



Universidade Federal
de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

ÁLVARO BATISTA LIMA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO – SOLAR
NOBRE

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2022

RELATÓRIO DE ESTÁGIO SUPERVISIONADO – SOLAR NOBRE

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à Coordenação do Curso 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.

Trabalho aprovado em: 04 / 04 / 2022

Prof^o Eng^o Célio Anésio da Silva, D.Sc.
Orientador

Prof^o Eng^o Pablo Bezerra Vilar, D.Sc.
Convidado

Campina Grande, Paraíba.
Abril de 2022

Dedico este trabalho aos meus pais e meu irmão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus, por ter me dado coragem e resiliência para enfrentar os problemas da vida sem desistir. E aos meus pais, por me incentivarem e apoiarem em todos os momentos desta trajetória, me apoiando tanto nas derrotas quanto nas vitórias, muitas vezes abrindo mão dos seus próprios sonhos e aspirações para me oferecer o seu suporte incondicional.

Também gostaria de agradecer a todos meus colegas que me acompanharam nessa jornada, acrescentando conhecimento e experiências. E aos professores e funcionários da UFCG, peças fundamentais na solidificação do meu conhecimento e desenvolvimento como pessoa e engenheiro.

“Ideias e somente ideias podem iluminar a escuridão.”

Ludwig von Mises

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo descrever as principais atividades realizadas durante o estágio supervisionado do aluno Álvaro Batista Lima, concluinte do curso de engenharia elétrica realizado na empresa Solar Nobre, localizada na cidade de Campina Grande, estado Paraíba. Durante o estágio foram executadas várias atividades tais como: desenvolvimento e vistoria de projetos fotovoltaicos, desenvolvimento de projetos elétricos, acompanhamento de obras, manutenção de circuito elétricos, pesquisas e estudos de licitações, entre outras. O estágio foi realizado entre os dias 12/11/2021 e 21/03/2022, totalizando 340 horas de atividades executadas sob a supervisão do engenheiro eletricista Eduardo Silva Fernandes e orientação do professor e também engenheiro eletricista, Célio Anésio.

Palavras-chave: Projetos de instalações elétricas, Energia solar, instalação fotovoltaica.

ABSTRACT

This paper aims to describe the activities performed during the supervised internship of the electrical engineering course in Solar Nobre Company, located in Campina Grande, Paraíba. During the internship several activities were performed such as: development and inspection of photovoltaic projects, development of electrical projects, construction monitoring, electrical circuit maintenance, research and bidding studies, among others. The internship was carried out between 11/12/2021 and 03/21/2022, totaling 340h of activities executed under the supervision of the electrical engineer Eduardo Silva Fernandes and the orientation of the professor and also electrical engineer, Célio Anésio.

Keywords: Solar energy, electrical projects, photovoltaic installation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - SOLAR NOBRE.....	16
Figura 2 - INTERIOR SOLAR NOBRE	18
Figura 3 - SISTEMA CONECTADO À REDE.....	20
Figura 4 - SISTEMA ISOLADO (CARGAS EM CC OU CA).....	20
Figura 5 - SISTEMA HÍBRIDO.....	21
Figura 6 - MEMORIAL TÉCNICO: CADASTRO	26
Figura 7 - MEMORIAL TÉCNICO: GERAÇÃO.....	27
Figura 8 - FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO.....	28
Figura 9 - Detalhe do ponto de acesso, medição e aterramento	30
Figura 10 - DETALHES DA PLACA DE ADVERTENCIA, MEDIDOR E ATERRAMENTO	31
Figura 11 - Vista superior.....	31
Figura 12 - LIGAÇÃO DO INVERSOR AO MEDIDOR.....	32
Figura 13 - Vista frontal	32
Figura 14 - AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO DO INVERSOR.....	34
Figura 15 - INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS	34
Figura 16 - Instalação DO CIRCUITO DE PROTEÇÃO DO INVERSOR.....	35
Figura 17 - VISTORIA DA OBRA E INSTALAÇÃO DO INVERSOR.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - EFICIÊNCIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.	19
Tabela 2 - Especificações modulo jinko solar.....	29
Tabela 3 - Especificações inversor growatt	29
Tabela 4 - RESPOSTA SEGUNDO ÀS CONDIÇÕES NORMAIS DE TENSÃO.	33
Tabela 5 - parâmetros de proteção do inversor.	33

LISTA DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO 1 - Dimensionamento do sistema.....	24
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CIGS	Célula de disseleneto de cobre índio e gálio
CdTE	Célula de telureto de cádmio
CC	Corrente Contínua
CA	Corrente Alternada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
UC	Unidade Consumidora
NBR	Norma Brasileira
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NDU	Norma de Distribuição Unificada
CPF	Cadastro de Pessoas Físicas
RG	Registro Geral
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
kWp	Quilowatt pico
V_{nom}	Tensão nominal
kWh	Quilowatt hora
kW	Quilowatt
UFMG	Universidade Federal de Campina Grande
EPI	Equipamento de proteção individual
V_{oc}	Tensão de circuito aberto
I_{sc}	Corrente de curto-circuito
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos
A	Amperes
V	Volts
W	Watt
Mm ²	Milímetro quadrado
QGBT	Quadro geral de baixa tensão
M	Metro
S	Segundo
Hz	Hertz

MPPT	Maximum Power Point Tracking
Vac	Tensão alternada
Vcc	Tensão contínua
ART	Anotação de responsabilidade técnica

SUMÁRIO

1	Introdução	15
1.1	Objetivos	15
1.2	Estrutura do Trabalho	15
2	Solar Nobre	16
3	Fundamentação Teórica	18
3.1	Energia Fotovoltaica	18
3.2	Sistemas Fotovoltaicos	19
3.3	Normas e Regulamentações	21
4	Atividades Desenvolvidas	24
4.1	Projeto Fotovoltaico	24
4.2	Acompanhamento de Obras	33
5	Considerações Finais	36
	Referências	37

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo descrever as minhas experiências como estagiário obtidas durante o estágio supervisionado do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, o qual foi desenvolvido na empresa Solar Nobre, localizada na cidade de Campina Grande, estado da Paraíba.

As atividades desenvolvidas durante o estágio são majoritariamente relacionadas à elaboração de projetos e execução de sistemas de energia solar fotovoltaica, tais como o desenvolvimento e vistoria de projetos fotovoltaicos, desenvolvimento de projetos elétricos em geral, pesquisas e estudos de licitações referentes a projetos fotovoltaicos e elétricos em geral. As atividades foram desenvolvidas sob a supervisão do engenheiro eletricitista Eduardo Silva Fernandes, tendo como base as resoluções e normas técnicas da Energisa Borborema e Energisa Paraíba.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é apresentar as experiências como estagiário na empresa Solar Nobre, necessário para conclusão do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, com duração total de 300 horas. Dentre as atividades desenvolvidas pode-se listar:

- Desenvolvimento e vistoria de projetos fotovoltaicos;
- Desenvolvimento de projetos elétricos;
- Preenchimento de documentos técnicos.
- Acompanhamento de obras.

1.2 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho será dividido em seções para melhor divisão e separação dos temas mostrados, facilitando o entendimento através de uma ordem cronológica de fatos, os quais serão divididos da seguinte forma:

- Seção 1: Introdução.
- Seção 2: Solar Nobre.

- Seção 3: Fundamentação Teórica.
- Seção 4: Atividades desenvolvidas.
- Seção 5: Conclusão.
- Seção 6: Referências.

2 SOLAR NOBRE

A Solar Nobre é uma empresa que atua na prestação de serviços elétricos, tanto para pessoas físicas quanto jurídica, em todo Nordeste. Foi idealizada e fundada por Eduardo Silva Fernandes, o qual ocupa o posto de engenheiro responsável e dono da empresa. Sua sede está localizada em Campina Grande – Paraíba, Rua Dom Pedro II, 250 - LOJA 4 – Centro. Na Figura 1 é apresentada a faixada da empresa Solar Nobre.

FIGURA 1 - SOLAR NOBRE



FONTE: GOOGLE MAPS (2021).

A área de expertise da Solar Nobre se mostra na implantação de energias renováveis, mais especificamente em energia solar, tendo uma vasta gama de projetos fotovoltaicos implantados e em curso de implantação, tanto para pessoas físicas quando pessoa jurídica.

