

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA  
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

ALLAN GUILHERME PRIM  
KARIN GISELE SCOPEL  
RAFAEL MATIUSSI VAZ

**AUTOMAÇÃO DO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE: ESTUFA  
AUTOSSUSTENTÁVEL PARA A PRODUÇÃO DE MORANGOS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA  
2019

ALLAN GUILHERME PRIM  
KARIN GISELE SCOPEL  
RAFAEL MATIUSSI VAZ

**AUTOMAÇÃO DO AGRONEGÓCIO DE PEQUENO PORTE: ESTUFA  
AUTOSSUSTENTÁVEL PARA A PRODUÇÃO DE MORANGOS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Elétrica apresentado à disciplina de Trabalho de conclusão de curso 2, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Eng. Roberto Candido

CURITIBA  
2019



ALLAN GUILHERME PRIM  
KARIN GISELE SCOPEL  
RAFAEL MATIUSSI VAZ

## Automação do Agronegócio de Pequeno Porte: Estufa Autossustentável para a Produção de Morangos

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 21 de novembro de 2019.

---

Prof. Antonio Carlos Pinho, Dr.  
Coordenador de Curso  
Engenharia Elétrica

---

Profa. Annemarlen Gehrke Castagna, Ma.  
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso  
de Engenharia Elétrica do DAELT

### ORIENTAÇÃO

---

Roberto Candido, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Orientador

### BANCA EXAMINADORA

---

Cesar Eduardo F. Castañeda, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Ednilson Soares Maciel, Me.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Roberto Candido, Dr.  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Elétrica.

Ao plano espiritual. Aos meus pais e ao meu irmão. A todos os meus amigos, minha eterna gratidão.

*Allan Guilherme Prim*

Agradeço a Deus por me acompanhar em todos os momentos dessa caminhada. Aos meus pais, Téia e Leocir, por todo o suporte e dedicação. Aos meus irmãos, Bruno e Dudu, pelo companheirismo e apoio. Ao João pela paciência, carinho e incentivo. Aos meus colegas de equipe, Allan e Rafael, pela parceria. E a todos que de alguma maneira me incentivaram e ajudaram.

*Karin Gisele Scopel*

Agradeço primeiramente a Deus e meus pais, Alonso e Sônia, por todo o suporte prestado durante toda minha vida — de todos, o financeiro é o menor deles. Sou imensamente grato por isso e não tenho como retribuir o suficiente a eles. Agradeço também a minha irmã Tamara que tanto amo e não poderia deixar de citá-la aqui.

*Rafael Matiussi Vaz*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao nosso orientador Professor Dr. Roberto Candido por nos ter concedido a oportunidade e os meios de realizar este trabalho, assim como o ter conduzido sempre de maneira bem humorada e acessível. Agradecemos ao Ozanan Martins de Oliveira pela hospitalidade, por nos ter recebido em sua propriedade e fornecido os dados necessários para a realização do trabalho. Agradecemos ao SEBRAE pela parceria. E por último agradecemos aos professores da banca examinadora pelas contribuições fornecidas.

## RESUMO

PRIM, Allan Guilherme; SCOPEL, Karin Gisele; VAZ, Rafael Matiussi. **Automação do Agronegócio de Pequeno Porte: Estufa Autossustentável Para a Produção de Morangos**. 2019. 107f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

O presente trabalho de conclusão de curso apresenta o estudo, dimensionamento e análise de viabilidade econômica de um sistema de energia solar fotovoltaico para uma propriedade de cultivo de morangos. Partindo do cenário apresentado na introdução, consultou-se nos referenciais teóricos possíveis soluções para a demanda de energia elétrica. Foram levantadas informações referentes às cargas elétricas. Utilizou-se a base de dados *SunData* e o *software* gratuito *System Advisor Model* para análise de potencial energético solar e após, foram mostrados os componentes presentes no sistema, bem como o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos e do inversor solar. Também, o dimensionamento foi comparado com outros orçamentos para a validação do estudo, sendo calculados os tempos de payback e valores de fluxo de caixa para 20 anos. Concluiu-se que o sistema proposto é válido e adequado para a instalação na localidade em estudo.

Palavras-chave: Energia solar. Painéis fotovoltaicos. Viabilidade econômica.

