



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE ENGENHARIA ELÉTRICA E INFORMÁTICA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA ELÉTRICA



Relatório de Estágio Supervisionado

Local: Solar Nobre

Raissa Dantas Lucena Coutinho

Matrícula: 114210888

Campina Grande, PB

Maio de 2021

Raissa Dantas Lucena Coutinho

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à coordenação do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Área de concentração: Eletrotécnica

Orientador: George Rossany Soares de Lira

Campina Grande, PB

Maio de 2021

Raissa Dantas Lucena Coutinho

Relatório de Estágio Supervisionado

Relatório de Estágio Supervisionado submetido à coordenação do curso de graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: _____ / _____ / _____

Universidade Federal de Campina Grande

Professor Convidado

George Rossany Soares de Lira

Universidade Federal de Campina Grande

Orientador

“Dedico este trabalho, primeiramente, a meus pais Ivan e Solange, por seus esforços ininterruptos para oferecer o melhor para mim e meus irmãos. Pelo o apoio para todas as horas, meus exemplos e inspiração, a quem devo o que sou e sem os quais não seria possível ter chegado até aqui.”

“À meu esposo, Felipe Coutinho, que com muito carinho sempre me apoiou e incentivou a persistir.”

“A meus irmãos, Iuri e Igor, amigo para todos os momentos, demais familiares e amigos, com quem compartilhei meus lamentos e nunca deixaram de me ouvir.”

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por permitir a realização deste trabalho e de mais uma etapa de grande importância em minha vida. Por ter sempre me concedido Sua graça em minha vida.

Agradeço aos meus pais Ivan e Solange Lucena por todo ensinamento, motivação e dedicação imensurável para que eu pudesse sempre prosseguir nesta jornada acadêmica e concluir este trabalho. A eles, que jamais mediram esforços para me proporcionar o melhor e por sempre ter acreditado no meu potencial. A meus irmãos, Iuri e Igor, pelo companheirismo nas horas difíceis.

A meu esposo, amigo e companheiro de todos os momentos que sempre me motivou e confiou na minha capacidade, Felipe Coutinho.

A empresa Solar Nobre, em nome do Eduardo Silva Fernandes, pela oportunidade de aprender e contribuir com a melhoria da unidade e a todos os funcionários e estagiários com quem tive a oportunidade de compartilhar e agregar conhecimentos.

Agradeço ainda aos ensinamentos e dedicação do meu Orientador Prof. Dr George Rossany Soares de Lira.

Enfim, agradeço a todos que passaram por minha vida até então, e contribuíram para a construção de quem sou hoje e estou me tornando.

“O segredo do sucesso é a constância do propósito”.
(Benjamin Disraeli)

RESUMO

O mercado de geração distribuída, especialmente o de energia solar fotovoltaica, vem se tornando uma modalidade de geração significativa em decorrência, principalmente, do barateamento dos painéis fotovoltaicos e dos inversores de frequência, associado ainda ao valor crescente do custo da energia elétrica fornecida pelas concessionárias. Portanto, em um nicho de mercado cada vez mais em desenvolvimento e com bastantes condições favoráveis para crescer torna-se essencial para um engenheiro eletricista ter conhecimento teórico e prático na área. No presente relatório são descritas as principais atividades realizadas pela estagiária Raissa Dantas Lucena Coutinho, estudante de Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande, durante o estágio na empresa Solar Nobre, na unidade de Campina Grande, no período de 01 de março de 2021 até 12 de maio de 2021. O estágio foi realizado no Setor de Projetos, sob a supervisão do engenheiro eletricista Antônio Fernando dos Santos Neto. As principais atividades desenvolvidas foram: captação de clientes, orçamentos, treinamento conforme Normas de Distribuição Unificadas (NDU), NDU 001 e NDU 013, estando a estagiária apta a realizar projetos, acompanhamento de obra e vistoria técnica, configuração de inversores solares, relatório de geração.

Palavras-chave: Geração Distribuída; Geração Solar Fotovoltaica; Projetos Elétricos.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Fachada da Solar Nobre.	16
Figura 2: Sala de Projetos	16
Figura 3: Diagrama Unifilar do projeto Residencial	21
Figura 4: Projeto fotovoltaico residencial com auxílio do AutoCad.	22
Figura 5: Diagrama trifilar da residencial	23
Figura 6: Projeto fotovoltaico residencial com auxílio do AutoCad	24
Figura 7: Diagrama trifilar de projeto comercial	25
Figura 8: Projeto fotovoltaico de projeto comercial com auxílio do AutoCad	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CA	Corrente Alternada
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
CC	Corrente Contínua
CRESESB	Centro de Referência Sérgio de Salvo Brito
GD	Geração Distribuída
DPS	Dispositivo de Proteção contra Surtos
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
INEE	Instituto Nacional de Eficiência Energética
m-si	Silício Monocristalino
MPPT	<i>Maximum Power Point Tracking</i>
NDU	Normas de Distribuição Unificadas
PRODIST Nacional	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
p-si	Silício Policristalino
REIDI	Regime Especial de Investimentos de Infraestrutura
REN	Resolução Normativa
TUSD	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	11
1.1	ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO	11
2.	A EMPRESA	12
3.	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
3.1	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	13
3.4	NORMAS E REGULAMENTOS	16
4.	ATIVIDADES DESENVOLVIDAS	20
4.1	PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA	21
4.1.1	PROJETO RESIDÊNCIA 1	21
4.1.2.	PROJETO RESIDÊNCIA 2	22
4.1.3	PROJETO COMERCIAL	24
	CONCLUSÃO	27

1. INTRODUÇÃO

As atividades contidas neste relatório são referentes ao estágio supervisionado, com duração de 312 horas, realizado na unidade da Solar Nobre de Campina Grande – PB, durante o período de 01 de março de 2021 até 12 de maio de 2021, sob a supervisão do engenheiro eletricista Antônio Fernando dos Santos Neto.

O objetivo do estágio supervisionado é o cumprimento da disciplina pertencente da grade curricular do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande, Estágio Curricular, e o desenvolvimento pessoal e profissional do aluno.

Durante o estágio foram realizadas as seguintes atividades:

- Captação de clientes;
- Criação e apresentação de propostas para implantação de sistemas fotovoltaicos, utilizando a plataforma online da Sices Solar (software online para geração de proposta disponível para integradores);
- Treinamento conforme NDU001 e NDU013;
- Acompanhamento de obra e vistoria técnica;
- Configuração de inversores solares, relatório de geração.

1.1 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

No Capítulo 1, foi apresentado o estágio e seus objetivos.

