



Universidade Federal da Paraíba
Centro de Energias Alternativas e Renováveis
Departamento de Engenharia Elétrica



Douglas de Farias Medeiros

Acompanhamento das atividades de projeto e dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaica da empresa Engetecs

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto de Souza Filho.

João Pessoa - Paraíba

2018

Douglas de Farias Medeiros

Acompanhamento das atividades de projeto e dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaica da empresa Engetecs

Relatório de Estágio Supervisionado submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal da Paraíba como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Dr. Carlos Alberto de Souza Filho.

João Pessoa - Paraíba

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

Aprovado em: 07 / 11 / 18

Douglas de Farias Medeiros.

Douglas de Farias Medeiros

Aluno

Carlos Alberto de Souza Filho

Prof. Dr. Carlos Alberto de Souza Filho

Professor orientador

Carlos Alberto de Souza

Eng.º Carlos Alberto de Souza

Avaliador externo

Juan Moises Mauricio Villanueva

Prof. Dr. Juan Moises Mauricio Villanueva

Professor convidado

Lista de Figuras

1	Organograma da empresa.	10
2	Efeito fotoelétrico.	12
3	Composição de uma célula fotovoltaica.	13
4	Acesso ao SUNDATA pelo site do CRESESB.	15
5	Inversor <i>grid-tie</i> do fabricante Fronius.	16
6	Esquema simplificado de um sistema fotovoltaico conectado à rede.	17
7	Composição de um sistema fotovoltaico autônomo.	18
8	Painel fotovoltaico de 330 W do fabricante Canadian Solar.	19
9	Inversor autônomo.	19
10	Controlador de carga para painel solar.	20
11	Bateria estacionária do fabricante Moura.	20
12	Índice de irradiação solar para cidade de João Pessoa-PB.	21
13	Exemplo de conta de energia de um cliente.	22
14	Tabela de auxílio para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.	24
15	Tela inicial do <i>software</i> de orçamentos.	25
16	Tela para criação de orçamentos do <i>software</i> .	26
17	Diagrama de casos de uso.	26
18	Imagem 1 do telhado de um cliente durante a visita técnica.	28
19	Imagem 2 do telhado de um cliente durante a visita técnica.	28
20	Projeto do telhado do cliente no Google Sketchup.	29
21	Instalação do sistema fotovoltaico do cliente.	29
22	Técnico de instalação manuseando o quadro de distribuição da residência.	30
23	Medidor de energia convencional.	31
24	Conexões do inversor de frequência.	31
25	Técnico de instalação realizando ajustes na estrutura física para instalação do medidor bidirecional.	32
26	Sistema fotovoltaico do cliente 1 instalado.	33
27	Vistoria do sistema fotovoltaico junto à Energisa.	34
28	Sistema fotovoltaico do cliente 2 instalado.	34

Lista de siglas

CRESESB Centro de Referência para Energia Solar e Eólica

LTDA Limitada

MPPT *Maximum Power Point Tracking*

PDF *Portable Document Format*

SFA Sistema Fotovoltaico Autônomo

SFCR Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

STC *Standard Test Conditions*

Wi-Fi *Wireless Fidelity*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus por todas as realizações em minha vida.

Agradeço também aos meus familiares e amigos pelo apoio incondicional, vocês são meu porto seguro!

Ao Engenheiro Carlos Alberto por toda a paciência e confiança no meu trabalho, serei sempre grato pelos seus valiosos ensinamentos.

Ao Professor Carlos Alberto por todo o auxílio durante meu estágio e também por todos os conselhos durante minha graduação.

Agradeço também ao Professor Juan pela disponibilidade em participar da minha banca da avaliação e por todo o suporte que sempre me deu.

E por fim, gostaria de agradecer a todos os colaboradores da Engetecs, especialmente ao Engenheiro Joselândio por me explicar sempre com muita paciência a dinâmica da empresa.

Sumário

1	Introdução	9
1.1	Objetivos	9
1.2	A empresa	9
1.3	Organização da empresa	10
2	Fundamentação teórica	12
2.1	Conceitos iniciais	12
2.1.1	Efeito fotovoltaico	12
2.1.2	Radiação e irradiação solar	13
2.2	Tipos de sistemas fotovoltaicos	14
2.2.1	Sistemas conectados à rede (on-grid)	15
2.2.2	Sistemas isolados (off-grid)	17
2.3	Principais equipamentos utilizados em uma instalação fotovoltaica	18
2.3.1	Painéis fotovoltaicos	18
2.3.2	Inversores de frequência	19
2.3.3	Controladores de carga	20
2.3.4	Baterias estacionárias	20
3	Atividades desenvolvidas	21
3.1	Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos on-grid	21
3.2	Elaboração de orçamentos	23
3.2.1	Maneira convencional	23
3.2.2	Proposta de software para automatizar processo	24
3.3	Alocação de painéis fotovoltaicos em <i>softwares</i> gráficos	27
3.4	Acompanhamento da vistoria nas instalações	27
4	Conclusão	35
5	Referências bibliográficas	36

Identificação do estágio

Empresa

Nome: Engetecs - Engenharia de Inovação Tecnológica

CNPJ: 02.168.232/0001-89

Endereço: Rua Jornalista José Ramalho, N.º 33, BR 101, KM 01

Bairro: Costa e Silva

Cidade/Estado: João Pessoa/PB

Telefone: (83) 3233-7320

CEP: 58081-110

Detalhes do estágio

Área da instituição: Departamento de engenharia

Data de início: 07/05/2018

Carga horária semanal: 20 horas

Supervisor do estágio: Eng.º Carlos Alberto de Souza

Quadro de servidores: 2 engenheiros mecânicos, 1 engenheiro eletricista, 1 técnico em eletrotécnica e 3 auxiliares de produção

1 Introdução

1.1 Objetivos

O estágio na empresa Engetecs - Engenharia de Inovação Tecnológica LTDA teve como objetivo acompanhar as atividades relacionadas com energia solar fotovoltaica, tais como: verificação das contas de energia dos clientes para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, elaboração de orçamentos para equipamentos e instalação, alocação em *software* gráfico dos painéis fotovoltaicos nos telhados dos clientes, acompanhamento dos processos de projeto e vistoria das instalações.