A empresa possui uma gama de soluções em energia solar, que vão de soluções residenciais à agronegócio e agropecuária, o qual procura-se unir automação com soluções renováveis, oferecendo assim um serviço com diferencial e qualidade aos seus clientes.

Além de soluções fotovoltaicas, a empresa atua no ramo de projetos, oferecendo serviços com projetos elétricos diversos, tais como: implantação de subestação aérea, alteração de demanda, projetos elétricos residenciais e/ou industriais, entre outros. Atuando não apenas como projetista, mas também executando e supervisionando a obra solicitada.

Ainda nas suas competências, a Solar Nobre oferece serviços elétricos gerais, atuando na substituição, manutenção e instalação de circuitos elétricos, de iluminação, equipamentos, troca de componentes e oferecendo consultoria e treinamento para empresas que atuam ou desejam atuar no setor.

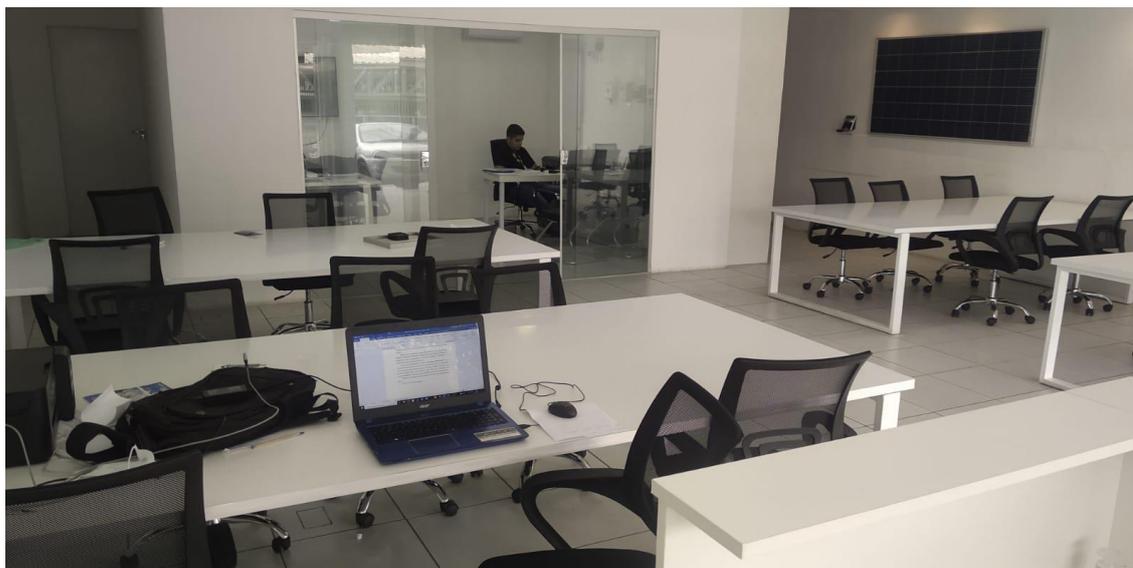
Atuar no setor de licitações não é simples, a dificuldade jurídica juntamente com a complexa burocracia torna este ramo menos disputado, mas de maior complexidade, visto que apenas grandes empresas dispõem de recursos e competência para atender a demanda de órgãos públicos. Neste quesito a Solar Nobre vem se destacando pela constante participação e vitória nos processos licitatórios da cidade de Campina Grande.

Na figura 2 é apresentada o interior da empresa, composto por 2 áreas:

- Área conjunta: com mesas e cadeiras, reservada os funcionários, estagiários e público em geral.
- Escritório: sala ocupada pelo dono/engenheiro responsável pela empresa e pelo advogado responsável. Também usada para reuniões com clientes.

A empresa Solar Nobre possui um quadro fixo de funcionários, compostos pelo dono e Engenheiro Eletricista responsável, Eduardo Silva Fernandes, um advogado para questões legais, e mais 3 funcionários de nível técnico. Também possuem um quadro de estagiários que são renovados a cada 6 meses, correspondente a um período completo.

FIGURA 2 - INTERIOR SOLAR NOBRE



FONTE: PRÓPRIO AUTOR.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sol é uma fonte gigante e ininterrupta de energia à Terra, emitindo constantemente energia equivalente à 10 bilhões de Itaipus (Stensmann, 2002). Apenas uma fração deste potencial começou a ser aproveitado com a possibilidade de se obter energia elétrica a partir da radiação solar.

A conversão de energia luminosa em elétrica é conhecido como efeito fotovoltaico, sendo observado pela primeira vez em 1839 por Alexandre Edmond Becquerel, que consiste na criação de uma tensão ou corrente elétrica em um material semicondutor após sua exposição à luz (Vallêra; Brito, 2006).

3.1 ENERGIA FOTOVOLTAICA

Os dispositivos capazes de converter a energia solar em fotovoltaica são chamados de módulos fotovoltaicos. Estes módulos são dispositivos que se utilizam do efeito fotovoltaico para gerar energia elétrica, e são comumente compostos por células fotovoltaicas.

As células fotovoltaicas convertem a radiação solar em energia elétrica com certa eficiência, devido a fatores como tipo do material, recombinação de elétrons, sombreamento, reflexão dos contatos frontais e resistência em série são responsáveis por reduzir a eficiência das células. Entretanto, a eficiência da célula individual difere da eficiência do módulo fotovoltaico, composto por várias células fotovoltaicas.

As células fotovoltaicas mais comumente comercializadas no mercado e sua eficiência são mostrados na tabela 1.

TABELA 1 - EFICIÊNCIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.

Tipo da Célula	Eficiência Máxima Teórica	Eficiência em Laboratório	Eficiência em Campo
Silício Monocristalino	24,7%	18%	14%
Silício Policristalino	19,8%	15%	13%
Silício Amorfo	15%	10,5%	7,5%
CIGS	18,8%	14%	10%
CdTe	16,4%	10%	9%

FONTE: Portal Solar (2022).

Com o aumento das tecnologias e pesquisas envolvendo energia solar, a tendência é que a eficiência das células fotovoltaicas possa aumentar cada vez mais no futuro (Honeywell, 2021), empresa do setor de energia.

3.2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

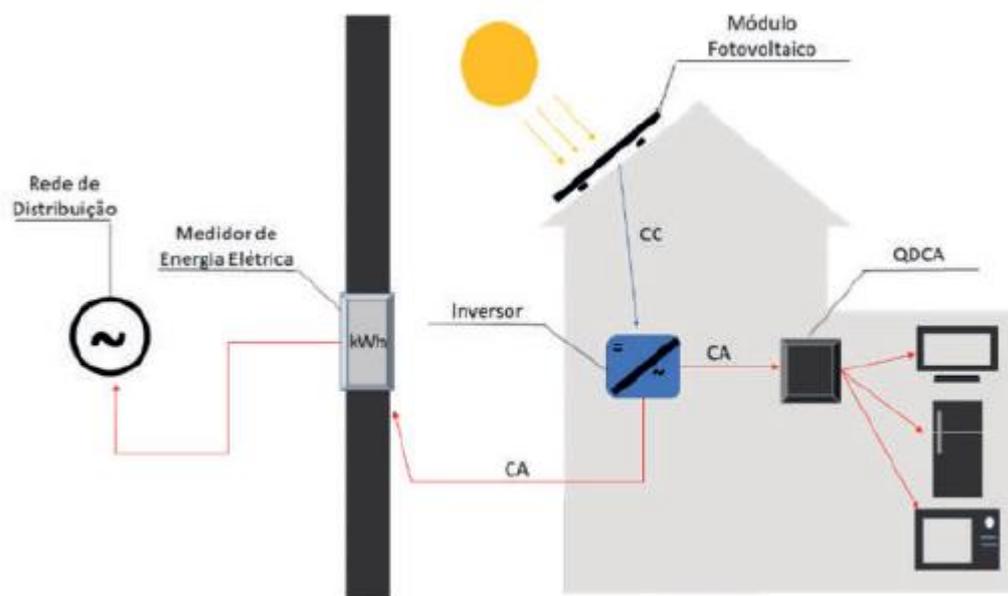
Sistemas fotovoltaicos são conjuntos de equipamentos que juntos convertem a energia luminosa do sol em energia elétrica. Segundo Ayrão (2019) os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados em 3 tipos:

- *On-grid*;
- *Off-grid*;
- Híbridos.