No Capítulo 2, será apresentada a empresa Solar Nobre e a unidade onde foi realizado o estágio.

No Capítulo 3, é apresentada a fundamentação teórica sobre temas pertinentes ao estágio, situando o leitor no contexto em que o mesmo transcorreu, sendo abordados aspectos conceituais sobre energia solar fotovoltaica.

No Capítulo 4 serão descritas as atividades desenvolvidas no período de estágio, detalhando na medida do possível os projetos executados e os trabalhos desenvolvidos.

No Capítulo 5 são apresentadas as considerações finais.

2. A EMPRESA

Atuando há mais de 5 anos no mercado de energia fotovoltaica, a Solar Nobre foi uma das empresas pioneiras no ramo na cidade de Campina Grande, Paraíba.

A empresa é especializada em projetos e instalações de sistemas de geração distribuída, baseados em tecnologia solar fotovoltaica, focando em sistemas conectados à rede de distribuição da concessionária (Sistema *on-grid*), além de projetos elétricos no geral.

Em cinco anos, já projetou mais de 80 sistemas, atuando principalmente no estado da Paraíba, porém instalou sistemas também em Pernambuco e em Sergipe.

Na Figura 1 a seguir, é apresentada a fachada da empresa Solar Nobre, e na Figura 2 a sala de projetos, onde os funcionários e estagiários da empresa da área de projeto trabalham.

Figura 1: Fachada da Solar Nobre (Próprio Autor; Solar Nobre).



Figura 2: Sala de Projetos (Próprio Autor; Solar Nobre).



3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo abordará aspectos teóricos necessários para um bom entendimento sobre o tema do trabalho, em especial aqueles sobre o projeto de sistemas de geração solar *on-grid* e sobre os procedimentos para sua ligação ao sistema de distribuição da concessionária.

Alguns pontos são essenciais para entender o projeto de sistemas solares *on-grid*, e esses pontos exigem a observância de uma série de fatores, como local da instalação dos painéis, tipo de telha, ou terreno, tipo de estrutura de sustentação do telhado.

Observou-se que o dimensionamento do sistema, está condicionado essencialmente a quatro fatores, o primeiro e mais importante, a carga que o mesmo alimentará, ou seja, ao consumo do cliente; o segundo a localização do sistema, e portanto o nível de radiação que o mesmo será submetido; o terceiro, as características da superfície onde serão instalados os painéis; e o quarto, o sombreamento ao qual o sistema estará submetido após instalado. Estes fatores permitem uma avaliação preliminar do sistema a ser proposto que poderá ser melhor estudado, antes de ser apresentado ao cliente.

3.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A energia elétrica pode ser obtida pela energia solar. Esse processo ocorre por meio da energia fotovoltaica, que é a luz convertida em energia, em nível atômico. Alguns materiais, semicondutores dopados, apresentam uma propriedade conhecida como o efeito fotoelétrico, que faz com que eles absorvam fótons de luz e liberem elétrons. Quando estes elétrons livres são capturados, ocorre a geração de energia (GREENPRO, 2004).

O efeito fotoelétrico foi observado, pela primeira vez, por um físico francês, Edmund Becquerel, em 1839, que investigou a ocorrência de energia elétrica quando alguns materiais eram expostos à luz solar. O fundamento teórico da energia fotovoltaica foi aprofundado por Einstein, em 1905 (CRESESB, 2006).

Apenas em 1954, as primeiras células de silício monocristalino com eficiência de 6%, foram desenvolvidas, por Chapin e Reynold. O alto custo dos células de silício, além de inviabilizar, em um primeiro momento, a produção em massa dos módulos fotovoltaicos, levaram à busca por materiais mais baratos, fomentando as pesquisas em células com tecnologias diferente como as de películas finas, além do surgimento de células em silício policristalino e células orgânicas.

As primeiras aplicações para as células de silício cristalino ocorreram no final da década de 50 e início da década de 60 com aplicações espaciais em satélites. Em seguida, essa tecnologia dos painéis fotovoltaicos passaram a ser inserida no setor de telecomunicações na década de 70. Já a partir de 1980, com a redução dos custos das células de silício, ocorreu a viabilidade de iniciar a geração de energia elétrica para usuários que não possuíam acesso às redes elétricas convencionais, sendo consolidada, na década de 90, como uma alternativa sustentável para geração de energia (PERLIN, 1999).

Somente a partir de 2003 a geração solar fotovoltaica começou a crescer de maneira expressiva, como apontam dados da Agência Internacional de Energia (IEA).

Alguns dos critérios que também tornaram-se essenciais para o aumento da geração de energia por meio da energia fotovoltaica foram os incentivos dados pelo governos, como pode-se ver a seguir:

- Descontos na Tarifa de Uso dos Sistemas de Transmissão (TUST) e na Tarifa de Uso dos Sistemas de Distribuição (TUSD);
- Venda direta a consumidores especiais;
- Sistema de compensação de energia (Resolução Normativa 482/2012);
- Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (REIDI);
- Redução do impostos de renda;
- Condições diferenciadas de financiamento;
- Isenção do ICMS;
- Etc.

É possível classificar os sistemas de geração fotovoltaica conforme a forma de ligação à rede concessionária em dois tipos: os sistemas *on-grid*, que são conectados à rede da concessionária; e os sistemas *off-grid*, que são sistemas isolados da rede, ou sistemas autônomos.

No caso do sistema *on-grid*, que foi o sistema de geração distribuída empregada nos projetos executados durante o estágio, os principais componentes que o constituem são os seguintes:

- i. Painéis Fotovoltaicos;
- ii. Inversor de Frequência;
- iii. Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS).

3.1.1 PAINÉIS SOLARES

Os painéis ou módulos fotovoltaicos são os principais componentes do sistema fotovoltaico, sendo que de acordo com Rüther (2004), o arranjo em série ou paralelo, é o que define, respectivamente a tensão e a corrente do barramento CC. Os painéis são compostos por uma associação de células fotovoltaicas: “[...] uma única célula não é suficiente para gerar potências elétricas elevadas, os fabricantes associam várias células, e as encapsulam para proteção, formando os módulos fotovoltaicos” (BLUESOL, 2016, p. 32).

No grupo de células de silício cristalino encontram-se duas tecnologias de módulos solares, os módulos de **silício monocristalino (m-si)** e os módulos de **silício policristalino (p-si)**. Essas tecnologias, são as mais antigas porém as mais empregadas, nos sistemas fotovoltaicos, isso decorrente de sua eficiência superior em relação às tecnologias concorrentes.