1.2 A empresa

A Engetecs – Engenharia, consultoria e serviços de Inovação Tecnológica LTDA foi fundada em outubro de 1997, pelo seu dirigente, o Engenheiro Mecânico Carlos Alberto de Souza, que desde 1973 desenvolve pesquisas no ramo de energia solar, tendo participado na criação do Laboratório de Energia Solar do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

Inicialmente, a Engetecs prestava serviços de consultoria, desenvolvendo projetos em diversos setores visando resultados de forma sustentável. Devido à visão de sustentabilidade e a paixão pelas fontes renováveis de energia, o Eng. Mecânico Carlos Alberto decidiu, no ano de 2014, iniciar a fábrica de aquecedor solar de água, sendo conhecida como Engetecs – Engenharia de Inovação Tecnológica LTDA. Assim, a Engetecs passou a ser uma empresa de engenharia de inovação tecnológica com foco de atuação no ramo da energia solar, sediada em João Pessoa, PB.

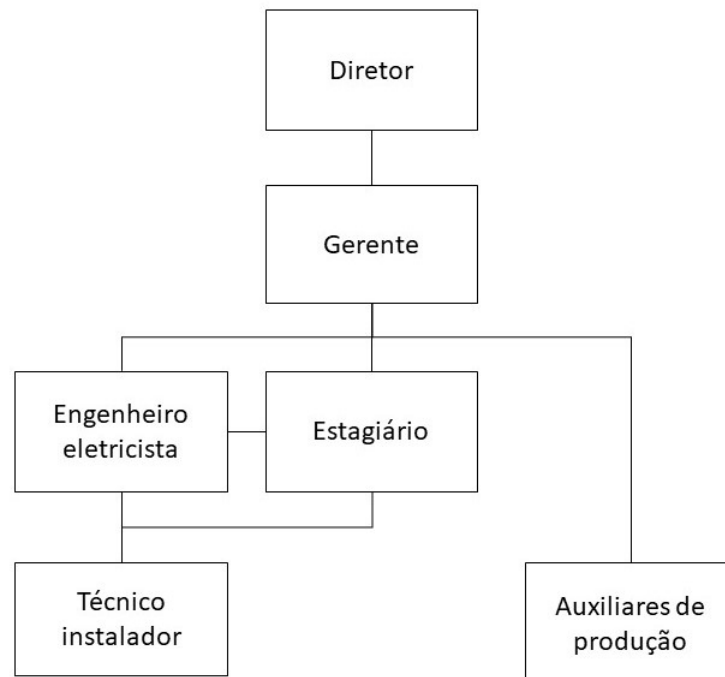
Os produtos fornecidos são oriundos de pesquisas, sendo os principais o aquecedor solar de água para residência e piscina, mas também desenvolver projetos para concentradores solares de média temperatura, podendo ser utilizado para churrasqueiras e fornos de padarias. Bem como, sistemas de captura de CO_2 para neutralizar efluentes industriais e sistemas de refrigeração por absorção, fazendo uso de fonte quente.

Os projetos da Engetecs são desenvolvidos com especial atenção na sustentabilidade e redução de resíduos durante o processo, utilizando materiais que passam por uma criteriosa análise buscando obter o menor impacto ambiental.

1.3 Organização da empresa

A estrutura organizacional da empresa está ilustrada no organograma mostrado na Figura 1 e divide-se de acordo com as atribuições de administração, projetos e execução.

Figura 1: Organograma da empresa.



Fonte: Autor.

Os setores de direção e gerência compreendem a maioria das atividades administrativas, de gestão e de coordenação de pessoal na empresa, auxiliando na organização das atividades e acompanhamento no cumprimento das metas e objetivos. O gerente, que é um Engenheiro Mecânico, possui atividades relacionadas com o desenvolvimento de estruturas metálicas para aplicações de aquecimento e fotovoltaicas. Além disso, atribui as atividades dos colaboradores de acordo com o setor, relacionando-se diretamente com os auxiliares de produção e com o departamento de engenharia.

No nível abaixo está o departamento de engenharia, que conta com um engenheiro eletricista responsável pelas atividades de dimensionamento, projeto e acompanhamento de instalações fotovoltaicas e é neste nível que atua o estagiário, auxiliando ao engenheiro nestas atividades. Este setor está diretamente relacionado com os funcionários do setor de instalação fotovoltaica, coordenando suas atividades e acompanhando sua execução, sendo responsável também por acompanhar o processo de aprovação dos projetos junto à concessionária local e comparecer na vistoria para liberação da instalação.

Todos os sistemas fotovoltaicos da Engetecs contam com um monitoramento *Wi-Fi* para que os clientes possam acompanhar em tempo real a geração de suas instalações, dessa forma, uma outra atribuição do departamento de engenharia é a de configuração desse monitoramento, sendo necessário dar um suporte técnico para os clientes, explicando como funciona o sistema de monitoramento e fazendo o cadastramento dos seus usuários no aplicativo.

O funcionário responsável pela instalação dos sistemas possui um curso técnico em eletrotécnica e não atua diretamente na empresa. Seu serviço é feito em campo, comparecendo na empresa apenas para busca de material e para suporte técnico. É um serviço terceirizado que conta com a atuação de uma equipe de funcionários do técnico de instalação.

O setor de produção conta com três funcionários que são responsáveis pela fabricação dos materiais para aquecimento de banho: *boilers* térmicos e coletores solares. Estes profissionais também possuem a função de realizar a instalação dos sistemas de aquecimento de banho e piscina e auxiliar nas demais atividades de manutenção da empresa. Dentre as atividades de manutenção, pode-se citar: manutenção da cerca elétrica, construção de novos produtos e tecnologias, construções civis, etc.

2 Fundamentação teórica

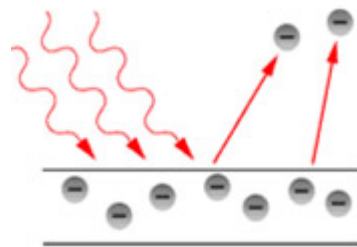
2.1 Conceitos iniciais

Neste capítulo, serão apresentados alguns conceitos relacionados à energia solar fotovoltaica que foram necessários para o entendimento do funcionamento destes sistemas. Inicialmente será feita uma descrição do efeito fotovoltaico, logo em seguida serão expostos detalhes referentes à irradiação solar. Será apresentada uma classificação para os sistemas fotovoltaicos de acordo com o tipo de uso e, por fim, serão mostradas as principais características dos componentes de um sistema fotovoltaico.