Os sistemas *on-grid* são conectados à rede, ou seja, quando a geração for maior que o consumo, a parcela que não está sendo consumida é transferida para a rede de distribuição. Quando o consumo for maior do que a geração, a rede de distribuição

fornecerá a parcela que não está sendo gerada. Na figura 3 encontra-se um exemplo de sistema fotovoltaico *on-grid*.

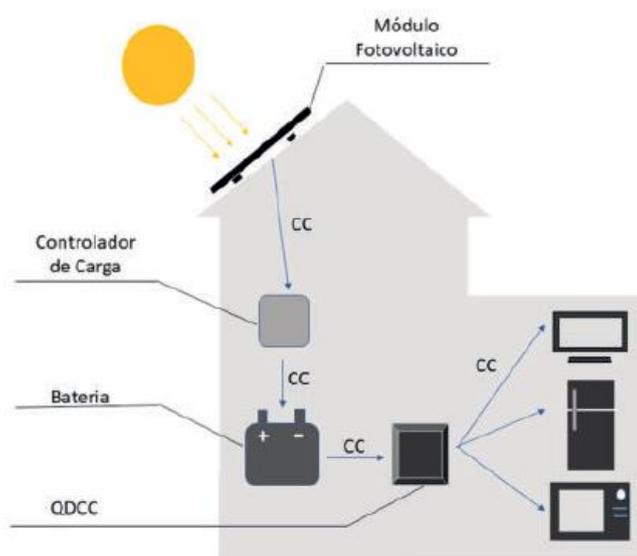
FIGURA 3 - SISTEMA CONECTADO À REDE.



FONTE: VINICIUS AYRÃO (2019), P.19.

Para os sistemas *off-grid*, a geração ocorre e é consumida no local, com seu excedente sendo armazenado em baterias, pois não há conexão com a rede de distribuição. Na figura 4 é mostrado um exemplo de sistema *off-grid*.

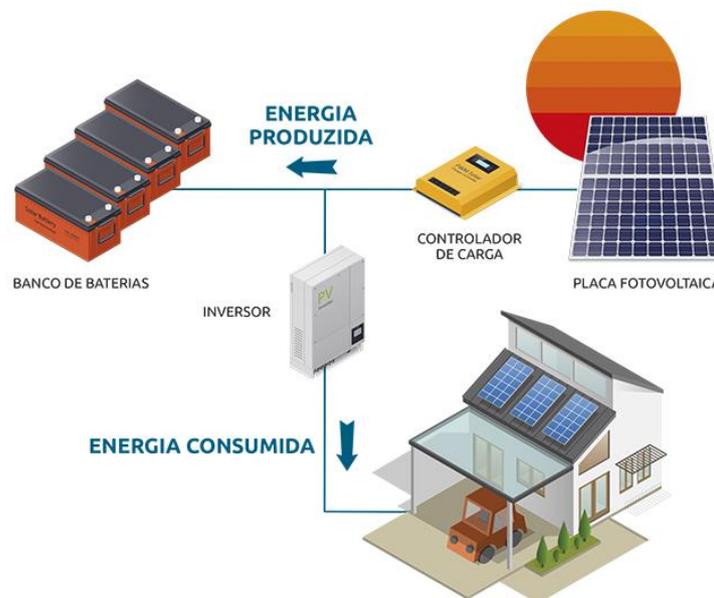
FIGURA 4 - SISTEMA ISOLADO (CARGAS EM CC OU CA).



FONTE: VINICIUS AYRÃO (2019), P.18.

Ainda segundo Ayrão (2019), o sistema híbrido é uma junção dos sistemas *off-grid* com o *on-grid*. Este tipo de sistema é conectado à rede de distribuição, mas possui baterias para armazenar o excedente de energia gerada pelo sistema. Na figura 5 é exemplificado os equipamentos que compõe um sistema híbrido bem como sua ligação.

FIGURA 5 - SISTEMA HÍBRIDO.



FONTE: ENERGIA INTELIGENTE (2021)

Os sistemas híbridos e *off-grid* não são tão difundidos quanto o *on-grid* devido limitações das baterias, tais como: eficiência, preço, ciclo de recarga, entre outros. A tecnologia atual das baterias, apesar dos avanços dos últimos anos promovidos principalmente pela Tesla, ainda possui problemas que tornam os sistemas *off-grid* e *híbrido* menos atrativo financeiramente do que o *on-grid*, entretanto, com os avanços tecnológicos que vem ocorrendo, principalmente na área de armazenamento de energia ligado à geração solar, espera-se que num futuro próximo as tecnologias de armazenamento evoluam tornando assim viáveis sistemas que utilizam baterias (Honeywell, 2021).

3.3 NORMAS E REGULAMENTAÇÕES

As normas que regularizam e garantem a segurança das instalações fotovoltaicas são definidas pela NBR 16690 - Instalações Elétricas e de arranjos fotovoltaicos, NBR 5410 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão e pela resolução normativa 687/2015, que

definem todos os procedimentos e padrões que devem ser adotadas tanto no projeto de instalação fotovoltaico bem como na execução do projeto. Além disso, ainda são usadas outras normas como: NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade; NR 35 – Trabalho em Altura.

A validação dos procedimentos instruídos na NBR 16690 é garantida pela Associação Brasileira de Normas e Técnicas (ABNT), uma organização sem fins lucrativos responsável pela padronização técnica no Brasil, esta instituição privada visa unicamente o desenvolvimento tecnológico brasileiro, bem como a normalização de regras, medidas, processos, etc., que são observados e seguidos por diversos setores, empresas e profissionais autônomos no Brasil.

O processo de elaboração de um projeto fotovoltaico une elementos das normas NBR 5410 e NBR 16690, sendo necessário a leitura e consulta, mesmo que parcial, de tais normas. Alguns pontos podem-se ser citados como tópicos necessários, sendo alguns deles já estudados durante a graduação, em disciplinas como instalações elétricas:

- Seccionamento do sistema (NBR 5410).
- Dimensionamento dos disjuntores (NBR 5410).
- Dimensionamento dos condutores (NBR 5410).
- Circuito de proteção CA/CC (NBR 5410).
- Padronização de arranjos fotovoltaicos (NBR 16690).

Quanto a instalação do sistema, as normas NR 10 e NR 35 regem os procedimentos que devem ser tomados tanto na execução da obra, como em vistorias e acompanhamentos. Tais procedimentos envolvem medidas de proteção tanto coletiva quanto individual, como por exemplo a utilização de EPIs como: luvas, botas, coletes, capacetes, entre outros. Todos os funcionários fixos da empresa possuem certificado NR 10 e NR 35 para atuarem como instaladores fotovoltaicos. Entretanto, os estagiários não possuem tais certificações disponíveis via curso dentro da empresa, os acompanhamentos de obras e vistorias são feitos com a utilização de EPIs e a supervisão de um funcionário capacitado, seguindo todos os protocolos de segurança recomendados.

Além das normas e resoluções anteriormente mostradas, no Estado da Paraíba, onde as concessionárias atuantes são a Energisa Paraíba e Energisa Borborema, há normas definidas pelas concessionárias de como se devem ser procedidos os projetos e instalações de projetos fotovoltaicos. Estas normas são conhecidas como Normas de Distribuição Unificadas (NDU).

Dentro das competências do estágio, as normas demandadas pela Energisa Borborema para elaboração e aprovação dos projetos de geração fotovoltaica são definidas pela NDU001 e NDU013, onde:

- NDU001: responsável pelos requisitos e diretrizes que os projetos e execuções devem seguir para cargas de baixa tensão com consumo inferior a 75 kW.
- NDU013: responsável pelos padrões e diretrizes para projetos e instalações de energias renováveis em baixa tensão, observando as normas de segurança recomendadas pela ABNT.

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Nesta seção serão apresentados os resultados das atividades exercidas durante o estágio, tais como: desenvolvimento e vistoria de projetos fotovoltaicos e elétricos, bem como pesquisas e estudos de licitações.