Quando uma célula fotovoltaica é exposta a luz surge uma tensão em seus terminais e assim, a capacidade de gerar corrente elétrica. No entanto, o silício por si só não é capaz de gerar muita eletricidade quando exposto à luz. Para conseguir níveis elevados de corrente elétrica, o silício é misturado com outros materiais (a exemplo do fósforo e boro) para conseguir gerar eletricidade a níveis satisfatórios.

Se uma célula fotovoltaica for exposta ao sol e uma carga for ligada formando um circuito elétrico fechado é possível medir, com um amperímetro, a corrente gerada e com um voltímetro, a tensão da célula aplicada a essa carga.

De forma geral pode-se dizer que a tensão nominal de uma célula fotovoltaica é da ordem de 0,5V e que sua corrente varia de acordo com a sua potência nominal.

3.1.2 INVERSOR DE FREQUÊNCIA

O CRESESB afirma que: “Um inversor é um dispositivo eletrônico que fornece energia elétrica em corrente alternada (CA) a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (CC)” (CRESESB, 2014, p. 216). Um inversor também atende pelo nome de conversor CC/CA.

Os inversores para uso em sistemas conectados à rede são chamados de inversores *grid-tie* ou inversores interativos. O grande diferencial entre os inversores interativos e os ditos autônomos (usados em sistemas isolados), é o fato dos inversores interativos possuírem a função de sincronizar a energia gerada com aquela fornecida pela rede que o mesmo está

conectado, podem ainda fornecer isolamento galvânica entre a mesma e a planta solar, além de possibilitar configurar alguns parâmetros importantes para o sistema, como os limites de subfrequência e sobrefrequência, o tempo de desligamento após ilhamento, o tempo de religamento após retomada da rede, dentre outros, parâmetros esses que são exigências postas em normas.

3.1.3 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO

Para proteção dos sistemas contra descargas atmosféricas é recomendado o uso de dispositivos de proteção contra surtos (DPS's) nos lados CC e CA, sendo cada um específico, isto é, DPS's CC para o lado de corrente contínua e DPS's CA para o lado de corrente alternada. Estes dispositivos também têm a função de proteger o sistema contra eventuais surtos de tensão cuja origem não seja atmosférica.

Para proteção contra curto-circuito e sobrecarga são utilizados disjuntores termomagnéticos, sendo estes específicos para corrente contínua e para corrente alternada. Para proteção contra curtos-circuitos podem também ser usados fusíveis.

Recomenda-se também o uso de chaves seccionadoras do tipo faca, na separação entre a saída do inversor e a rede elétrica a fim de garantir um desligamento seguro do sistema de geração, impedindo que a rede fique energizada em casos de manutenção, por exemplo. Esse componente é dispensado em microgeração de energia (potência instalada da planta de até 75 kW), desde que o inversor possua isolamento galvânica e garantindo a proteção contra ilhamento.

3.2 NORMAS E REGULAMENTOS

No Brasil as normatizações que regem a conexão de sistemas de geração distribuída datam de pouco tempo, cerca de 9 anos. O ponto inicial no sentido de regulamentar e dar margem ao crescimento da geração distribuída foi quando a Resolução Normativa 482/2012 (REN 482/2012), da ANEEL, entrou em vigor, que além de definir o que viria a ser a mini e a microgeração distribuída, também instituiu o sistema de compensação de créditos de energia, ou *net metering*, que é utilizado hoje.

A REN 482/2012 nasceu como resultado de um processo de Consulta Pública que foi de 10/09/2010 a 9/11/2010 e Audiência Pública de 11/08/2011 a 14/10/2011 e, de modo mais preciso, estabelece as condições gerais para o acesso de micro e minigeração distribuída ao

sistema de distribuição de energia.

A Fim de promover melhorias na norma em 2015, no período de 07/05/2015 a 22/06/2015, a Aneel promoveu uma nova audiência pública, que culminou na publicação da Resolução Normativa 687/2015 (REN 687/2015), que alterou alguns trechos da REN 482/2012 e do módulo 3 do PRODIST, que trata dos procedimentos de acesso de mini e microgeração a rede de distribuição. Entre algumas modificações podemos destacar o aumento da validade dos créditos, que passaram de 36 meses para 60 meses, e a modificação do limite de potência que define micro e minigeração. Em 2017, por meio da REN 786/2017, a Aneel, alterou mais alguns trechos da REN 482/2012, no caso da definição de mini e micro geração, por exemplo, o texto, hoje em vigor, versa o seguinte:

“I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;”

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5 MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;” (REN 482/2012, p. 2).

Antes da referida alteração, promovida pela REN 487/2015 e pela REN 786/2017, a REN 482/2012, definia **microgeração** como a central geradora com potência inferior ou igual a 100 kW, que utiliza-se como fonte base de geração a energia solar, hidráulica, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, enquanto por **minigeração**, definia-se como aquela central de geração com potência superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW, para as fontes base já citadas.

Atualmente, o texto da REN 482/2012, está passando por um novo processo de alteração. A ANEEL, abriu Audiência Pública pelo período que vai 24/01/2019 a 19/04/2019, segundo o portal da ANEEL, a audiência tem objetivo de buscar alternativas ao sistema de compensação de energia tendo em vista que estudos apontam uma necessidade de definição de valoração da energia injetada na rede.

Com a publicação da REN 482/2012, as concessionárias de energia, tiveram um período de tempo para elaborar suas normas de modo a se adequarem à regulamentação. A Energisa,

concessionária que atua em vários estados brasileiros e tem concessão sobre o sistema de distribuição da Paraíba, administrando-o por meio de duas empresas, a Energisa Borborema (EBO), que atua na região da Borborema, polarizada pela cidade de Campina Grande, e a Energisa Paraíba (EPB), que atua no restante do Estado, normatiza o acesso a sua rede de distribuição por meio das Normas de Distribuição Unificadas 013 e 015 (NDU 013 e NDU 015). Estas normas definem os critérios mínimos que devem ser observados para a ligação de sistemas de geração distribuída em baixa tensão, NDU 013, e em média tensão, NDU 015. Trazendo os modelos de documentos (relacionamento operacional, solicitação de acesso), os prazos dos trâmites, características de proteção, enfim, todos os critérios que o acessante deve obedecer para ter sua planta de geração distribuída conectada à rede de distribuição da referida concessionária. Alguns requisitos de qualidade estabelecidos pela NDU 013, são listados a seguir e descritos de maneira simplificada.