2.1.1 Efeito fotovoltaico

O físico francês Alexandre Edmond Becquerel foi o primeiro a observar este efeito, no ano de 1839. É bastante comum criar-se confusão entre os efeitos fotovoltaico e fotoelétrico, porém, são efeitos diferentes, embora estejam relacionados. O efeito fotoelétrico, ilustrado na Figura 2, também observado inicialmente pelo físico Alexandre Becquerel, foi confirmado por Heinrich Hertz e posteriormente explicado por Albert Einstein e consiste na emissão de elétrons por um determinado material, quando exposto à radiação eletromagnética. Por outro lado, o efeito fotovoltaico provoca o surgimento de uma tensão elétrica em um material semicondutor, quando exposto à luz visível.

Figura 2: Efeito fotoelétrico.



Fonte: BORGES, 2018.

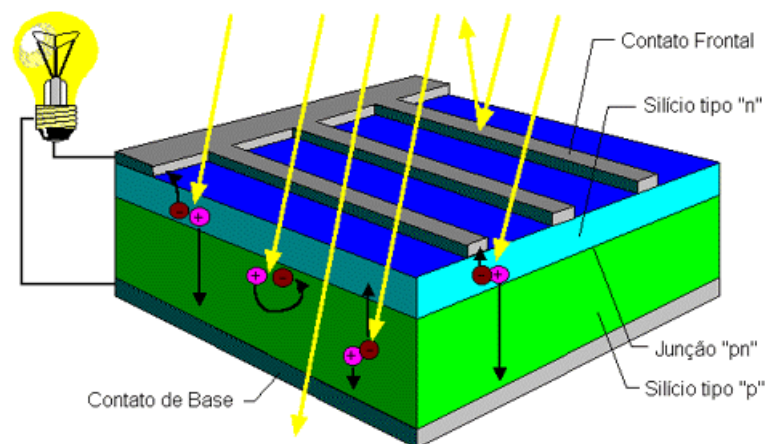
Os elétrons da banda de valência de um material podem saltar para a banda de condução, caso recebam fótons de radiação eletromagnética, criando, por sua vez, uma lacuna que pode ser preenchida por um novo elétron, caracterizando o efeito da recombinação. Tal efeito permite ao material permanecer eletricamente neutro, caso não exista nenhuma impureza. O processo de dopagem consistem na inserção de um elemento químico em um

semicondutor a fim de remover a sua característica de eletricamente neutro (BLUESOL, 2018).

Para formação de um material semicondutor do tipo P, comumente se adiciona um átomo de Boro (B), que possui 3 elétrons em sua camada de valência, a um cristal de Silício (Si), que possui 4 elétrons na camada de valência, tornando o material eletricamente positivo. De forma semelhante, ao adicionar-se um átomo de Fósforo (P), que possui 5 elétrons na camada de valência, a uma estrutura cristalina de Silício, forma-se um material semicondutor do tipo N, eletricamente negativo. A junção destes dois materiais semicondutores extrínsecos caracteriza uma junção PN, que pode ser utilizada para criação de uma célula fotovoltaica, por exemplo (SOUZA PEREIRA, Lilian).

Na área da junção PN, os elétrons livres do semicondutor tipo N poderão migrar para o semicondutor do tipo P, porém, devido ao aparecimento de um campo elétrico nessa área, este processo torna-se mais difícil. Dessa forma, ao receber fótons de luz visível, os elétrons não conseguem mais fluir da camada N para a camada P. Para criação da célula fotovoltaica, é necessário ligar as duas camadas externamente para que a corrente elétrica gerada na passagem dos elétrons de uma camada para outra seja aproveitada. A Figura 3 mostra a composição de uma célula fotovoltaica.

Figura 3: Composição de uma célula fotovoltaica.



Fonte: BLUESOL, 2018.

2.1.2 Radiação e irradiação solar

A radiação e irradiação solar são duas definições relacionadas com a quantidade de energia solar em uma determinada área, seja em um período de tempo ou de forma ins-

tantânea. A radiação solar, também chamada de insolação, é uma medida da quantidade de energia solar que incide em uma determinada região por um período de tempo. Normalmente sua medida é dada em Wh ou kWh por metro quadrado (Wh/m^2 ou kWh/m^2). Como a energia é definida como o produto da potência pelo tempo, a insolação é a irradiação ao longo do tempo.

Por outro lado, a irradiação solar é a intensidade da luz do sol (ou potência) em determinada área. Sua medida é expressa em W/m^2 . Tendo em vista que a potência é uma medida instantânea, a irradiação também é, quantificando a intensidade da luz do sol em determinado momento (STERN, 2017).

Estas duas informações são muito importantes para o correto dimensionamento de sistemas fotovoltaicos, pois influenciam diretamente na capacidade de geração de um sistema e devem ser levadas em conta nos cálculos preliminares.

Existem muitas instituições que fornecem dados a respeito da energia solar em determinadas localidades, sendo estas informações disponíveis para regiões restritas, entretanto, existe um banco de dados fornecido pela Agência Espacial Americana (NASA) que engloba informações de todo o território mundial. Particularmente, no Brasil, existe um banco de dados de radiação solar mantido pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica - Sérgio de Salvo Brito (CRESESB), uma entidade vinculada ao Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL. Este banco de dados está disponível no endereço <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata> e para que a consulta seja realizada, basta inserir os dados referentes à latitude e longitude do local desejado na ferramenta SUNDATA. A tela de pesquisa disponível no endereço da web está mostrada na Figura 4 (BLUESOL, 2018).

2.2 Tipos de sistemas fotovoltaicos

Um sistema fotovoltaico pode ser definido como um sistema capaz de gerar eletricidade que utiliza como fonte primária a energia proveniente da radiação solar. Este tipo de sistema é composto por um conjunto de equipamentos que possuem a função de gerar energia elétrica em corrente contínua e converter para corrente alternada. Uma classificação típica para sistemas fotovoltaicos é entre os sistemas conectados à rede e os sistemas isolados. O primeiro tipo utiliza a rede elétrica da concessionária local de forma auxiliar, injetando a potência ativa gerada de forma excedente, sendo convertida em forma de cré-

Figura 4: Acesso ao SUNDATA pelo site do CRESESB.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio Brito / CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
 Av. Horácio Macedo, 354 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro - RJ - Brasil, CEP 21941-911
 Tel: 55 (21) 2598-6174 / 2598-6187 - Fax: 55 (21) 2280-3537 - E-mail: creseb@cepel.br
 (Atendimento de segunda à sexta, das 8:00 às 16:30)
 Arte e Desenvolvimento Web: Bruno Montezano, 2014

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>.

ditos energéticos, enquanto que o segundo tipo não possui nenhuma ligação com a rede da concessionária, tendo toda a sua geração de energia elétrica armazenada em um banco de baterias.