Nesta seção será exposto apenas um dos projetos desenvolvidos, para fim de exemplificar as atividades e otimizar esforços.

4.1 PROJETO FOTOVOLTAICO

Foram desenvolvidos 7 projetos de geração fotovoltaica do tipo *on-grid* sob a supervisão e instrução do engenheiro eletricista Eduardo Silva Fernandes. Os projetos variaram entre monofásicos e trifásicos.

As propostas bem como a captação do cliente são feitas pelo engenheiro responsável, Eduardo Silva Fernandes, entretanto, o passo a passo é acompanhado de perto pelos estagiários, e sendo exemplificado a seguir através de um projeto de 3,71 kWp de potência.

É feita uma análise da média anual de consumo do cliente, através da análise das faturas de energia. Em seguida calcula-se qual a potência pico do sistema de geração adequado para suprir o consumo mensal calculado. Segundo Vilela (2021), tal dimensionamento pode ser obtido pela equação abaixo:

EQUAÇÃO 1 - DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

$$P = \frac{C_m}{I_m \times \eta}$$

Sendo:

P = Potência do sistema em quilowatt pico (kWp).

C_m = Média de consumo diário em quilowatt hora (kWh).

I_m = Média de irradiação solar diária.

η = Rendimento do sistema.

Após determinado a potência pico necessária, o orçamento pode ser feito por qualquer empresa revendedora de kits de energia solar, através de seu site, tais como Aldo Solar, Ecori Energia Solar, entre outras. Após isso é montada a proposta ao qual é

apresentada para o cliente, já com todos os custos e comissões adicionadas, restando apenas ao cliente decidir pela aceitação da proposta ou não.

Após a aprovação da proposta, são recolhidos documentos do cliente que são necessários para preenchimento dos formulários técnicos da concessionária, são eles:

- Fatura de Energia;
- CPF;
- RG.

Em seguida dá-se início ao procedimento de preenchimento do formulário de acesso à concessionária e do memorial técnico. Ambos os documentos são necessários para dar entrada ao processo de solicitação de geração distribuída.

O memorial técnico é um documento descrevendo todos os detalhes técnicos do sistema de geração distribuída a ser implantado, tais como:

- Informações do sistema de geração distribuída;
- Informações da UC e do proprietário;
- Tipo do ramal de entrada;
- Tipo de conexão;
- Dimensionamento do padrão de entrada;
- Configuração das proteções.

Nas figuras 6 e 7 encontram-se as páginas de cadastro e informações de geração, que compõe o memorial técnico.

FIGURA 6 - MEMORIAL TÉCNICO: CADASTRO

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA (GD) SOLAR			
Tipo de Projeto		Microgeração (potência inferior ou igual a 75kW)	Previsão de Atendimento: Janeiro 2022
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 nº da UC 4/317513-0	
Normas e Padrões Técnicos e Resoluções Relacionadas:		NDU 013, NDU 001, Resolução 482, NDU 015, Prodist 3.7	
DADOS DO PROPRIETÁRIO			
NOME:			
PESSOA:	FÍSICA	CPF:	RG/EMISSOR:
ENDEREÇO:		Nº:	S/N COMP.:
BAIRRO:		CIDADE:	CAMPINA GRANDE UF: PB
EMAIL:			
TELEFONE-01:	(83) 9 9946-0497	02:	03:
DADOS DA OBRA			
EDIFICAÇÃO:			
ENDEREÇO:		Nº:	S/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	3,71 kWp
Potencia previamente instalada da UC:	5 kW	Tipo do Ramal de Entrada	Aéreo
Tipo de conexão	Monofásico	Classe de Atendimento	Residencial
Tensão de conexão	220/380V		
Dimensionamento do Pádro de Entrada	Condutores: cabo de cobre isolado de 1kV PVC 3R6(6). Aterramento: cabo de cobre de 6 mm ² . Disjuntor Termomagnético de 40 A. Eletroduto: 32 mm PVC rígido		
DESCREVER ABAIXO TODAS AS UC'S QUE IRÃO PARTICIPAR DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO:			
Nº UC	% de Compensação	Nº UC	% de Compensação
DADOS DO RESP. TÉCNICO			
NOME:			
REG. PROFISSIONAL:		ORGÃO:	CREA CPF:
EMAIL:			
TELEFONE-01:		02:	03:
PARECER ENERGISA:			
ESPAÇO PARA INSERIR LOGOTIPO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO			

FONTE: ENERGISA.

FIGURA 7 - MEMORIAL TÉCNICO: GERAÇÃO.

MEMORIAL TÉCNICO PARA PROJETO ELÉTRICO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA (GD) SOLAR			
Informações Das Placas			
<i>Fabricante dos Módulos</i>	JINKO	<i>Modelo dos Módulos</i>	JKM530M-72HL4-TV (INMETRO 005877/2021)
<i>Potência Individual dos Módulos (Wp):</i>	530	<i>Quantidade de Módulos</i>	7
<i>Potencia Total da Geração (kWp)</i>	3,71	<i>Área Total dos Arranjos (m²)</i>	14
<i>Localização da instalação das placas:</i>	Fibrocimento		
Informações Dos Inversores			
<i>Fabricante do Inversor</i>	Growatt	<i>Modelos dos Inversores</i>	MIC 3000TL-X
<i>Potencia Individual dos Inversores (kW):</i>	4,2	<i>Quantidade de Inversores</i>	1
<i>Potencia Total dos Inversores(kW):</i>	4,2	<i>Localização dos Inversores:</i>	Ao lado do QDG
<i>Altura do Inversor - Do topo do visor até o piso acabado</i>	1,5	<i>Certificações:</i>	()
<i>Dimensionamento dos equipamentos de proteções</i>	Condutores: CC: #6mm ² isolamento HEPR/XLPE; CA: 4(4)4mm ² isolamento HEPR/XLPE; Disjuntor CA: termomagnético de 25A bipolar. DPS: CA: 275 VCA - 40kA; CC: 1040 VCC 40kA. Aterramento: 1 haste de terra cobreada de 2,4m x 5/8". Para conexão com a haste/cabo será usado conector grampo GTDU revestido com massa calafeta.		
Ajustes Recomendados das Proteções - Parametrização do Inversor			
<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	
NOTAS:			
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, em anexo à Norma Técnica 013.			
4. Para o 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>			
PARECER ENERGISA:			
ESPAÇO PARA INSERIR LOGOTIPO DA EMPRESA RESPONSÁVEL PELA ELABORAÇÃO DO PROJETO			

FONTES: ENERGISA

Com o memorial técnico concluído, prossegue-se agora com o preenchimento do formulário de solicitação junto a concessionária, no caso a Energisa Borborema. O formulário de solicitação de acesso possui informações como:

- Informações da UC;
- Documentos que devem ser anexados e enviados;
- Informações da geração;

- Informações do solicitante.

Na figura 8 é mostrado o formulário de solicitação de acesso junto a concessionária.

FIGURA 8 - FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO.

SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW						
1. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Código da UC:			Classe:	RESIDENCIAL		
Titular da UC:						
Logradouro:						
N°:	Bairro:			Cidade:	CAMPINA GRANDE	
E-mail:				UF:	PB	CEP:
Telefone:				Celular:		
CNPJ/CPF:						
2. DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC						
Potência Instalada (kW):	5 kW		Tensão de Atendimento:	220V		
Tipo de Conexão:	Monofásica	<input checked="" type="checkbox"/>	Bifásica	<input type="checkbox"/>	Trifásica	<input type="checkbox"/>
Tipo de Ramal:	Aéreo		<input checked="" type="checkbox"/>	Subterrâneo		<input type="checkbox"/>
3. DADOS DA GERAÇÃO						
Potência Instalada de Geração (kWp):	3,71					
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: www.aneel.gov.br/scg					
<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. 2° da Resolução Normativa n° 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:	Assinatura do Responsável					

FONTE: ENERGISA

Após o preenchimento do formulário de acesso, prossegue-se para a elaboração do layout da prancha, que contém informações cruciais que devem ser enviadas à concessionária com base nas normas ABNT NBR 5410, ABNT NBR 16690, NDU001 e NDU013. O layout da prancha abrange desenhos como: vista frontal e superior do imóvel a ser instalado o sistema de geração distribuída, diagrama unifilar do sistema de geração,

padrão de aterramento usado na instalação, dispositivos de proteção contra surtos CA e CC, entre outros.