- **Níveis de tensão** – no ponto de conexão do sistema a tensão deve-se situar entre 80% e 110% da tensão nominal da rede, sendo que para valores fora dessa faixa o sistema deve se desconectar em até 0,2 s;
- **Faixa de Frequência** – Quando a frequência da rede estiver acima de 62 Hz ou abaixo de 57,5 Hz, o sistema fotovoltaico deverá se desconectar da rede em até 0,2 s, só retornando quando a frequência da rede situar-se entre 60,5 Hz e 59,9 Hz;
- **Proteção de Injeção de Corrente CC;**
- **Harmônicos e Distorção da Forma de Onda** – Distorção harmônica total não deve ser superior a 5%;
- **Fator de Potência** – Possui diferentes recomendações conforme a faixa de potência do inversor.

A não observância de algum destes pontos, pode levar a reprovação do projeto durante a vistoria feita pela concessionária, e conseqüentemente, o acesso do sistema à rede será negado. Além desses requisitos, a referida norma também estabelece critérios de segurança do sistema, quanto aos seguintes pontos.

- **Perda de Tensão da Rede** – O sistema deverá interromper seu fornecimento de energia à rede;
- **Variações de Tensão e Frequência** – Devendo nesse caso o sistema observar o

disposto nos requisitos de qualidade;

- **Proteção Anti-ilhamento** – Em eventuais falhas o sistema deverá ser desligado da rede em até 2 s;
- **Reconexão** – em no mínimo 180 s após a energização da rede;
- **Aterramento;**
- **Proteção Contra Curto-Circuito;**
- **Seccionamento;**
- **Religamento Automático da Rede;**
- **Sinalização de Segurança.**

4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

A empresa na qual ocorreu o estágio, é uma empresa de pequeno porte, sendo assim, não possui uma separação nominal das equipes, porém foi possível identificar dois setores bem definidos: o de instalação e o de projetos.

O **setor de instalação** é responsável por toda montagem do sistema, desde a montagem dos painéis e seus sistemas de fixação, como também, executam toda a parte elétrica da obra, ou seja, a ligação das séries de painéis, a construção dos quadro de distribuição de energia, a adequação do padrão de entrada, etc., além disso esse setor é o responsável por eventuais manutenções que os sistemas já montados venham a precisar.

O **setor de projetos**, que é o responsável pela elaboração dos projetos a serem instalados, também é dele de onde, após uma análise prévia das contas de energia e do local de instalação, é lançado a proposta para a parte comercial apresentar ao cliente, além de manejar as equipes de instalação, de acordo com um cronograma previamente definido.

O estágio ocorreu no setor de projetos da empresa, e permitiu acompanhar todos os passos inerentes ao projeto de sistemas de geração distribuída, desde o contato inicial com os clientes e visitas às obras para colher informações preliminares para o projeto, até a parte de elaboração, acompanhamento e execução do que fora projetado. Durante o estágio, a estagiária ficou responsável por:

- Elaborar propostas para projetos de sistemas fotovoltaicos conectados à rede.
- Desenvolvimento e acompanhamento de projetos de geração distribuída por fonte fotovoltaica;
- Serviço de implantação de projetos de Geração Distribuída (GD);
- Desenvolvimento de manuais e análise técnicas de equipamentos;
- Configuração dos inversores com os parâmetros estabelecidos pela concessionária.
- Acompanhamento das obras.

A seguir, serão apresentados alguns dos projetos desenvolvidos pela estagiária durante o seu período de estágio . Os passos seguidos para o desenvolvimento foram o mais detalhado possível, dentro do que foi permitido pela empresa , devido o acordo de confidencialidade em cada processo.

4.1 PROJETOS DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

A seguir, serão apresentados alguns dos projetos que foram desenvolvidos pela estagiária. Para todos os projetos os passos aconteceram da seguinte forma: inicialmente para a elaboração do orçamento do projeto fotovoltaico era utilizado um software disponibilizado por uma distribuidora parceira da empresa. Com esse software era gerada a estimativa de geração de energia e ainda gráficos de análise de retorno do investimento que são anexados na proposta de orçamento. Com esses dados de estimativa de geração, eram escolhidos kits solares que se adequassem à necessidade do cliente.

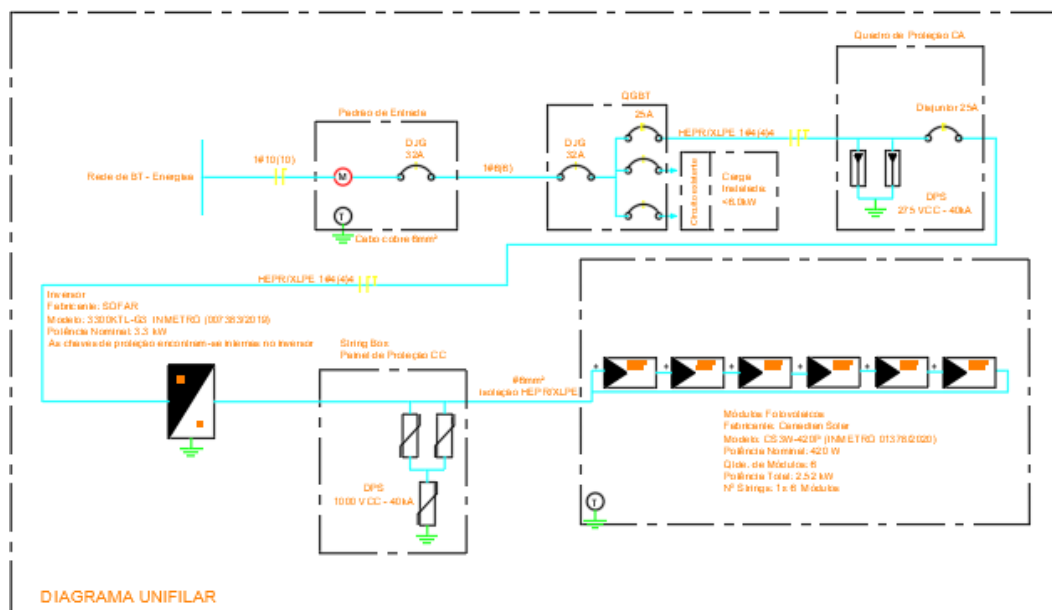
Após ter a proposta aprovada, a estagiária preparava a documentação técnica necessária para que o projeto fosse para análise por parte da concessionária, como será explanado em tópico mais adiante.

Para o desenvolvimento dos projetos foi utilizado o software AutoCad onde nele, se especifica toda a parte do projeto elétrico e fotovoltaico.