## **ABSTRACT**

PRIM, Allan Guilherme; SCOPEL, Karin Gisele; VAZ, Rafael Matiussi. **Small-scale Agribusiness Automation: Self-sustaining Greenhouse for Strawberry Production.** 2019. 107f. Trabalho de Conclusão de Curso Engenharia Elétrica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

The present final paper presents the study, sizing and economic viability analysis of a solar energy system for a strawberry farm. Based on the scenario presented in the introduction, was consulted in the theoretical references possible solutions for the demand of electric energy. It was collected informations related to electric charges. It was used the SunData database and the free System Advisor Model software for solar energy potential analysis and afterwards, the components present in the system as well as the sizing of the photovoltaic modules and the solar inverter were shown. Also, the sizing was compared with other budgets for study validation, being calculated payback times and cash flow values for 20 years. It was concluded that the proposed system is valid and suitable for installation in the locality under study.

Key words: Solar energy. Photovoltaic panel. Economic viability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Seção transversal de uma célula solar no microscópio eletrônico.....	22
Figura 2 – Corte transversal de uma célula fotovoltaica.....	22
Figura 3 – Célula, módulo e painel fotovoltaico.....	23
Figura 4 – Esquema do sistema fotovoltaico autônomo - Off-Grid.....	25
Figura 5 – Esquema do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica - On-Grid....	25
Figura 6 – Ângulo de declinação solar durante solstícios. ....	26
Figura 7 – Total diário de radiação global horizontal no Brasil.....	27
Figura 8 – Ângulos formados entre o sol e a superfície da terra.....	28
Figura 9 – Produção de morangos em São José dos Pinhais.....	31
Figura 10 – Sistema de automação de estufas agrícolas.....	34
Figura 11 – Sistema de ventilação natural. ....	35
Figura 12 – Sistema de ventilação mecânica com ventilador no teto.....	35
Figura 13 – Sistema de ventilação mecânica com ventilador na lateral da parede...	36
Figura 14 – Misturador. ....	42
Figura 15 – Container que funcionará como câmara fria. ....	43
Figura 16 – Congelador utilizado para congelar os morangos.....	43
Figura 17 – Visualização dos dados.....	45
Figura 18 – Irradiação solar no plano inclinado com ângulo igual à latitude. ....	48
Figura 19 – Irradiação anual em São José dos Pinhais. ....	49
Figura 20 – Cabeamento solar.....	50
Figura 21 – Características do cabeamento solar.....	51
Figura 22 – Presilha para telhas.....	52
Figura 23 – Detalhe das presilhas e perfil do suporte. ....	52
Figura 24 – Suporte para telhado.....	53
Figura 25 – Estrutura de suporte para instalação no chão.....	53
Figura 26 – Conexão do inversor grid-tie. ....	54
Figura 27 – Inversor grid-tie. ....	57
Figura 28 – Dados de entrada do inversor.....	57
Figura 29 – Dados de saída do inversor. ....	58
Figura 30 – Dados gerais do inversor. ....	58
Figura 31 – Sistema fotovoltaico com alta tensão de entrada.....	59
Figura 32 – String-box.....	60

Figura 33 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico.....	62
Figura 34 – Dados de entrada do inversor.....	62
Figura 35 – Gráfico de fluxo de caixa acumulado durante 20 anos.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Levantamento de cargas elétricas.....	41
Tabela 2 – Levantamento de cargas elétricas instaladas incluindo a câmara fria.....	42
Tabela 3 – Histórico de consumo de energia elétrica.....	44
Tabela 4 – Irradiação anual em São José dos Pinhais. ....	48
Tabela 5 – Planilha autoral de valores elaborada para o sistema fotovoltaico.....	63
Tabela 6 – Comparativo dos orçamentos avaliados e do orçamento autoral.....	64
Tabela 7 – Demonstração de payback.....	65