Foram utilizados 7 módulos na instalação, do fabricante Jinko Solar, modelo JKM530-72HL4-TV, com certificação do inmetro 005877/2021, as especificações do modulo estão detalhados na tabela 2:

TABELA 2 - ESPECIFICAÇÕES MODULO JINKO SOLAR

Especificação	Valor
Potência Máxima	530 W
Tensão e circuito aberto (V_{oc})	49,35 V
Corrente de curto circuito (I_{sc})	13,71 A

FONTE: DATASHEET TIGER PRO 72HC-TV

O inversor utilizado foi o modelo MIC3000TL-X, da fabricante Growatt, com registro inmetro 002823/2020. Suas especificações estão expostas na tabela 3:

TABELA 3 - ESPECIFICAÇÕES INVERSOR GROWATT

Parâmetros de entrada (CC)	
Potência máxima	4200 W
Máxima tensão CC	550 V
Faixa de tensão MPPT	65~550 V
Quantidade de MPPT	1
Corrente máxima de entrada	13 A
Parâmetros de saída (CA)	
Potência nominal de saída	3000 W
Tensão nominal de saída	180 Vac ~ 280 Vac
Corrente máxima de saída	14,3 A
Frequência de saída	50~60Hz (± 5 Hz)

FONTE: DATASHEET INVERSOR MIC3000TL-X

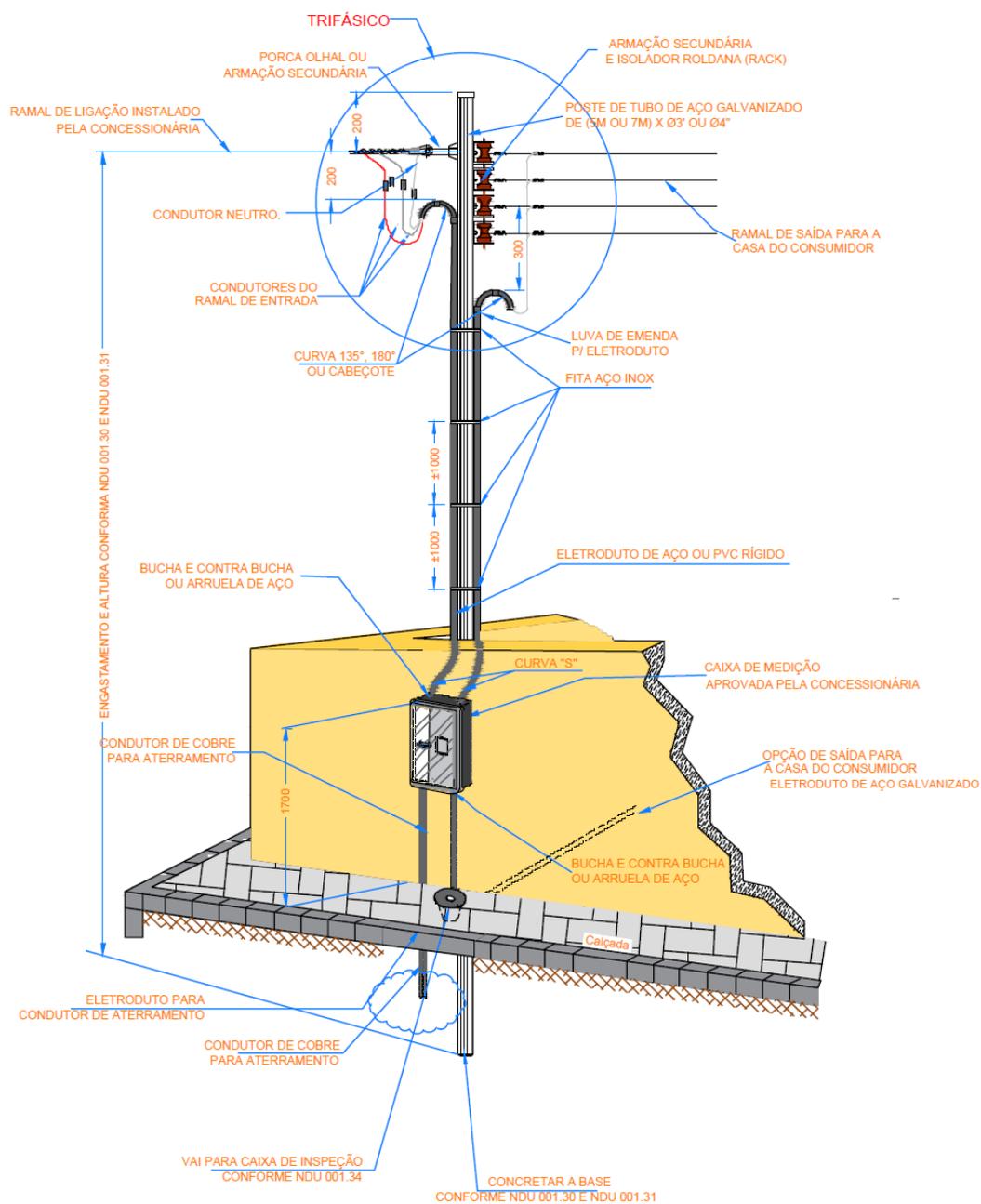
Ainda foram utilizados dois dispositivos de proteção CA, DPS, com tensão máxima de operação de 275 Vac e capacidade máxima de descarga de 40kA. Para a proteção CC, foram utilizados dois disjuntores, um deles Bipolar de 25A localizado no quadro de proteção CA, e o outro monopolar de 32A localizado no QGBT.

Em respeito aos condutores, foram utilizados condutores de 4mm² com isolamento HEPR/XLPE em todo circuito, com exceção da conexão com o padrão de entrada e QGBT, que possui condutores de 10mm² e 6mm², respectivamente.

Conforme mostrado no Anexo – Layout da Prancha, que possui informações do circuito, tais como: detalhes do ponto de acesso, aterramento, circuito unifilar, vistas frontais e superior, assinaturas do engenheiro responsável e do cliente, número da ART, entre outros.

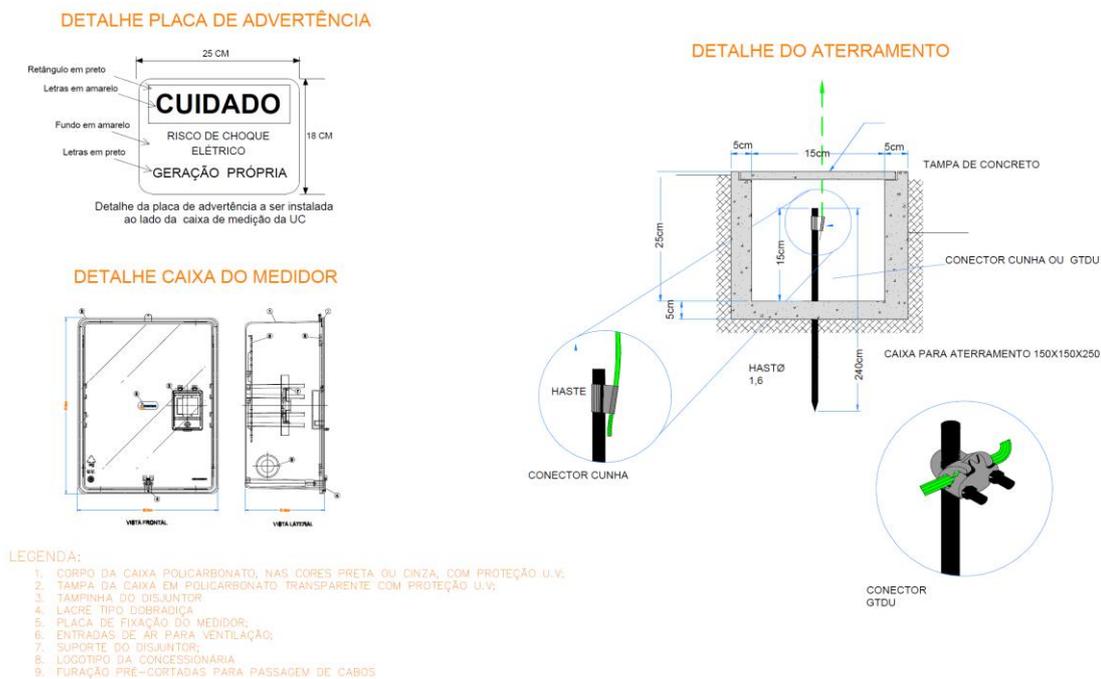
A figura 9 mostra os detalhes do ponto de acesso, medição e aterramento também presentes no layout.