4.1.1 PROJETO RESIDENCIAL 1

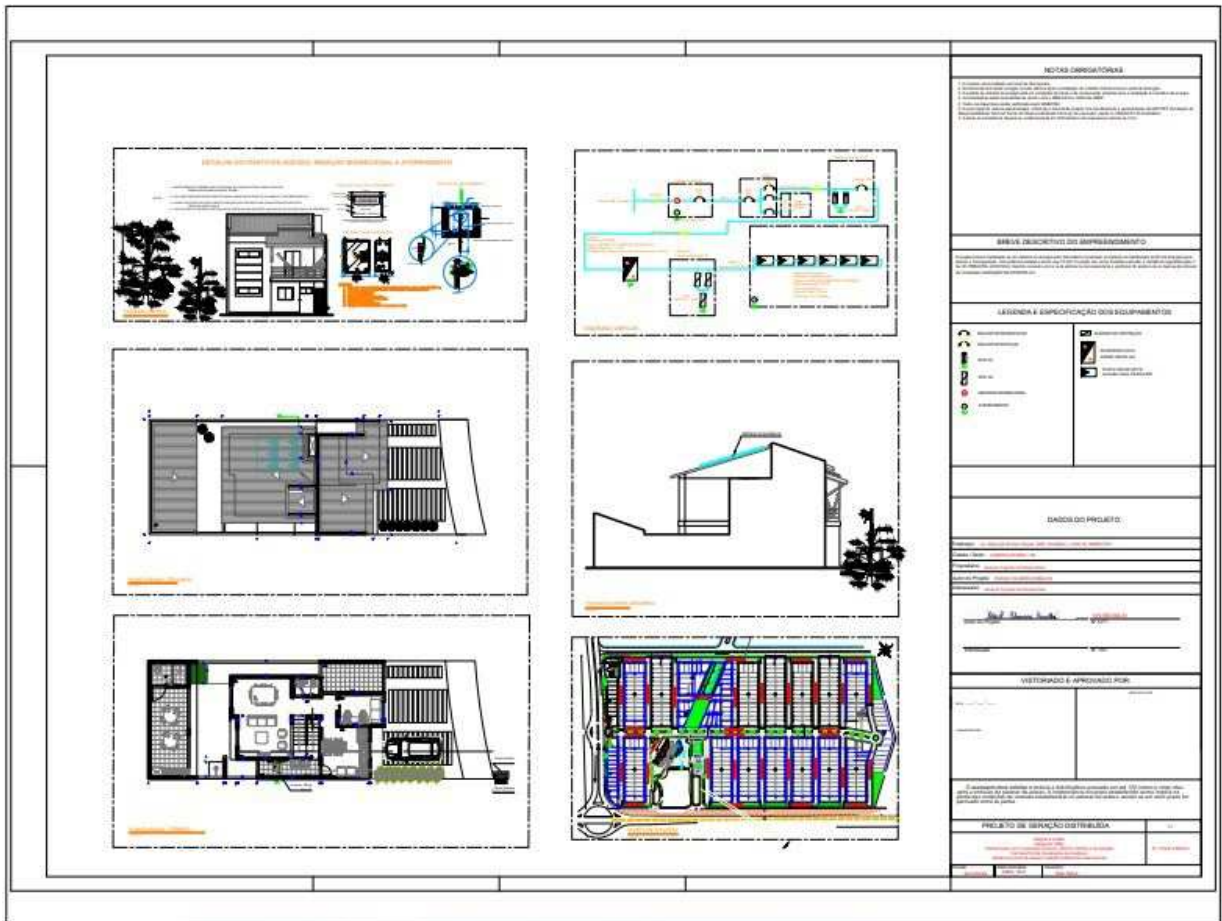
Na Figura 3 tem-se o diagrama unifilar do projeto fotovoltaico do cliente residencial, localizado em Campina Grande, no qual foram instalados 6 módulos fotovoltaicos Canadian CS3W-420P com potência 420 Wp cada e um inversor Sofar 3300 TL com potência 3,3 kW, para garantir uma geração de 350 kWh.

Figura 3: Diagrama Unifilar de projeto Residencial (Próprio autor)



A seguir, na Figura 4, tem-se o projeto completo onde mostra a análise deste projeto, potência do inversor, dimensionamento de cabos, disjuntores, hastes de aterramento, dispositivos de proteção contra surtos CC e CA, com base na norma ABNT NBR 5410, NDU 013, NDU 001 do grupo Energisa e uso do AutoCAD.

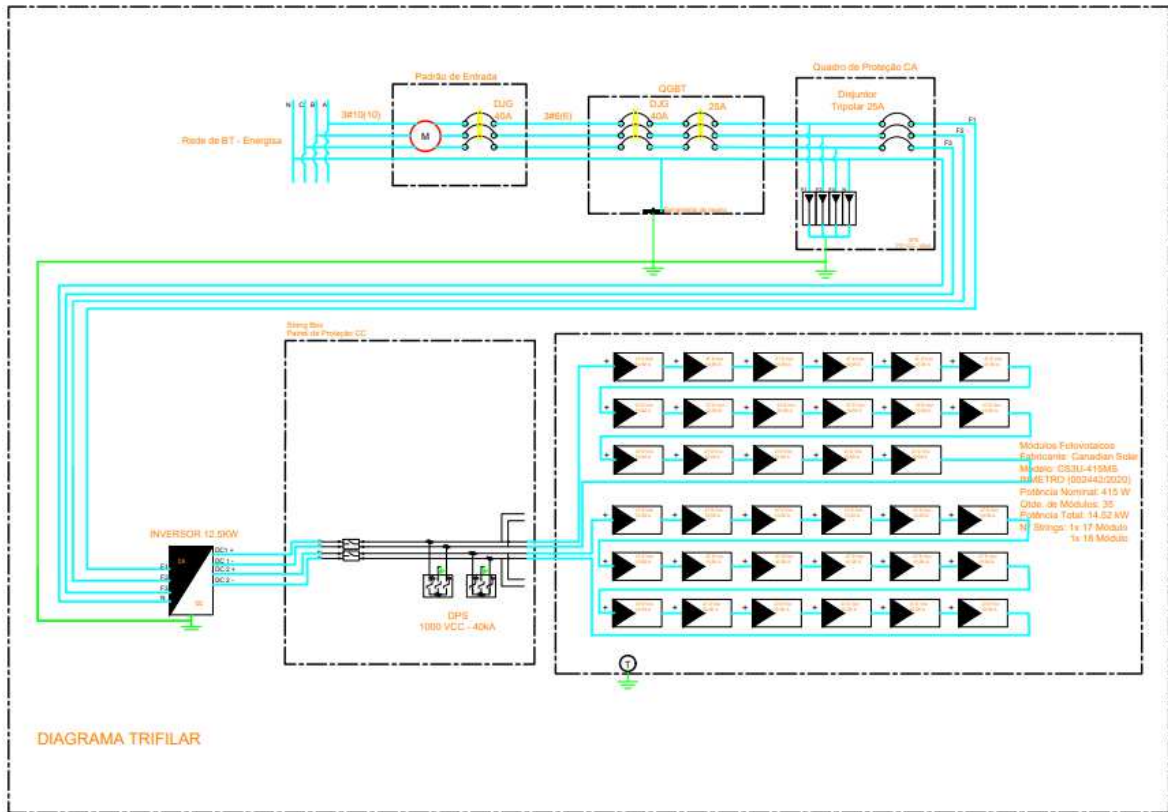
Figura 4: Projeto fotovoltaico residencial com auxílio do AutoCad. (Próprio autor)