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
1.1 TEMA .....	13
1.1.1 Delimitação do Tema .....	14
1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS.....	15
1.3 OBJETIVOS .....	15
1.3.1 Objetivo Geral .....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
1.4 JUSTIFICATIVA .....	16
1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	17
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	17
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
2.1 AGRONEGÓCIO.....	18
2.2 SUSTENTABILIDADE .....	19
2.2.1 Sustentabilidade em Energia Elétrica.....	19
2.3 ENERGIA SOLAR.....	20
2.3.1 Princípio de Funcionamento da Célula Solar .....	21
2.3.2 Módulo Fotovoltaico .....	23
2.3.3 Tecnologias On-Grid e Off-Grid.....	24
2.3.4 Radiação Solar.....	26
2.4 SEBRAE.....	28
2.5 MORANGO .....	29
2.5.1 Cultivo do Morango .....	29
2.6 ESTUFA .....	31
2.6.1 Funcionamento.....	32
2.6.2 Classificação .....	32
2.6.3 Utilização.....	33
2.6.4 Climatização.....	34
2.6.4.1 Ventilação.....	34
2.6.4.2 Aquecimento .....	36

2.6.4.3 Aspersão e nebulização de água .....	36
2.6.4.4 Luminosidade .....	37
2.7.1 Normatização .....	37
2.7.2 Definições.....	38
2.7.3 O Sistema de Compensação.....	38
<b>3 LEVANTAMENTO DAS CARGAS ELÉTRICAS INSTALADAS NA PROPRIEDADE RURAL.....</b>	<b>40</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE.....	40
3.2 CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA .....	44
<b>4 MODELO DE ESTUFA AUTOSSUFICIENTE ENERGETICAMENTE PARA A PRODUÇÃO DE MORANGOS .....</b>	<b>46</b>
4.1 ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR.....	47
4.1.1 Usando o <i>SunData</i> .....	47
4.1.2 Usando o <i>System Advisor Model</i> .....	49
4.2 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	50
4.2.1 Cabeamento Solar Especial .....	50
4.2.2 Equipamentos de Suporte e Ancoragem.....	51
4.2.2.1 Suportes para Telhado .....	51
4.2.2.2 Suportes para Instalação.....	53
4.2.2.3 Inclinação e Orientação do Painel Fotovoltaico.....	54
4.2.3 Inversor On-Grid.....	54
4.2.3.1 Funções.....	55
4.2.3.2 Classificação .....	55
4.2.3.3 Conexão .....	55
4.2.3.4 Características .....	56
4.2.3.5 Inversor Escolhido .....	56
4.2.4 Painel Fotovoltaico .....	59
4.2.4.1 Sistema de Proteção .....	59
4.2.4.2 Módulo Fotovoltaico .....	60
4.2.4.3 Área Ocupada pelo Painel Fotovoltaico .....	63

<b>5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA .....</b>	<b>63</b>
5.1 PAYBACK .....	64
<b>6 CONCLUSÃO .....</b>	<b>66</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>68</b>
<b>Anexo 1 – Empresa TECSUL .....</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 2 – Empresa Fator Solar .....</b>	<b>79</b>
<b>Anexo 3 – Empresa ENGIE .....</b>	<b>93</b>
<b>Anexo 4 – Empresa EGNEX.....</b>	<b>101</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 TEMA

“O mundo todo produz anualmente mais de 800 milhões de toneladas de frutas. O Brasil é o terceiro colocado no ranking das principais nações produtoras. Está atrás apenas da China e da Índia, respectivamente.” (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2015, p.19).

O cultivo de frutíferas de clima temperado, morango, amora preta, framboesa e mirtilo, tem crescido no Brasil. O morango, em especial, é um pseudofruto muito bem aceito pelo consumidor (FACHINELLO, 2011). Além dele ser benéfico para a saúde, é rico em flavonoides, “fenólicos com atividade antioxidante” (ANTUNES et al., 2011, p.10), o morango também tem muitas opções de comercialização e de processamento, servindo de base para a fabricação de diversos produtos, como sucos sorvetes e geléias (FACHINELLO, 2011).

Segundo Antunes, Fagherazzi e Vignolo (2017), o Brasil produz aproximadamente 155.000 toneladas de morango anualmente, utilizando 4.300 hectares de terra, o que corresponde a uma produtividade média de 30 ton/ha. Em média, as propriedades possuem área entre 0,5 a 1,0 hectare.

No estado do Paraná, os maiores produtores de morango são o pequeno e médio produtor rural. Para a maior parte dos produtores e suas famílias a base do sustento financeiro destes é gerada através da renda obtida pelo cultivo do morango. (RONQUE et al., 2013).

