidades a empresa forneceu todas as ferramentas necessárias. O acompanhamento, orientação e apoio da equipe da empresa MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA para com o estagiário foi ímpar proporcionando assim o desenvolvimento de competências, tais como: elaboração de projetos elétricos e de geração distribuída com mais qualidade em menor tempo, acompanhar e supervisionar obras presentes no dia a dia do engenheiro, realizar levantamentos e vistorias em menor tempo e desenvolver competências profissionais exigidas do profissional do presente o do futuro.

Por fim, expressa-se à gratidão ao Ensino Público Brasileiro por meio da Universidade Federal de Campina Grande e a empresa MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA pela incrível oportunidade de atuação no mercado de trabalho, bem como a significativa contribuição para a formação e crescimento de um Engenheiro Eletricista.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações Elétricas de Baixa Tensão**, NBR 5410, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Cabos de Potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores**. NBR. 16612

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa N° 456**. ANEEL. 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa N° 428**. ANEEL. 2012.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 17 ed. Editora LTC, 2022, 392p.

ENERGISA. **Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras**. Norma de Distribuição Unificada (NDU). 001, 2019.

ENERGISA. **Critérios para Conexão de ACESSANTES de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição: Para Conexão em Baixa Tensão**. Norma de Distribuição Unificada (NDU). 013, 2022.

LEI N° 14.300/2022. **Intitui o marcol legal da microgeração e minigeração dostribuida**. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm#:~:text=LEI%20N%2014.300%2C%20DE%206%20DE%20JANEIRO%20DE%202022&text=Institui%20o%20marco%20legal%20da,1996%3B%20e%20dá%20outras%20providências](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm#:~:text=LEI%20N%2014.300%2C%20DE%206%20DE%20JANEIRO%20DE%202022&text=Institui%20o%20marco%20legal%20da,1996%3B%20e%20dá%20outras%20providências). Acesso em 14 ago 2022.

NEOENERGIA, **Energia Reativa**. Disponível em: <https://servicos.neoenergiacoelba.com.br/comercial-industrial/Pages/energia-reativa.aspx> . Acesso em 14 ago 2022.

SOARES, R. A. **Relatório de Estágio Supervisionado: MCS Projetos Elétricos e Engenharia LTDA**. Campina Grande, Paraíba, 2020.

VITORINO, Montiê Alves. **Eletrônica de Potência: Fundamentos, Conceitos e Aplicações**. 1 ed. Curitiba: Editora e Livraria Appris Ltda, 2019, 668p.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede**. 2 ed. Editora Sairava, 2015, 224p.