4.1.2. PROJETO RESIDÊNCIAL 2

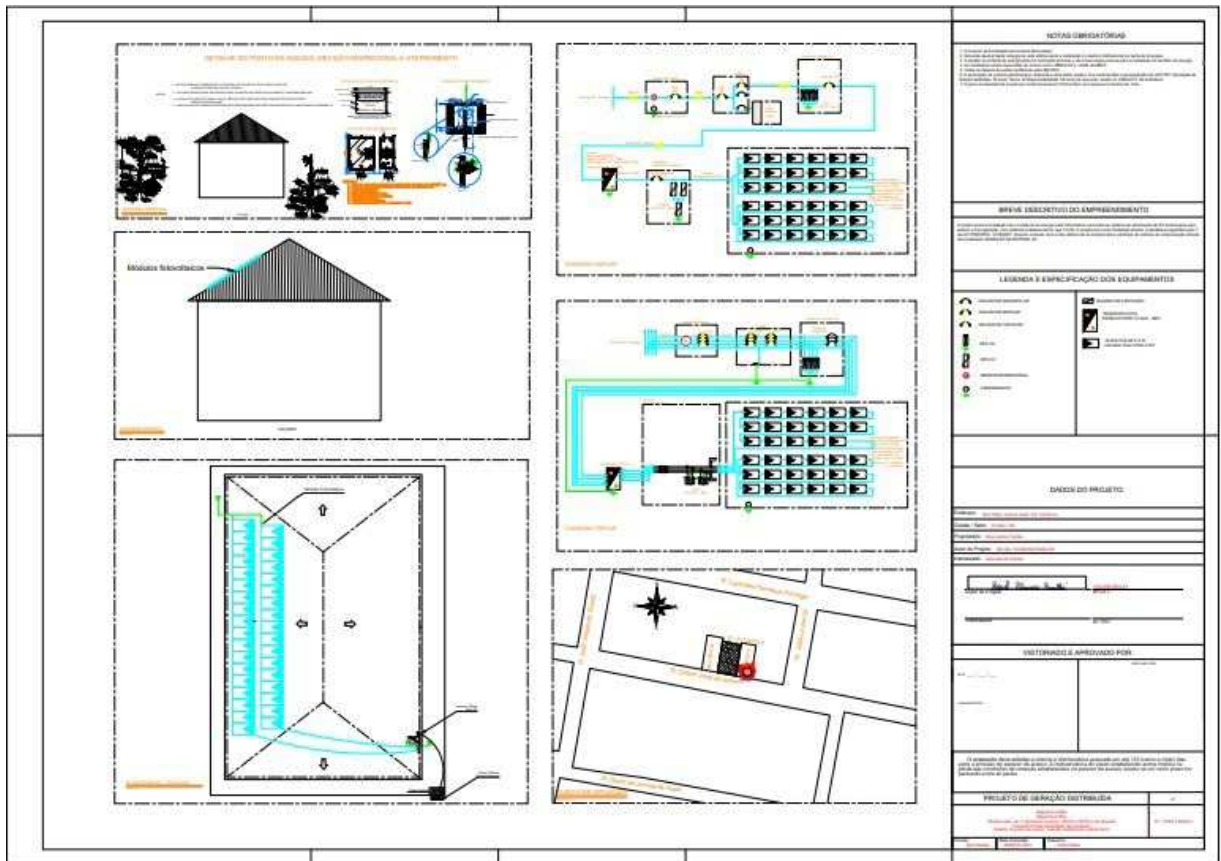
Para este projeto, foi solicitada à empresa Solar Nobre uma proposta para instalação de painéis solares em uma residência, localizada em Pombal – PB. Para o projeto, foi calculada uma geração de 14,52 kWp. O tipo de conexão desta unidade consumidora é trifásica. O inversor escolhido para este projeto foi um inversor também trifásico da Fronius, modelo SYMO 12.5 – 380V, com 12,5 kW de potência. Na Figura 5, temos o diagrama trifilar do projeto.

Figura 5: Diagrama trifilar da residência (Próprio autor)



A seguir, na Figura 6, tem-se o projeto completo onde mostra a análise deste projeto, potência do inversor, dimensionamento de cabos, disjuntores, hastes de aterramento, dispositivos de proteção contra surtos CC e CA, com base na norma ABNT NBR 5410, NDU 013, NDU 001 do grupo Energisa e uso do AutoCAD. Neste projeto, foi apresentado tanto o diagrama unifilar quanto o diagrama trifilar, mas, anexar o diagrama trifilar não faz parte das exigências da Energisa. A empresa opta por colocar em todos os projetos trifásicos apenas para facilitar o entendimento do cliente e dos eletricitistas responsáveis pela instalação acerca de como deve ser feita a instalação do projeto fotovoltaico na unidade consumidora.