A dificuldade do produtor do morangueiro está em conseguir produzir morangos de qualidade durante o ano todo devido às variações climáticas e também devido à manutenção de um solo com as condições necessárias que propiciem o cultivo do pseudofruto, já que o morango é suscetível a grandes problemas de origem fitossanitárias (RONQUE et al., 2013).

O produtor de morangos, assim como produtores de outras frutíferas, também tem enfrentado o desafio de se adaptar às exigências de um mercado consumidor mais consciente em relação ao meio ambiente (FACHINELLO, 2011). “O morango produzido sustentavelmente vem ganhando espaço nas gôndolas de supermercados, uma vez que o consumidor está procurando alimentos mais saudáveis e menos agressivos ao meio ambiente” (CAPRONI et al., 2013, p.91).

### 1.1.1 Delimitação do Tema

Romanini (2010) destaca que as técnicas de produção para frutos em ambientes controlados proporcionam a proteção do que é cultivado, contra ação de elementos meteorológicos que os afetam. Além disso, as estufas possibilitam o controle de temperatura da umidade relativa do ar, aumentando a qualidade dos produtos e favorecendo a eficiência no uso de recursos.

Com a utilização de estufas no cultivo, ocorre uma alteração nos gastos com energia elétrica, tornando-os significativos, segundo Nabais (2015, p 97).

No Brasil, o estado do Paraná é o segundo maior produtor de morangos do Brasil, na região de São José do Pinhais encontra-se o segundo maior polo de produção de morangos no estado, segundo a Prefeitura de São José dos Pinhais - PR, onde muitos produtores adotam a utilização de estufas, devido às vantagens descritas nos parágrafos anteriores.

Desta forma, em conjunto com pequenos produtores de morango na cidade de São José dos Pinhais – PR, o presente trabalho visou ao desenvolvimento de um sistema que pudesse integrar a geração de energia elétrica própria de modo que a estufa pudesse obter a autossuficiência em energia. Este trabalho finalizou uma série de outros estudos na mesma propriedade que visaram à automação de processos na produção de morangos.

## 1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Conforme ROMANINI (2010), “A agricultura é uma atividade de alto risco, uma vez que não se tem controle sobre os elementos climáticos”. Ciente disso, os desenvolvimentos de processos tecnológicos foram direcionados à maximização da produção nas áreas ambientais, segundo ASSIS (2006). Entretanto, a agricultura familiar no Brasil possui uma alta heterogeneidade em se tratando de tamanho de produção, soluções tecnológicas e área plantada (SOUZA FILHO et al, 2004). O que leva à falta de soluções tecnológicas já desenvolvidas aos produtores, em especial os de pequeno porte, como levantado em São José dos Pinhais – PR.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Estudar um modelo de autossuficiência energética em estufas controladas para a produção de morangos.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Realizar o levantamento e pesquisa bibliográfica para a produção de morangos em estufas.
- Analisar possibilidades de automação em estufas.
- Desenvolver um modelo de estufa autossuficiente energeticamente para produção de morangos.
- Avaliar a viabilidade econômica.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA

Toda a cadeia de produção do morango que se estende desde a produção do fruto até a distribuição desta para o mercado consumidor, tem passado por diversas melhorias tecnológicas, a fim de otimizar este processo e torná-lo mais rentável.

Os principais custos associados a culturas produzidas em estufas estão relacionados com a energia e o ambiente (NABAIS, 2015). Diante das informações, voltou-se às atenções para a demanda do consumo de energia elétrica nas estufas para a produção de morangos de pequenos produtores agrícolas na cidade de São José dos Pinhais em que haviam projetos de automação, entretanto, sem nenhum viés voltado ao consumo de energia elétrica. Tão logo foi sugerido ao professor uma consulta ao SEBRAE – PR sobre a possibilidade de implantação de um sistema de geração de energia fotovoltaica para a alimentação dos processos produtivos. Para tal, foi esperado um estudo prévio de viabilidade econômica.

Segundo Schonwald et al (2008), a cultura do morango possui mais vantagens na agricultura familiar quando comparadas a outras culturas. O Instituto Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) tem por responsabilidade proporcionar o desenvolvimento sustentável, sendo o morango uma opção vantajosa, tendo em vista o número de famílias produtoras.