2.2.1 Sistemas conectados à rede (on-grid)

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCR), também conhecidos como sistemas fotovoltaicos *on-grid*, são utilizados em conjunto com a rede pública de distribuição de energia, atuando de forma auxiliar e paralela em relação à rede. Grande parte da energia gerada é consumida no local de instalação e o excedente é inserido na rede elétrica e é convertido em créditos energéticos que possuem validade de 5 anos. Dessa forma, é possível gerar energia durante o dia e diminuir os custos com energia elétrica durante o período noturno utilizando os créditos gerados.

Para utilização de um SFCR, é necessário que um engenheiro eletricista dimensione e elabore um projeto elétrico do sistema, submetendo ao departamento de engenharia da concessionária de energia local. Após o projeto ser analisado e aprovado pelo departamento técnico, será realizada uma vistoria por uma equipe da concessionária para

verificação do sistema em funcionamento.

Um dos principais equipamentos de um SFCR é o inversor interativo, ou inversor *grid-tie*, este equipamento deverá ser configurado de acordo com alguns parâmetros definidos em norma. Por exemplo, o sistema fotovoltaico deverá operar em sincronismo com os níveis de tensão e frequência da rede elétrica, respeitando os valores limite nominais. Além disso, caso aconteça alguma falha, o inversor deverá ser capaz de se desconectar da rede e religar após um determinado tempo, também definido em norma, quando o problema for resolvido. A Figura 5 ilustra um inversor deste tipo, do fabricante Fronius.

Figura 5: Inversor *grid-tie* do fabricante Fronius.

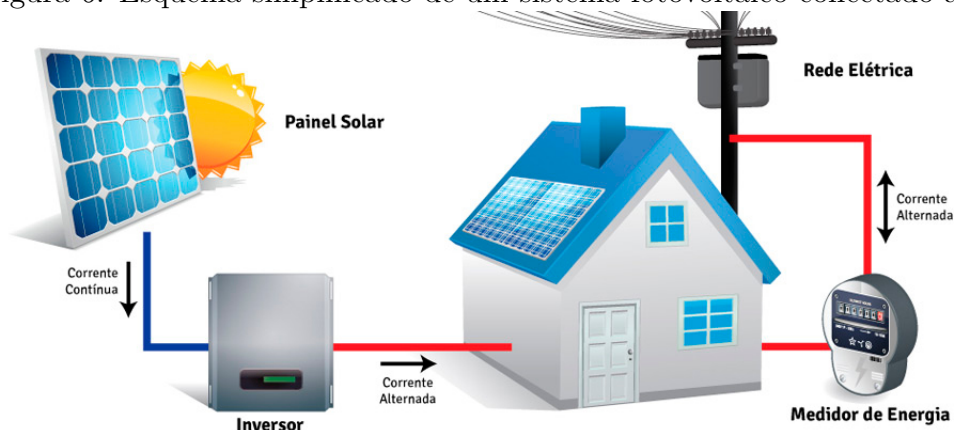


Fonte: <https://www.neosolar.com.br/loja/inversor-fronius-primo-5-0-1-5000w.html>.

A última etapa para liberação da instalação fotovoltaica é a troca do medidor de energia. A equipe da concessionária fará a troca do medidor unidirecional por um medidor bidirecional a fim de tornar possível a leitura correta da potência ativa que será injetada na rede. Um esquema simplificado de um SFCR está ilustrado na Figura 6.

O funcionamento começa nos painéis fotovoltaicos, onde a radiação solar será convertida em energia elétrica (corrente contínua). Para que o sistema atue em paralelo à rede elétrica, a energia gerada em corrente contínua deverá passar pelo inversor interativo para que seja convertida em corrente alternada e também para que todas as medidas de segurança exigidas por norma sejam atendidas. Dessa forma, a energia será injetada na rede elétrica da residência e poderá ser diretamente consumida pelos equipamentos instalados

Figura 6: Esquema simplificado de um sistema fotovoltaico conectado à rede.



Fonte: <http://universosolar.com/sistemas-fotovoltaicos-conectados-a-rede/>.

ou injetada na rede para geração de créditos energéticos. O medidor bidirecional será responsável por identificar quanto de energia está entrando e saindo da rede elétrica.

2.2.2 Sistemas isolados (off-grid)

Diferente dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, os sistemas fotovoltaicos *off-grid* ou autônomos (SFA), não possuem conexão com a rede elétrica pública. Toda a energia gerada é armazenada em um banco de baterias, o que torna o sistema com um custo mais elevado, entretanto com a capacidade de fornecer energia elétrica nos períodos diurno e noturno. Por este motivo, sua aplicação é restrita para casos específicos, tais como aplicações em zonas rurais, em locais onde não existe fornecimento de energia elétrica, etc. Dentro destes sistemas, ainda é possível subdividi-los em sistemas fotovoltaicos isolados puros e híbridos. Os sistemas híbridos possuem um gerador auxiliar que utiliza outra fonte para geração de energia elétrica, como um gerador a combustível, por exemplo.

Os principais componentes de um sistema fotovoltaico autônomo estão ilustrados na Figura 7. A lista abaixo faz uma descrição resumida de cada componente:

1. **Arranjo fotovoltaico:** É formado pelo conjunto de painéis fotovoltaicos utilizados para geração da energia elétrica;
2. **Banco de baterias:** Componente muito importante de um SFA, possibilitando armazenar energia elétrica de acordo com a autonomia do projeto e associada eletricamente formando uma única unidade de armazenamento energética;

3. **Controlador de carga:** Responsável pelo gerenciamento da carga da unidade de armazenamento energético;
4. **Inversor autônomo:** Equipamento utilizado para conversão da corrente contínua dos painéis fotovoltaicos e do banco de baterias para utilização dos equipamentos a serem energizados.

Figura 7: Composição de um sistema fotovoltaico autônomo.



Fonte: BLUESOL, 2018.