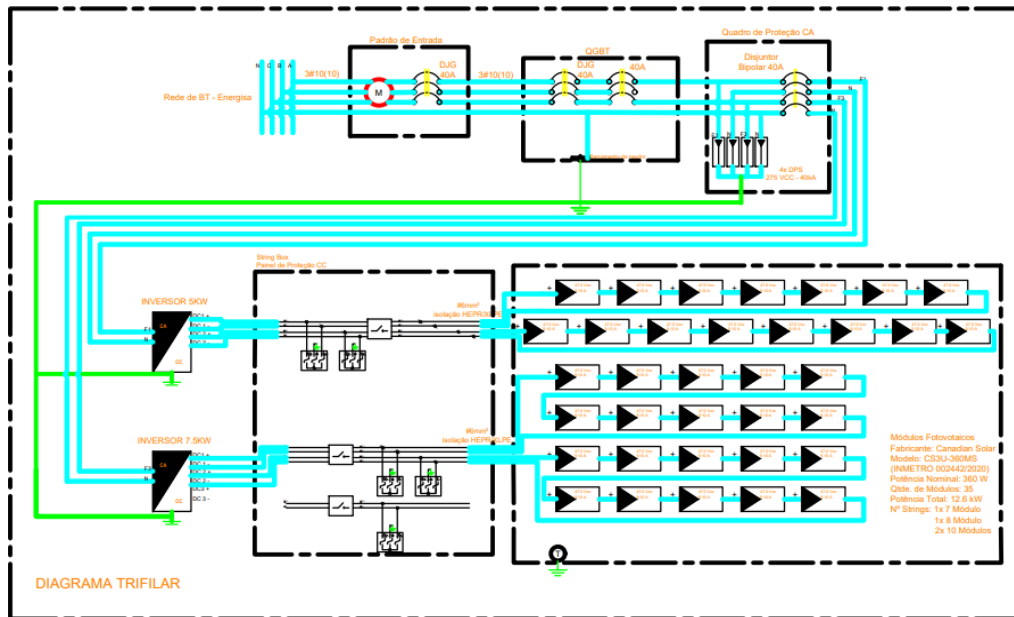
Figura 6: Projeto fotovoltaico residencial com auxílio do AutoCad. (Próprio autor)



4.1.3 PROJETO COMERCIAL

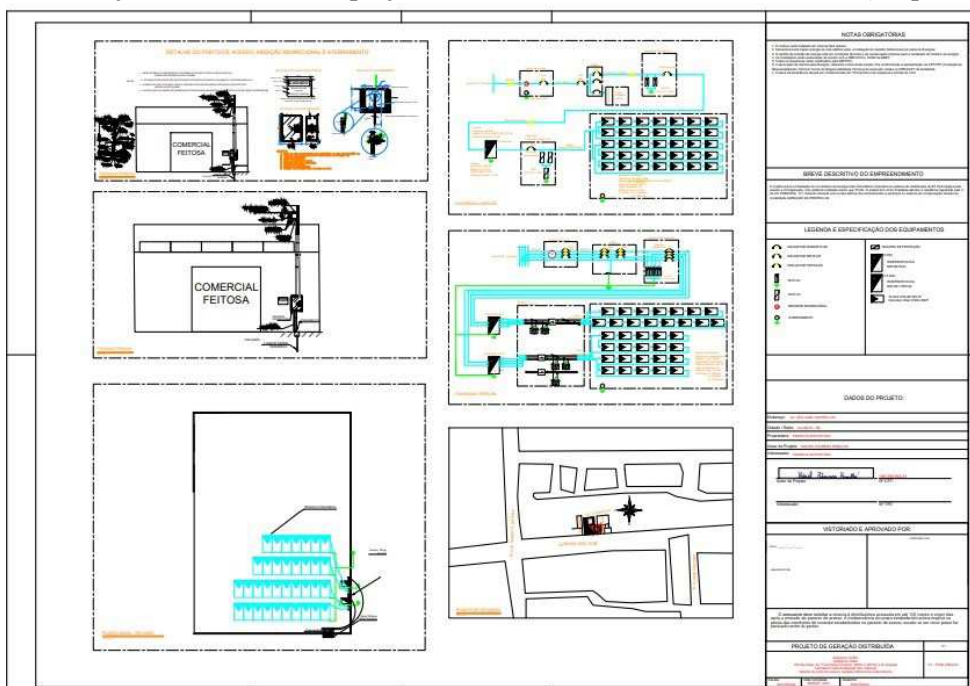
Na Figura 7 tem-se o diagrama trifilar do projeto fotovoltaico de um cliente comercial, localizado em Alcantil - PB, no qual foram instalados 35 módulos fotovoltaicos Canadian CS3W-360P com potência 360 Wp cada e dois inversores Sofar, 5 KTLM e 7.5 KTLM com potência 5 kW e 7,5 kW, respectivamente. A necessidade do cliente era que o seu sistema tivesse uma geração de energia suficiente para suprir o seu consumo mensal de 1750 kWh.

Figura 7: Diagrama trifilar de projeto comercial (Próprio autor)



Na Figura 8, tem-se o projeto completo onde mostra a análise deste projeto, potência do inversor, dimensionamento de cabos, disjuntores, hastes de aterramento, dispositivos de proteção contra surtos CC e CA, com base na norma ABNT NBR 5410, NDU 013, NDU 001 do grupo Energisa e uso do AutoCAD. Para este projeto, o diagrama trifilar é de suma importância visto que ao analisar apenas o diagrama unifilar, não é fica claro como está sendo a conexão de cada *string* de painéis fotovoltaicos.

Figura 8: Projeto fotovoltaico de projeto comercial com auxílio do AutoCad. (Próprio autor)



Depois dos projetos já em fase de instalação, a estagiária também participou da etapa da configuração de alguns inversores de frequência. Para a configuração, foram ajustados os parâmetros de funcionamento dos inversores de acordo com os parâmetros estabelecidos pela concessionária através da NDU 013.

Ao todo foram desenvolvidos pela estagiária 15 projetos durante o estágio, porém devido a algumas individualidades alguns não foram concluídos ainda, por estarem esperando a chegada do material, fase de instalação, ou aguardando aprovação da Energisa.

3.1.1 PROJETO ELÉTRICO

Nesse ponto foi lançado mão dos conhecimentos adquiridos nas aulas, especialmente nas de instalações elétricas, para elaborar o projeto elétrico do sistema a ser instalado, que consiste, basicamente no dimensionamento da fiação e proteção (Disjuntores e DPS), bem como na planificação do mesmo, ou seja, no desenho do mesmo.

Para o projeto elétrico, era observado pontos como a potência do sistema de geração, a adequação do padrão de entrada às normas vigentes da concessionária, potência e número de MPPT's do inversor, que é um recurso embutido em todos os inversores para uso em sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Esse recurso é importante para garantir a operação dos módulos fotovoltaicos sempre no ponto de máxima potência, possibilitando a máxima geração de energia pelo sistema fotovoltaico. Recentemente, no mercado tornaram-se comuns os inversores com duas ou mais entradas de MPPT. Isso significa que os módulos conectados a uma entrada são desacoplados dos módulos das outras entradas. Os inversores executam o rastreamento da máxima potência de forma separada para cada entrada, permitindo o desmembramento dos módulos de um projeto em grupos independentes. Isso é útil quando temos projetos com sombras ou telhados com inclinações e orientações diferentes, por exemplo.