Desta forma, neste trabalho foram empregados além dos conhecimentos adquiridos no curso de engenharia elétrica, noções de automação, gestão financeira, botânica e climática. Aspectos estes que foram capazes de possibilitar melhorias no que tange a eficiência energética para a produção de morangos, levando a uma maior produtividade e decréscimo de perdas.

## 1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi dividido em três etapas, sendo elas: pesquisas bibliográficas, pesquisas documentais e entrevistas a pequenos produtores regionais de São José dos Pinhais – PR.

Na etapa de pesquisas bibliográficas foram levantados dados referentes a utilização de estufas para a produção de morango no Brasil, sendo realizadas em revistas, artigos científicos, livros e monografias. Essas pesquisas resultaram na coleta de informações no tocante às técnicas, possibilidades de automação e processos de cultivo.

A segunda etapa visou à coleta de dados numéricos e técnicos acerca das informações sobre o cultivo do morango. São exemplos a coleta de dados de cargas utilizadas no consumo de energia elétrica, valores tarifários de energia, valores médios de custo de produção, análise de funcionamento de uma estufa e parâmetros ideais de cultivo do fruto.

A terceira etapa voltou-se à entrevista com os pequenos produtores da região de São José dos Pinhais – PR, para a obtenção de informações relativas à área em estudo, também serviram para analisar as melhorias que seriam viáveis e em quais melhorias os produtores teriam mais interesse, para possibilitar um estudo de viabilidade econômica.

## 1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Capítulo 1 – Introdução

Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica

Capítulo 3 – Levantamento das Cargas Elétricas Instaladas na Propriedade Rural

Capítulo 4 – Modelo de Estufa Autossuficiente Energeticamente para a Produção de Morangos

Capítulo 5 – Análise da Viabilidade Econômica

Capítulo 6 – Conclusão



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 AGRONEGÓCIO

O termo agronegócio (agribusiness) foi alcunhado por John H. Davis e Ray Goldberg, em 1957, na School of Business Administration da Universidade de Harvard, no livro *A Concept of Agribusiness* (MENDONÇA, 2015). John H. Davis definiu agronegócio como sendo:

A soma de todas as operações envolvidas no processamento e na distribuição dos insumos agropecuários, as operações de produção na fazenda; e o armazenamento, o processamento e a distribuição dos produtos agrícolas e seus derivados. (CAUME, 2009, p.28).

O agronegócio, para Jank, Nassar e Tachinardi (2005, p.2), “é uma das mais importantes fontes geradoras de riqueza do país.” O saldo da balança comercial brasileira tem crescido devido ao setor do agronegócio. Para a maioria das pequenas cidades brasileiras, o agronegócio é o setor que alimenta a economia desses municípios (GASQUES et al., 2004).

No Brasil, na década de 1990, surgiu a denominação de agricultura familiar, para diferenciar o cultivo da terra realizado por pequenos produtores rurais, do agronegócio “altamente tecnificado” e da agricultura de subsistência (SAUER, 2008). O abastecimento do mercado interno e as exportações têm uma boa parcela de contribuição da agricultura familiar (ASSAD; ALMEIDA, 2004).

O Brasil é um país de dimensões continentais, conseqüentemente existe uma heterogeneidade de ambientes e isso implica que padrões homogêneos de se fazer agricultura não podem ser aplicados em nosso país. A agricultura familiar precisa desenvolver meios para contornar a limitação do ambiente, e assim ter um produto agrícola de qualidade e competitividade no mercado (ASSAD; ALMEIDA, 2004). Para Dos Santos et al. (2014 apud MARQUES et.al., 2011), o acesso à inovação tecnológica, pelo produtor rural, é um fator que otimiza a produção e cria um diferencial na “dinâmica mercadológica”. Apesar da otimização da produção, através do uso de tecnologias, ser um objetivo a ser alcançado, há que se observar a importância do uso consciente dos recursos ambientais para tal finalidade, já que os recursos naturais são finitos e o mercado consumidor exige cada vez mais responsabilidade ambiental por

parte do produtor (ASSAD; ALMEIDA, 2004).