FIGURA 9 - DETALHE DO PONTO DE ACESSO, MEDIÇÃO E ATERRAMENTO



A figura 10 mostra detalhes da placa de advertência, do aterramento e da caixa do medidor que deve ser instalada.

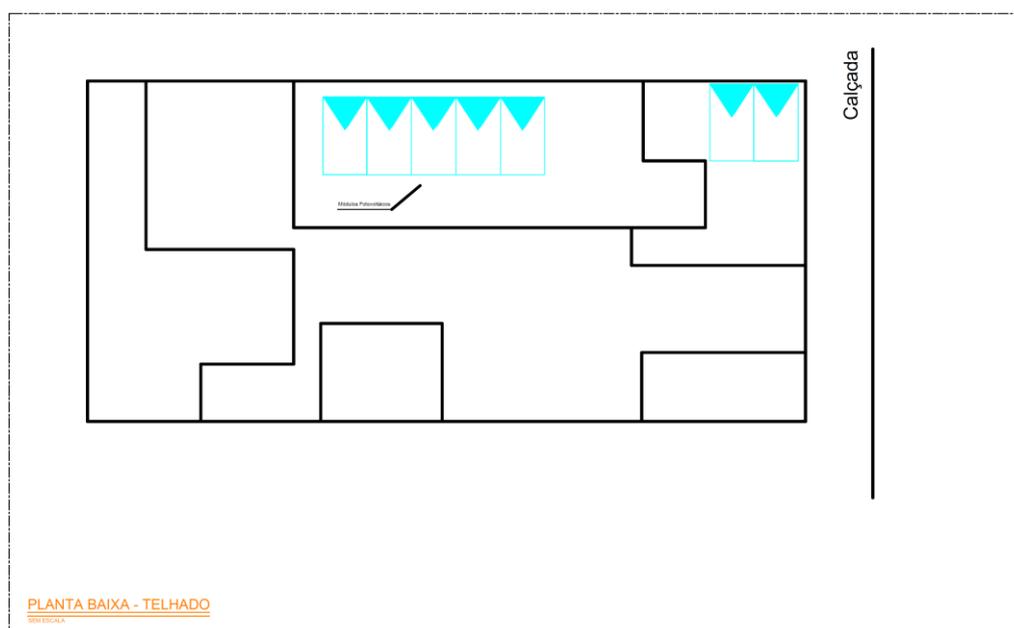
FIGURA 10 - DETALHES DA PLACA DE ADVERTENCIA, MEDIDOR E ATERRAMENTO



FONTE: ENERGISA

Na figura 11 tem-se a vista superior da casa, mostrando-se como as placas fotovoltaicas serão instaladas.

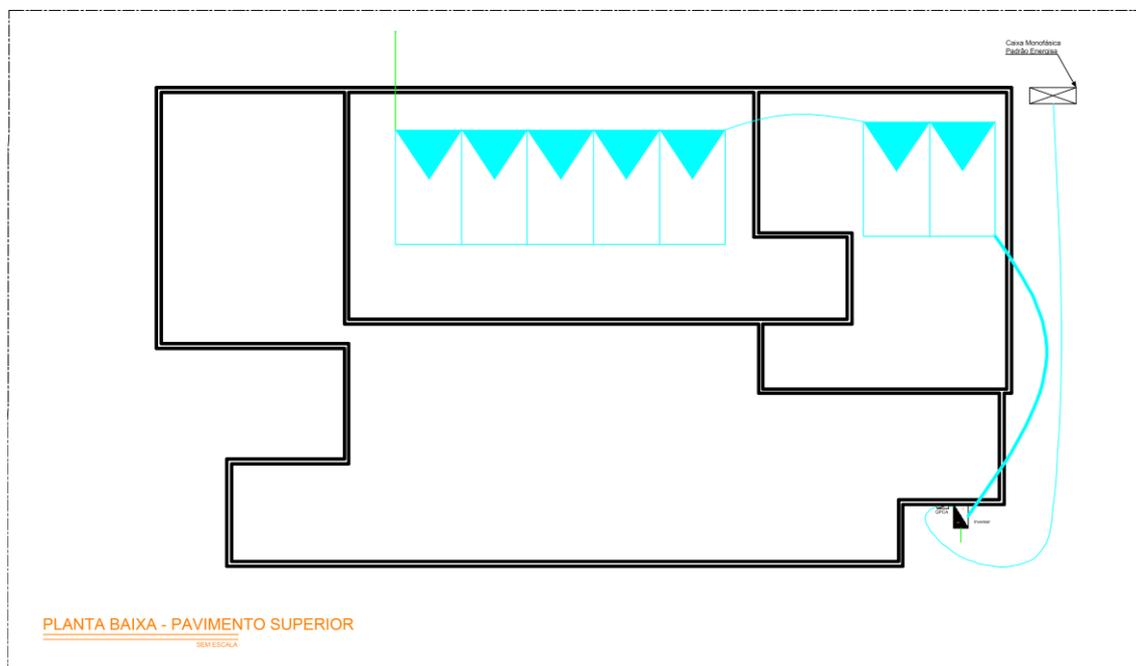
FIGURA 11 - VISTA SUPERIOR



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Na figura 12 tem-se a ligação do inversor ao medidor.

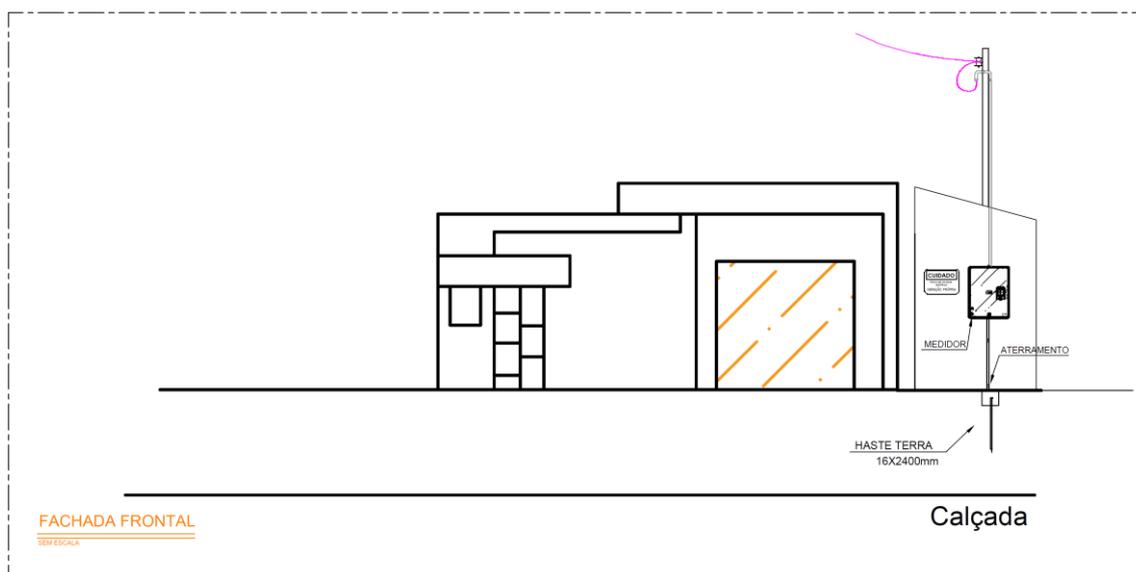
FIGURA 12 - LIGAÇÃO DO INVERSOR AO MEDIDOR



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Na figura 13 é mostrado a vista frontal da casa bem como os detalhes de onde será instalado o medidor.