2.3 Principais equipamentos utilizados em uma instalação fotovoltaica

Este tópico trará de forma resumida a identificação dos principais equipamentos utilizados em uma instalação fotovoltaica, destacando os principais pontos levados em conta na etapa de projeto.

2.3.1 Painéis fotovoltaicos

A Figura 8 mostra um painel fotovoltaico do fabricante Canadian Solar que possui potência nominal de 330 W. As principais características de um painel fotovoltaico levadas em consideração na etapa de projeto são a tensão de circuito aberto, a corrente de curto circuito e a potência nominal. Entretanto, manual possui diversas outras informações que podem ser úteis, tais como: dimensões do painel, eficiência, peso, entre outras.

Figura 8: Pannel fotovoltaico de 330 W do fabricante Canadian Solar.



Fonte: Google imagens.

2.3.2 Inversores de frequência

Um exemplo de inversor *grid-tie* está mostrado na Figura 5. Na Figura 9 é mostrado um exemplo de inversor autônomo, utilizado nos sistemas fotovoltaicos isolados.

Figura 9: Inversor autônomo.



Fonte: Google imagens.

Algumas informações deste equipamento são importantes para o projeto do SFCR ou do SFA, tais como sua eficiência, faixa de tensão MPPT, máxima tensão e corrente de entrada, potência nominal do equipamento e máxima potência de entrada.

2.3.3 Controladores de carga

Este equipamento é utilizado em sistemas fotovoltaicos autônomos. Sua principal função é realizar o gerenciamento da carga da unidade de armazenamento. A Figura 10 mostra um exemplo de controlador de carga.

Figura 10: Controlador de carga para painel solar.



Fonte: Google imagens.

Para escolha de qual modelo de controlador de carga utilizar, deve-se levar em consideração a tensão nominal do sistema e as correntes de entrada e saída.

2.3.4 Baterias estacionárias

As baterias utilizadas em sistemas fotovoltaicos autônomos são baterias estacionárias. Algumas informações importantes para o projeto a respeito das baterias são, por exemplo, suas capacidades útil e real, profundidade de descarga recomendada pelo fabricante e sua capacidade em ampère-hora. A Figura 11 ilustra como exemplo uma bateria estacionária do fabricante Moura.

Figura 11: Bateria estacionária do fabricante Moura.



Fonte: Google imagens.

3 Atividades desenvolvidas

As seções a seguir detalham as atividades desenvolvidas durante o estágio curricular obrigatório. Tais atividades envolveram além da elaboração de orçamentos para sistemas fotovoltaicos e uma solução proposta para automatização do processo, também o dimensionamento destes sistemas e projetos em *softwares* gráficos para alocação adequada dos painéis fotovoltaicos e acompanhamento das instalações.

3.1 Dimensionamento de sistemas fotovoltaicos on-grid

Para início de um projeto de um sistema de geração fotovoltaica é necessário realizar o dimensionamento de acordo com as necessidades energéticas do cliente. O primeiro passo da empresa é solicitar uma cópia da conta de energia ou o valor do consumo em kWh do cliente. A partir desses dados é observado o consumo médio desse cliente e então é calculado o valor em kWp (kilowatt-pico) de acordo com a região onde o sistema fotovoltaico será instalado e com o rendimento aproximado desejado. A potência em kWp é utilizada para caracterização de sistemas fotovoltaicos e corresponde a potência de um painel quando submetido às condições padronizadas de teste STC (*Standard Test Conditions*). A Equação 1 expressa todos estes parâmetros:

$$Potencia_{(kWp)} = \frac{\left(\frac{Potencia_{(kWh)}}{30} \right)}{Irradiacao \times Rendimento} \quad (1)$$

A partir do valor da potência calculado, é verificada a disponibilidade de equipamentos junto aos fornecedores da empresa. Os dados referentes à radiação solar, conforme mencionado na subseção 2.1.2, são obtidos na ferramenta SUNDATA. Pode-se observar na Figura 12 um exemplo dos dados de radiação solar para cidade de João Pessoa-PB.

Figura 12: Índice de irradiação solar para cidade de João Pessoa-PB.

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Joao Pessoa
Município: Joao Pessoa , PB - BRASIL
Latitude: 7,201° S
Longitude: 34,849° O
Distância do ponto de ref. (7,1694° S; 34,8606° O): 3,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
<input checked="" type="checkbox"/>	Piano Horizontal	0° N	5,91	5,97	6,03	5,35	4,83	4,40	4,48	5,27	5,71	6,00	6,13	6,03	5,51	1,73
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	7° N	5,66	5,82	6,03	5,49	5,08	4,67	4,73	5,46	5,77	5,90	5,89	5,75	5,52	1,36
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	5° N	5,74	5,87	6,04	5,46	5,01	4,60	4,67	5,41	5,76	5,93	5,96	5,83	5,52	1,44
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	20° N	5,06	5,40	5,85	5,60	5,38	5,02	5,05	5,67	5,71	5,54	5,31	5,07	5,39	,82

Fonte: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>

Como exemplo, está ilustrada na Figura 13 uma conta de energia de um cliente que não será identificado. Esta conta servirá como base para explicação das etapas desenvolvidas nesta atividade e nas posteriores.

No início do estágio, para elaboração dos orçamentos para sistemas fotovoltaicos, foi necessário observar na conta de energia do cliente qual o seu consumo médio. O valor do consumo médio é inserido na Equação 1 para obtenção do valor da potência em kilowatt-pico. O consumo médio deste cliente está destacado no retângulo vermelho da Figura 13.

Anterior		Atual		Constante	Consumo	Dias
Data	Leitura	Data	Leitura			
10/11/17	405902	12/12/17	418726	1	12824	32

Demonstrativo									
CCI	Descrição	Quantidade	Tarifa/	Valor Base Calc.	Aliq.	ICMS(R\$)	Base Calc. Pis(R\$)	Cofins(R\$)	
			Tributos Total(R\$)	ICMS(R\$)	ICMS	Fis/Cofins(R\$)	(0,8068%)	(3,7256%)	
0801	Consumo em kWh	12824,000	0,701880	9001,18	9001,18	26	2280,29	9001,18	72,80
0801	Adic. B. Vermelha			773,45	773,45	26	193,36	773,45	6,25
LANÇAMENTOS E SERVIÇOS									
0807	CONTRIB SERV. ILLUM PÚBLICA			884,22	0,00	0	0,00	0,00	0,00
TOTAL				10.458,85	9.774,63	2.443,65	9.774,63	79,05	364,15

Média últimos meses (kWh)	VENCIMENTO	TOTAL A PAGAR
13365	19/12/2017	R\$ 10.458,85

Figura 13: Exemplo de conta de energia de um cliente.