3.1.2 PREPARAÇÃO DE DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

A preparação da documentação técnica para análise do projeto por parte da concessionária deve ser entendido a elaboração, em programa de planilhas, como o Excel, do memorial descritivo, a confecção do formulário de solicitação de acesso, que são os documentos que devem constar, obrigatoriamente, na hora da submissão do projeto à concessionária. Estes documentos seguem um padrão para todos os projetos, de modo que foi

desenvolvido uma forma de preenchê-los, totalmente (no caso do formulário e da lista de rateio) ou parcialmente (no caso do memorial), através de mala direta com o Excel.

O memorial descritivo, construído no Excel, consiste de uma descrição detalhada do sistema, onde deve constar entre outras coisas, as características dos painéis e inversores utilizados, detalhes sobre equipamentos de proteção, aterramento, padrão de entrada, além da estimativa de geração anual do sistema projetado e dos dados do proprietário e do projetista.

A estimativa de geração e gráficos de análise de retorno foram feitos com o auxílio de software disponibilizado pela distribuidora parceira.

CONCLUSÃO

Durante o período do estágio foi possível vivenciar na prática o trabalho de um engenheiro eletricitista, além de poder conhecer uma área que é pouco trabalhada no decorrer da graduação, como é a área de energias renováveis, mais especificamente a de geração distribuída por fonte solar fotovoltaica.

As atividades desenvolvidas no decorrer do estágio, apesar de terem sido desafiadoras por necessitarem de conceitos teóricos que não foram vistos durante a graduação, como conceitos de energias renováveis, principalmente na área de geração de energia elétrica por meio de projetos fotovoltaicos, permitiram também a aplicação de conceitos teóricos vistos em sala de aula, especialmente de conceitos de eletrotécnica geral.

Tudo isto que fora escrito, somado às experiências adquiridas durante o período de estágio, quer seja no acompanhamento de obras, quer seja no desenvolvimento de projetos, sem dúvidas, contribuiu para um sólido aperfeiçoamento profissional, favorecendo a construção de conhecimentos profissionais que permitirão a atuação com um alto padrão técnico e em consonância com as normas vigentes.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Geração Distribuída**. 2019. Disponível em < http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp >. Acesso em: 30 abr. 2021

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N° 482 (REN 482/2012)**. Brasília, DF, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N° 687 (REN 687/2015)**. Brasília, DF, 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Resolução Normativa N° 786 (REN 786/2017)**. Brasília, DF, 2017.

AYNOÃ, Micaella. **Inversor solar com 2 MPPT operando com entrada única**, 2020. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/inversor-solar-com-2-mppt-operando-com-entrada-unica/>>. Acesso em: 28 maio 2021.

BLUESOL. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**: Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Ribeirão Preto, SP, [2016?]. Disponível em: <http://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>>. Acesso em: 01 mai. 2021.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE BRITO – CRESESB – **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ, 2014. Disponível em: <https://www.portal-energia.com/downloads/livro-manual-de-engenharia-sistemas-fotovoltaicos-2014.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE BRITO – CRESESB – **Centro de Referência para Energia Solar e Eólica**. <http://www.cresesb.cepel.br/>. [Online] 2006. [Citado em: 1 de Janeiro de 2006.] .

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE BRITO – CRESESB – **Energia solar – Princípios e Aplicações**. Site do CRESESB. [Online] 2006. [Citado em: 1 de Janeiro de 2006.] .

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 001**, 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20001%20-%20Fornecimento%20de%20Energia%20EI%C3%A9trica%20em%20Tens%C3%A3o%20Sec.%20a%20Consum.%20Individ.%20ou%20Agrupados%20at%C3%A9%203%20Un_V6.0_Site%20Energisa.pdf>. Acesso em: 28 maio de 2021.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 013**, 2019. Disponível em: <https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20013%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20de%20Gera%C3%A7%C3%A3o%20Distribu%C3%ADa_%20V4.1.pdf>. Acesso em: 28 maio de 2021.

ENERGISA. **Norma de Distribuição Unificada - NDU 013**, 2019. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Normas%20Tcnicas/NDU%20015%20-%20Crit%C3%A9rios%20para%20a%20Conex%C3%A3o%20de%20Acessantes%20G.%20ao%20Sistema%20de%20Distribu%C3%A7%C3%A3o%20da%20Energisa%20-%20Conecx%C3%A3o%20em%20MT%20V3.1.pdf>>. Acesso em: 28 maio de 2021.

GAZOLI, J. R. **Microinversor Monofásico para Sistema Solar Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica**. 2011, 204 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Departamento de Sistemas e Controle de Energia, Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, SP, 2011.

GREENER. **Guia para Empreendedores Fotovoltaicos: Onde estão as melhores oportunidades? PARTE 1 – Mercado Fotovoltaico**. São Paulo, SP, 2016a. Disponível em: <https://www.greener.com.br/ebooks/e-book-02-guia-para-empresendedores-fotovoltaicos- parte-1/?ebook=1>> Acesso em: 26 abr. 2021

GREENER. **Guia para Empreendedores Fotovoltaicos: Onde estão as melhores oportunidades? PARTE 2 – Mercado de Integradores e Atratividade Econômica**. São Paulo, SP, 2016b. Disponível em: <https://www.greener.com.br/ebooks/e-book-03-guia-para-empresendedores-fotovoltaicos-parte-2/?ebook=1>> Acesso em: 26 abr. 2019

GREENER. **Estudo Estratégico: Mercado Fotovoltaico de Geração Distribuída**. 1º Semestre 2019. São Paulo, SP, 2019. Disponível em: <https://www.greener.com.br/pesquisas-de-mercado/estudo-estrategico-mercado-fotovoltaico-de-geracao-distribuida-1o-semester-de-2019/>> Acesso em: 30 abr. 2021

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA (INEE). **O que é Geração Distribuída?**. 2018. Disponível em http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp . Acesso em: 30 mar. 2021

NASCIMENTO, L. P. **Energia Solar no Brasil: Situação e Perspectivas**. Brasília. Câmara Federal, 2017. Disponível em http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bdcamara/32259/energia_solar_limp.pdf?sequenc e=1> Acesso em: 26 abr. 2021

PEREIRA, E.B. et al. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2. ed. São José dos Campos,SP: INPE, 2017.

SICES SOLAR. **Plataforma de geração de propostas para projetos fotovoltaicos**. Disponível em: <https://sicesolar.com.br/>>. Acesso em 28 maio 2021.

SILVA, R. M. **Energia Solar: dos incentivos aos desafios**. Texto para discussão nº 166. Brasília. Senado Federal, 2015. Disponível em <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td166>> Acesso em 26 abr. 2021