FIGURA 13 - VISTA FRONTAL



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Com todos os documentos mostrados anteriormente prontos (memorial técnico, formulário de solicitação de acesso e layout da prancha), precisa-se ainda da ART

(Anotação de Responsabilidade Técnica), emitida pelo engenheiro eletricista responsável pela obra, e dos certificados de conformidade do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia) dos módulos e do inversor utilizado no projeto, assim, pode-se enviar os documentos.

Foram desenvolvidos outros 7 projetos seguindo exatamente os procedimentos aqui mostrados, dos quais 6 foram projetos monofásicos e apenas 1 deles trifásico. Os projetos monofásicos tiveram respectivamente: 4 kWp, 3,19 kWp, 6,44 kWp, 4,14 kWp, 3,18 kWp e 2,25 kWp de potência instalada. O projeto trifásico possuiu 5,06 kWp de potência instalada, não havendo muita diferença em relação aos projetos monofásicos quanto ao desenvolvimento do projeto e acompanhamento de obras.

4.2 ACOMPANHAMENTO DE OBRAS

Após submissão dos documentos e aprovação do projeto junto a concessionária, a obra está pronta para ser iniciada. A instalação do sistema consiste basicamente na fixação das placas no telhado/laje, instalação do eletroduto para passagem dos cabos CA/CC, conexão elétrica dos dispositivos e parametrização do inversor segundo normas da concessionária.

Foi feito acompanhamento da obra e configuração do inversor, o qual deve ser parametrizado segundo critérios e recomendações descritas na NDU013, os quais estão expostos nas tabelas 4 e 5.

TABELA 4 - RESPOSTA SEGUNDO ÀS CONDIÇÕES NORMAIS DE TENSÃO.

Tensão no Ponto de Conexão Comum (% V_{nom})	Tempo Máximo de Desligamento
$V < 80\%$	0,2 s
$80\% \leq V \leq 110\%$	Regime Normal de Operação
$110\% < V$	0,2 s

FONTES: ENERGISA

TABELA 5 - PARÂMETROS DE PROTEÇÃO DO INVERSOR.

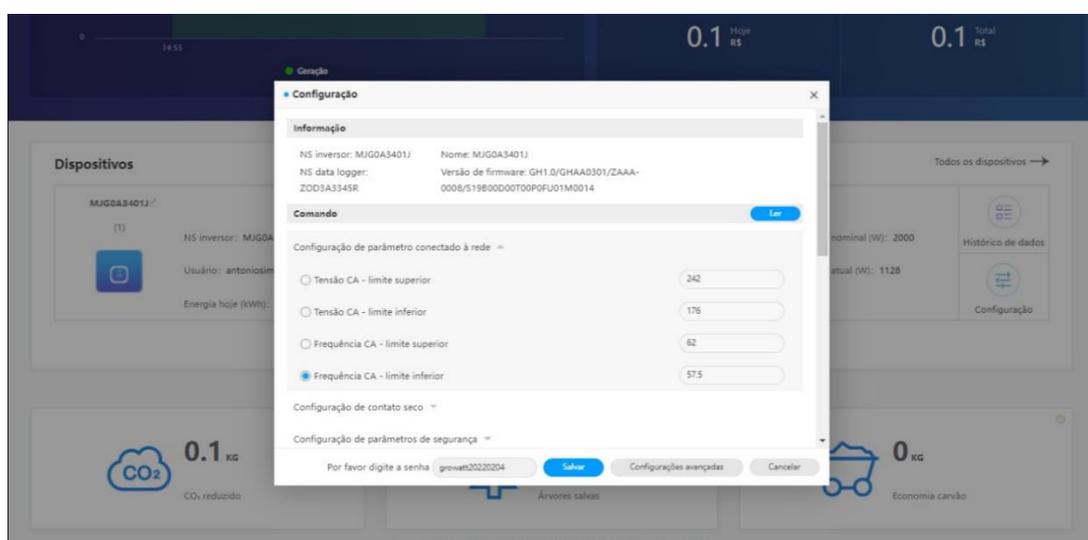
Requisitos de Proteção	Parâmetros	Tempo Máximo de Atuação

Proteção de Sobrefrequência	Hz	0,2 s
Proteção de Subfrequência	57,5 Hz	0,2 s
Relé de Tempo de Reconexão	180 s	180 s

FONTE: ENERGISA

Na Figura 14 mostra se o ambiente de programação do inversor utilizado no projeto monofásico de 3,71 kWp de potência.

FIGURA 14 - AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO DO INVERSOR.



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

Na figura 15 tem-se a instalação e ligação das placas fotovoltaicas.

FIGURA 15 - INSTALAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS



FONTE - PRÓPRIO AUTOR

Nas Figuras 16 e 17 são mostrados a instalação do inversor monofásico, momento também acompanhado e supervisionado. Após a finalização da obra, ocorre a vistoria por parte da concessionária para checar a obra, solicitar alguma correção caso necessária e, assim, aprovar a ligação do sistema com a rede de distribuição.

FIGURA 16 - INSTALAÇÃO DO CIRCUITO DE PROTEÇÃO DO INVERSOR



FONTE - PRÓPRIO AUTOR

FIGURA 17 - VISTORIA DA OBRA E INSTALAÇÃO DO INVERSOR.



FONTE: PRÓPRIO AUTOR

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estágio é um dos momentos mais importantes na graduação, é o momento onde o graduando tem a chance de ver na prática o trabalho de um Engenheiro Eletricista e a forma com que ele deve desenvolver suas atividades futuras.

O estágio supervisionado na Solar Nobre possibilitou o contato com várias áreas bem como a realização de várias atividades tais como: desenvolvimento de projetos de sistemas fotovoltaicos que foram submetidos e aprovados perante a concessionária Energisa Borborema, preenchimento de documentos utilizados pela Energisa no decorrer da aprovação e vistoria de um projeto fotovoltaico, dimensionamento de cargas, acompanhamento de obras, contato com normas de regulamentação de energia solar, contato com normas de segurança NR10 e NR35, bem como a configuração de equipamentos presentes em um projeto de energia solar, entre outros.

Posso caracterizar como muito satisfatório o estágio, visto que possibilitou o contato direto com as atividades exercidas por um engenheiro no dia a dia, seja no desenvolvimento de um projeto ou no acompanhamento de obras e vistorias. Possibilitando de um ponto de vista técnico e social, mostrando quais são as habilidades necessárias e que serão cobradas como engenheiro eletricista, muito além da resolução de problemas matemáticos e simulações.

REFERÊNCIAS

Solar Nobre Google Maps. Google, São Paulo. Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Solar+Nobre+-+Energia+Solar+e+Serviços+Elétricos/@-7.2204491,-35.8894546,3a,75y,90t/data=!3m8!1e2!3m6!1sAF1QipMRC3KThAJ3rHcEI2t5229lBdZqikdKFe8dOVKv!2e10!3e12!6shttps:%2F%2Flh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipMRC3KThAJ3rHcEI2t5229lBdZqikdKFe8dOVKv%3Dw86-h114-k-no!7i958!8i1280!4m12!1m6!3m5!1s0x7ac1e5aae8d61b:0x315d4c4068c42bfe!2sSolar+Nobre!8m2!3d-7.2241362!4d-35.8824122!3m4!1s0x7ac1e48d65ad07:0x3548589b72828597!8m2!3d-7.2203591!4d-35.8894315>>. Acesso em: 11/03/2022.

Célula Fotovoltaica: Tudo o que você precisa saber. Portal Solar, São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/celula-fotovoltaica.html>>. Acesso em: 12/03/2022.

Bateria Solar. Portal Solar, São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/bateria-solar.html>>. Acesso em: 12/03/2022.

O que é: Sistema Fotovoltaico Híbrido. Energia Inteligente, Minas Gerais. Disponível em: <<https://energiainteligenteufff.com.br/energia-2/o-que-e-sistema-fotovoltaico-hibrido/>>. Acesso em: 14/03/2022.

O que é ABNT?. Tecnoblog, São Paulo. Disponível em: <https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-abnt/>>. Acesso em: 14/03/2022.

NDU – 013: Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição. Energisa, Agosto de 2021, Minas Gerais. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20técnicas/NDU%20013%20-%20Critérios%20para%20a%20Conexão%20em%20Baixa%20Tensão%20de%20Acessantes%20de%20Geração%20Distribuída%20ao%20Sistema%20de%20Distribuição.pdf>>. Acesso em: 15/03/2022.