Para a conta mostrada na Figura 13 a potência em kWp será:

$$Potencia_{kWp} = \frac{\left(\frac{13365kWh}{30}\right)}{5,51 \times 0,80} \approx 101,06kWp \quad (2)$$

Conhecendo este valor, o sistema fotovoltaico pode ser dimensionado verificando a disponibilidade dos equipamentos nos catálogos dos fornecedores. Estes catálogos contêm kits que são identificados por sua potência em kWp, com uma pré-seleção dos equipamentos necessários realizada pelo próprio fornecedor e também os preços individuais de cada equipamento: painel fotovoltaico, inversor interativo, cabeamento, estrutura de fixação,

etc.

3.2 Elaboração de orçamentos

Nesta seção serão apresentados dois tópicos, um identificado como "Maneira convencional", que corresponde a forma como os orçamentos da empresa são usualmente elaborados e outro tópico que apresenta uma proposta de *software* para automatizar o processo de geração dos orçamentos visando agilidade na sua elaboração.

3.2.1 Maneira convencional

A empresa dispõe de um arquivo modelo para orçamentos desenvolvido no *software* Microsoft Word, neste modelo os valores dos campos referentes a cada cliente são substituídos de acordo com as necessidades. Existe também uma tabela de custos que é utilizada para auxiliar na obtenção do valor final do sistema fotovoltaico.

Após identificar o consumo médio do cliente é calculado o valor correspondente em kilowatt-pico (kWp) e a partir deste valor os fornecedores são consultados para verificar a disponibilidade dos equipamentos. Conhecendo quais equipamentos serão utilizados (painéis fotovoltaicos, inversores *grid-tie*, cabos, conectores e estrutura de fixação), a tabela de custos é atualizada e o modelo de orçamento é criado em uma pasta específica para cada cliente.

Os principais parâmetros para o orçamento que necessitam ser calculados estão listados abaixo:

- *Payback* (Tempo que o cliente compensa o investimento);
- Rentabilidade do investimento ao ano;
- Capacidade de geração do sistema fotovoltaico;
- Economia mensal;
- Economia líquida.

O cálculo destes parâmetros é algo repetitivo, então, visando agilizar o processo de elaboração dos orçamentos de uma forma simples, foi criada uma planilha no Microsoft

	A	B	C	D
1	Tarifa	R\$ 0,70		
2	Potencia dos paineis	50	kWp	
3	Valor investido	R\$ 150.000,00		
4				
5				
6				
7	Capacidade de geração	6600	kWh/mês	
8	Rentabilidade	36,96%		
9	Tempo	2,7	anos	
10	Economia mensal	R\$ 4.620		
11	Economia liquida	R\$ 1.236.000,00		
12				
13				
14				

Figura 14: Tabela de auxílio para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos.

Excel para calcular estes parâmetros a partir das necessidades dos clientes, esta tabela está exemplificada na Figura 14.

Após calcular estes parâmetros, o arquivo modelo do Word é alterado para que estas informações estejam disponíveis para o cliente, sendo gerado um arquivo PDF ao final do processo, este arquivo PDF será enviado para que o cliente possa analisar a proposta.

3.2.2 Proposta de software para automatizar processo

Como citado na subseção anterior, a elaboração de um orçamento para sistemas fotovoltaicos é muito repetitiva, pois todo o processo é muito semelhante para a maioria dos casos. Sendo assim, foi implementado um *software* desenvolvido na linguagem de programação C# para elaboração de alguns documentos úteis no dia a dia da empresa. As principais funcionalidades deste *software* estão listadas abaixo:

- Elaboração de orçamentos
- Contratos
- Recibos

A tela inicial do *software* está ilustrada na Figura 15. Nesta tela é possível visualizar a data e o dia da semana na barra de *status* da parte inferior da janela, enquanto que na parte superior o usuário possui acesso ao menu de opções. Este menu contém as opções para cadastrar os orçamentos, escolher o tipo de contrato que deseja elaborar e também uma opção para criar um novo recibo. Além disso, existe um menu para ajuda, caso o

usuário sinta alguma dificuldade e uma janela com as informações de criação do *software*, tais como versão atual, autoria e data de criação.



Figura 15: Tela inicial do *software* de orçamentos.

A janela para cadastro de orçamentos, mostrada na Figura [16](#), disponibiliza alguns campos para que o usuário preencha de acordo com suas necessidades e ao final o modelo de orçamento seja preenchido automaticamente. Esta tela está dividida em 3 abas, na primeira aba o usuário poderá realizar o dimensionamento do sistema fotovoltaico após analisar a conta de energia do cliente. Além disso, nesta mesma aba é possível verificar qual a capacidade de geração mensal de um sistema caso o usuário informe a potência em kilowatt-pico.

Na segunda aba da janela de cadastro de orçamentos é possível realizar uma estimativa de custos do sistema. O formato do formulário é semelhante ao de uma tabela do excel, onde estão discriminados os campos de acordo com sua descrição, quantidade, preço unitário e preço total. Para composição do valor final do sistema fotovoltaico existe mais um campo importante, a comissão do vendedor, quando necessário. Ao final da inserção dos valores do sistema, o usuário tem como retorno o valor total para venda e também o custo do kilowatt-pico de acordo com a potência da instalação fotovoltaica.

Um diagrama de casos de uso para o *software* desenvolvido é mostrado na Figura [17](#). Este diagrama ilustra as principais funções do programa disponíveis para uso pelo usuário que irá manipular a ferramenta, que será o Engenheiro Eletricista.

O diagrama mostra 4 casos de uso principais: Criar recibo, criar um contrato, consultar ajuda e cadastrar orçamento. Os casos de uso "Fotovoltaico", "Aquecimento de banho" e

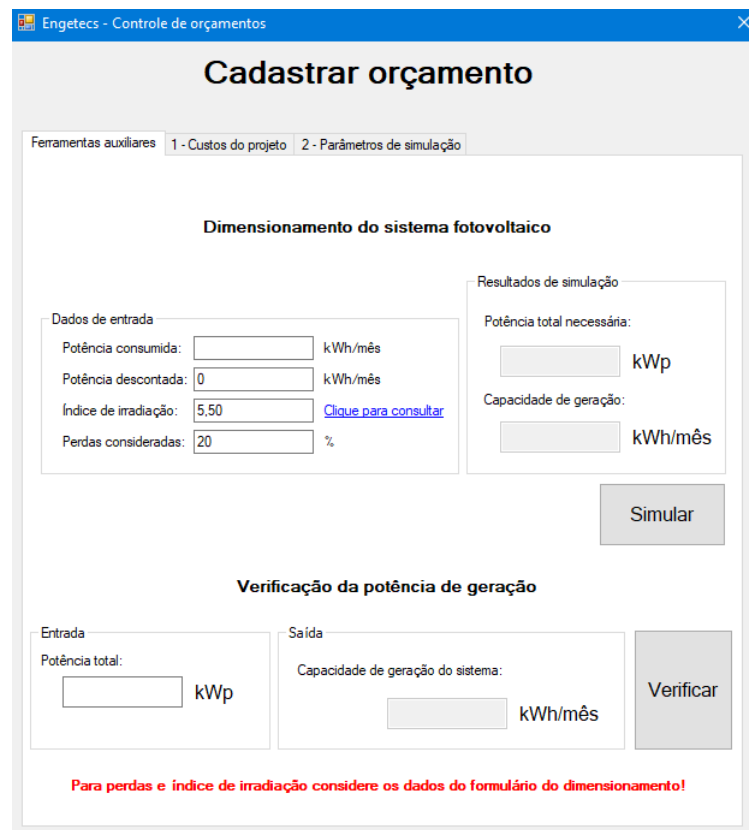


Figura 16: Tela para criação de orçamentos do *software*.

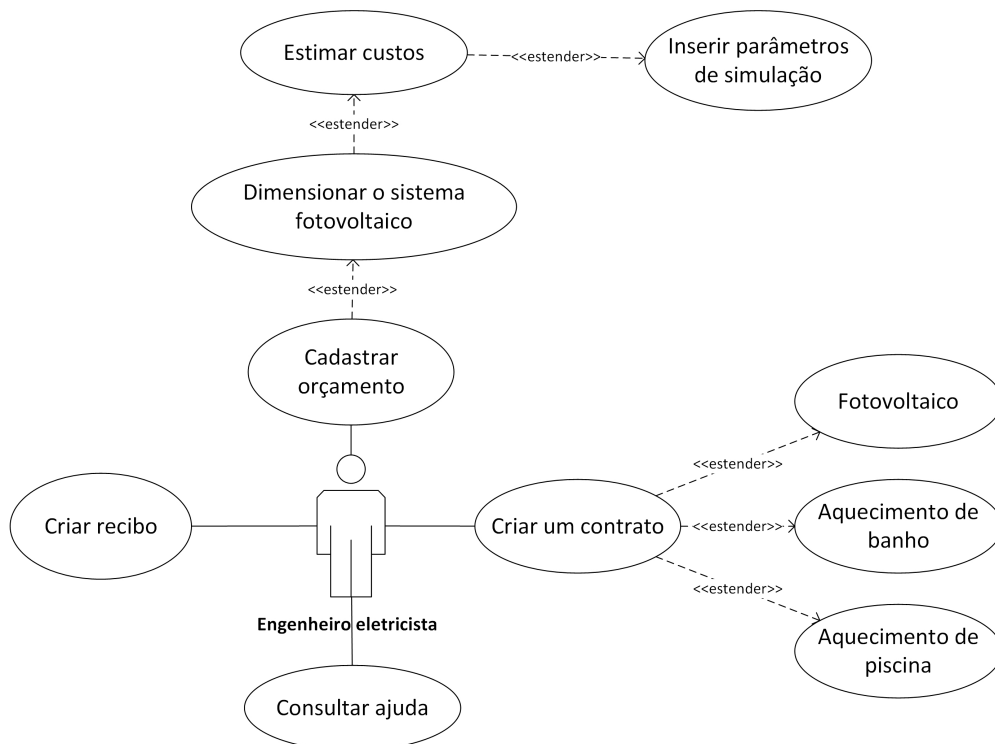


Figura 17: Diagrama de casos de uso.

"Aquecimento de piscina" estendem o caso de uso principal "Criar um contrato". Isso acontece porque para que o usuário possa criar um tipo de contrato específico é necessário que ele antes selecione a opção de criar um contrato no menu do programa.

Analogamente, o caso de uso "Cadastrar orçamento" possui três casos de uso do tipo "estender". Novamente isso se dá pelo fato das opções serem dependentes umas das outras. Por exemplo, para que o usuário possa fazer uma estimativa de custos, é necessário que ele selecione primeiro o menu de cadastrar orçamento e realize o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

Por fim, existem mais dois casos de uso principais. O primeiro caso de uso refere-se à criação de documentos de recibo, onde o usuário poderá inserir os dados do cliente e informações de pagamento. No segundo caso, é ilustrado o processo de consulta do menu de ajuda, onde está disponível a documentação do *software*.

3.3 Alocação de painéis fotovoltaicos em *softwares* gráficos

Uma outra atividade importante no projeto de sistemas fotovoltaicos é a alocação correta dos painéis fotovoltaicos no telhado do cliente. O procedimento adotado na Engetecs é de realizar uma visita técnica no possível local onde será feita a instalação, a fim de obter todas as medidas e dimensões do telhado do cliente e verificar possíveis objetos que possam causar sombreamento em algum painel fotovoltaico. Após essa visita técnica, o telhado e os possíveis objetos são desenhados no software *Google Sketchup*. Este esboço permite determinar a melhor posição para os painéis, verificar os pontos de sombreamento e também confirmar que os materiais da estrutura de fixação serão suficientes. As Figuras 18 e 19 mostram o telhado de um cliente que foi fotografado durante uma visita técnica.

Conhecendo todas as medidas do telhado e observando os objetos ao redor que possam ocasionar sombreamento, foi elaborado um projeto de desenho no *software Google Sketchup*, conforme está mostrado na Figura 20.

A Imagem 21 mostra o sistema deste cliente instalado em seu telhado após a etapa de alocação dos painéis.

3.4 Acompanhamento da vistoria nas instalações

Além das atividades já expostas nas seções anteriores, também foi possível acompanhar o processo de instalação, vistoria e ligação do sistema fotovoltaico de dois clientes: o



Figura 18: Imagem 1 do telhado de um cliente durante a visita técnica.