NDU – 001: Fornecimento de Energia Elétrica a Edificações Individuais ou Agrupadas até 3 Unidades Consumidoras. Energisa, Dezembro de 2021, João Pessoa. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Documents/Normas%20técnicas/NDU%20001%20-%20Fornecimento%20de%20energia%20elétrica%20a%20edificações%20individuais%20ou%20agrupadas%20até%203%20unidades%20consumidoras.pdf>>. Acesso em: 15/03/2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://microinversor.com.br/resolucao-normativa-687-aneel/?v=19d3326f3137>>. Acesso em 13/03/2022.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. Instalações Elétricas e de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto, ABNT NBR 16690. São Paulo, julho de 2019. Disponível em: < <https://www.solarize.com.br/downloads/manual-energia-solar/NBR-16690-2019-consulta-publica.pdf>>. Acesso em: 16/03/2022.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, “NBR 5410: Instalações elétricas em baixa tensão”, 2008. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5810747/mod_resource/content/1/NBR5410%20-%20Instalações%20elétricas%20de%20baixa%20tensão.pdf. Acesso em: 13/03/2022.

Ministério do Trabalho e Emprego. NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2019. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr10.htm>. Acesso em: 15/03/2022.

Ministério do Trabalho e Emprego. NR 35 – Trabalho em Altura. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>. Acesso em: 15/03/2022.

VALLÊRA, Antônio M.; BRITO, Miguel Centeno. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta da física**, v. 29, 2006.

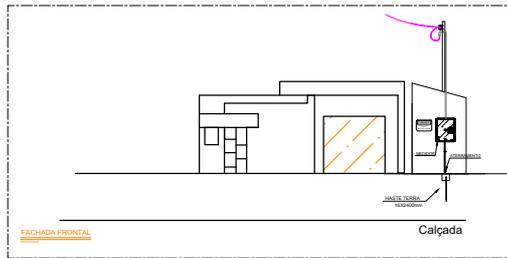
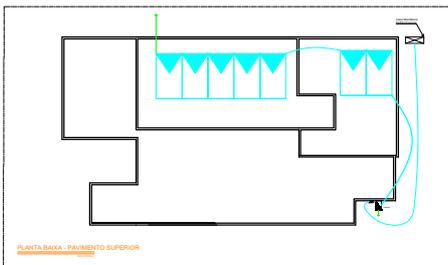
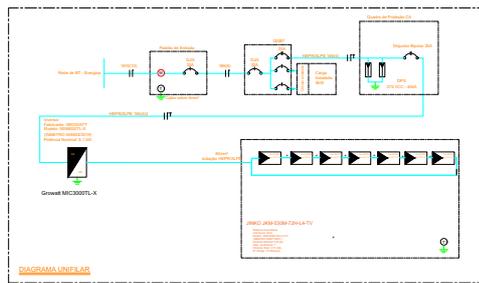
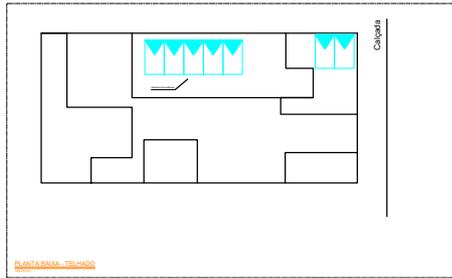
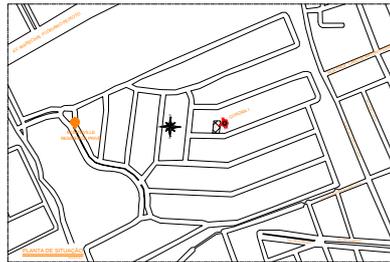
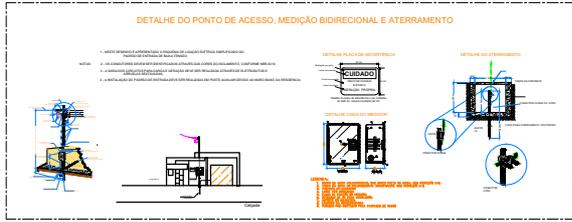
B. H. W. Stensmann. Energia emitida pelo sol. <<https://ppgenfis.if.ufrgs.br/mef008/mef00802/Berenice/aula4.html>>, 2002. Acessado em: 16/03/2022.

MANOCHIO, Tehani. Honeywell Introduces New Flow Battery Technology To Provide Safer, Durable Solution For Large-Scale Renewable Energy Storage. Honeywell, Illinois, 10/26/2021. Disponível em: <https://www.honeywell.com/us/en/press/2021/10/honeywell-introduces-new-flow-battery-technology-to-provide-safer-durable-solution-for-large-scale-renewable-energy-storage>. Acesso: 16/03/2022.

Jinko Solar. Datasheet: Tiger Pro 72HC-TV 525-545 Watt. Jinko Solar, 2020. Disponível em: <<https://www.jinkosolar.com/uploads/JKM525-545M-72HL4-TV-F1-EN.pdf>>. Acesso: 15/03/2022.

Growatt. Datasheet: MIC 1000~3000TL-X. Growatt, 2020. Disponível em: <<https://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto68207IdArquivo26076.pdf>>. Acesso : 15/03/2022.

Anexo - Layout da Prancha



NOTAS OBRIGATORIAS

- O projeto será realizado em nome de 'Rede Local'.
- Garantir a vedação lateral e superior da caixa de acesso e a instalação do medidor bidirecional por parte da Energisa.
- Quanto ao estado de energia em condições técnicas de atendimento mínimo para a instalação do medidor de energia.
- Ao instalar o medidor de energia deve-se seguir as normas NBR 5410 e NBR 5411.
- Os dados de equipamento serão aplicados para o projeto.
- As medições de energia devem ser realizadas em nome do projeto, ficando a responsabilidade de instalação e manutenção com a CREA/PTT de São Paulo.
- Responsabilidade Técnica: Técnico de Engenharia/Eletricista Profissional de nível superior inscrito no CREA/PTT de São Paulo.
- A placa de identificação deve ser colada no quadro de proteção em nome da concessionária de energia.

BREVE DESCRITIVO DO EMPREENDIMENTO

O projeto prevê a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica conectado ao sistema de distribuição de BT da Energisa para o imóvel residencial, com potência máxima total de 10 kW. O projeto tem como finalidade atender a medição bidirecional por parte da UC PRINCIPAL, visando a geração de energia elétrica com fonte renovável e participar do sistema de compensação de energia de medição bidirecional em produção.

LEGENDA E ESPECIFICAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

<ul style="list-style-type: none"> DISJUNTOR MONOPOLAR DISJUNTOR BIPOLAR DISJUNTOR TRIFASICO DISJUNTOR QUADROPOLAR DPS CA DPS CC MEDIDOR BIDIRECIONAL ATERRAMENTO 	<ul style="list-style-type: none"> QUADRO DE PROTEÇÃO INVERSOR CC/CA INVERSOR CC/DC PLACA SOLAR 575W PLACA SOLAR 350W/400W
---	---

DADOS DO PROJETO:

Endereço:	
Cidade / Estado:	Osasco / SP
Proprietário:	
Autor do Projeto:	
Interessado:	
Autor do Projeto:	180031492-4
Nº CREA:	
Interessado:	Nº ART:

VISTORIADO E APROVADO POR:

DATA: _____	PROFESSOR(A): _____
ANALISADOR(A): _____	

O interessado deve colar a etiqueta de identificação fornecida em pag. 103 (entre o entre-dis) após a instalação do medidor de acesso. A inobservância do prazo estabelecido acima implica na perda das condições de conexão estabelecidas no parecer de acesso, exceto se um novo pedido for pactuado entre as partes.

PROJETO DE GERAÇÃO DISTRIBUIDA		01
Planta Baixa de 1º pavimento (energia, DPS CC e DPS CA) de instalação		
Tabela de equipamentos (energia, DPS CC e DPS CA)		
Detalhe do ponto de acesso, medição bidirecional e aterramento		
Elaborado por:	Desenhado por:	
Revisado por:	Verificado por:	
Assinado por:	Assinado por:	