Figura 19: Imagem 2 do telhado de um cliente durante a visita técnica.

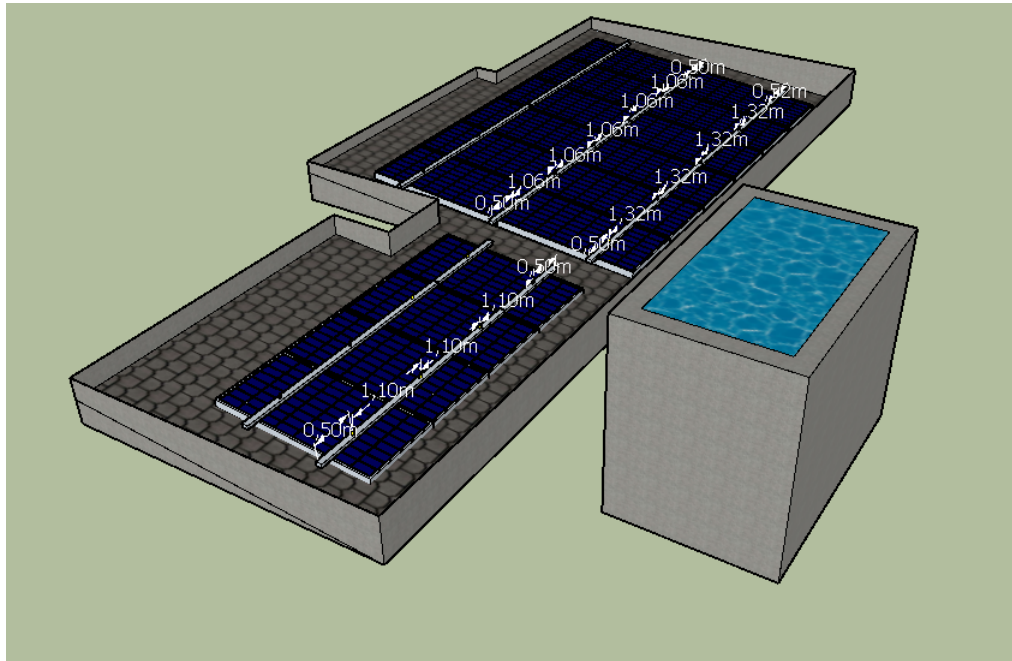


Figura 20: Projeto do telhado do cliente no Google Sketchup.



Figura 21: Instalação do sistema fotovoltaico do cliente.

primeiro cliente possui uma instalação no bairro do Costa e Silva e outro cliente na praia da Penha, ambos no município de João Pessoa-PB.

O primeiro cliente, no Costa e Silva, já estava com o sistema fotovoltaico instalado, faltando apenas ajustar alguns detalhes na instalação elétrica da sua residência para que a vistoria junto à Energisa fosse realizada. Durante a vistoria, um técnico da Energisa virá até a residência e verificará os seguintes itens:

- Cabeamento correto no projeto
- Disjuntores
- Aterramento
- Parâmetros do inversor de frequência de acordo com o projeto
- Funcionamento do sistema fotovoltaico junto à rede da concessionária local

Para troca do medidor de energia convencional pelo medidor bidirecional, que é a última etapa para liberação do funcionamento do sistema de geração, foi necessário fazer alguns ajustes na instalação elétrica da residência do cliente. Esta atividade foi acompanhada pelo técnico de instalação e pelo engenheiro eletricista. As imagens [22](#), [23](#), [24](#) e [25](#) mostram o processo de adequação da instalação.



Figura 22: Técnico de instalação manuseando o quadro de distribuição da residência.



Figura 23: Medidor de energia convencional.



Figura 24: Conexões do inversor de frequência.



Figura 25: Técnico de instalação realizando ajustes na estrutura física para instalação do medidor bidirecional.

A Imagem [26](#) mostra a instalação dos painéis fotovoltaicos dessa instalação, que possui uma potência de geração de 5,50 kWp.



Figura 26: Sistema fotovoltaico do cliente 1 instalado.

Na instalação do segundo cliente, na praia da Penha, foi necessário modificar os parâmetros que vieram configurados de fábrica no inversor de frequência, adequando-os de acordo com os parâmetros do projeto e regulamentados pela Energisa. Um computador foi necessário para realizar a conexão com o inversor e posterior configuração internas por meio do *software Shinebus*, fornecido pelo fabricante do equipamento. Após esta etapa, o técnico da Energisa compareceu ao local de instalação e solicitou que o sistema fosse ligado para que ele conferisse todas as proteções que constavam nos documentos do projeto e o cabeamento.



Figura 27: Vistoria do sistema fotovoltaico junto à Energisa.



Figura 28: Sistema fotovoltaico do cliente 2 instalado.

4 Conclusão

Neste relatório foram reportadas as atividades desenvolvidas ao longo do estágio na empresa Engetecs - Engenharia de Inovação Tecnológica Ltda durante o período de seis meses.

A maioria das atividades desenvolvidas estava relacionada com tópicos de instalações elétricas, o que representou uma das maiores dificuldades encontradas, pois o estagiário optou por cursar as disciplinas da ênfase de Automação e Controle. Entretanto, estas dificuldades encontradas no estágio foram fundamentais para que o estagiário trabalhasse fora da sua zona de conforto e obtivesse um aprendizado além dos conteúdos vistos em sala de aula durante sua graduação. A experiência e o contato com os técnicos de instalação e de produção também representaram parte deste aprendizado.

5 Referências bibliográficas

Bluesol Energia Solar. Tecnologias de painéis fotovoltaicos. Ribeirão Preto - SP: [s.n.], 2018. 20 p.

SOUZA PEREIRA, Lilian. Dopagem eletrônica - Semicondutores. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/dopagem-eletronica/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

BORGES DE ALMEIDA, Frederico. Efeito fotoelétrico - Definição do efeito fotoelétrico. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>>. Acesso em: 20 out. 2018.

STERN, Eliezer. Radiação solar e irradiação. Disponível em: <<https://krinatsolar.com.br/radiacao-solar-e-irradiacao/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

Bluesol Energia Solar. O sol como fonte de energia. Ribeirão Preto - SP: [s.n.], 2018. 20 p.

Bluesol Energia Solar. Sistemas fotovoltaicos - Definição e classificação. Ribeirão Preto - SP: [s.n.], 2018. 16 p.