Entre os setores da agricultura nacional, a fruticultura ocupa um papel de destaque (REETZ, 2015). E é um dos principais setores empregadores e criadores de renda no país (FACHINELLO, 2011). A produção frutícola tem no pequeno produtor, o seu diferencial (SILVA, 2006). Para o pequeno fruticultor, por possuir intimidade com a terra e com os recursos ambientais em seu entorno, a probabilidade de obter sucesso, aplicando “os princípios da agroecologia” é alto (SILVA, 2007).

## 2.2 SUSTENTABILIDADE

Em 1987, a então primeira ministra da Noruega, Gro Harlem Brundtland, durante a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pela Organização das Nações Unidas (ONU), definiu desenvolvimento sustentável como sendo: “a forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade de gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (VIZEU, 2012). O antigo paradigma de desenvolvimento econômico, cartesiano e mecanicista, excluía o homem como parte integrante do meio. Já o novo paradigma, o da sustentabilidade, diz que a humanidade é parte do meio e assim é responsável por garantir a “perenidade da base natural” (ALMEIDA, 2002).

### 2.2.1 Sustentabilidade em Energia Elétrica

Energia elétrica é um elemento indispensável para o desenvolvimento de uma sociedade (SILVA, 2003). A energia elétrica, para Shayani et al. (2006), deve estar disponível de maneira abundante, para que o país possa crescer. Porém, há que se diminuir os impactos ambientais causados pela geração de energia. No Brasil, a geração de energia elétrica é predominantemente proveniente de usinas hidrelétricas, pelo país possuir um grande potencial hidrográfico e ser uma fonte de baixo custo quando comparada a outros meios de geração. Entretanto, mesmo sendo uma fonte de energia renovável, são altos os danos ambientais causados pela inundação de grandes áreas para a implantação de reservatórios de água (URBANETZ, 2010). Outro ponto negativo da geração de energia por hidrelétricas, é a centralização desta em usinas, dificultando o acesso de energia elétrica por áreas rurais mais distantes,

por ser difícil o acesso pelas linhas de transmissão, até o local ou pela carga instalada nessas áreas, não justificar economicamente o custo da construção de uma subestação (SHAYANI et al., 2006).

No contexto de energias renováveis alternativas, a energia solar, principalmente em países em desenvolvimento, vem sendo utilizada para suprir a demanda por energia elétrica em áreas rurais distantes ou de difícil acesso (GALDINO et al., 2000). Entre as energias solares, a fotovoltaica é uma boa alternativa, devido à vantagem da utilização da geração distribuída, podendo ser gerada nas limitações da área onde será consumida, não sendo necessário a construção de linhas de transmissão para o transporte de energia, construção essa que, conseqüentemente, causa impactos ambientais, além de ser relativamente simples a instalação de painéis fotovoltaicos (SHAYANI et al., 2006).

### 2.3 ENERGIA SOLAR

Em 1839, o físico francês Alexandre Edmond Becquerel observou o efeito fotovoltaico pela primeira vez, ao descobrir uma diferença de potencial resultante da incidência da luz solar sobre um eletrodo metálico imerso em uma solução química (MACHADO; MIRANDA, 2014). A célula fotovoltaica é a unidade essencial para a conversão de energia solar em energia elétrica (LOPES, 2013). O químico americano Calvin Fuller, o físico Gerald Pearson e o engenheiro Daryl Chapin, nos anos de 1953 e 1954, nos laboratórios da Bell Labs, localizados em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos, desenvolveram a primeira célula solar de silício (CÂMARA, 2011).

O silício é o elemento químico mais usado pela indústria fabricante de células solares, por ser altamente durável, causar baixo impacto ambiental e ser um dos elementos mais abundantes da crosta terrestre (MOEHLECKE, 2005; MORI, 2007). Os semicondutores mais utilizados para o desenvolvimento das células são, o silício cristalino  $c - Si$ , o silício amorfo hidrogenado  $a - Si: H$ , o  $Si$  do tipo HIT, o telureto de cádmio  $CdTe$ , e os compostos relacionados ao dissulfeto de cobre e índio  $CuInSe_2$  ou  $CIS$ . Entre esses semicondutores, o silício cristalino é o mais utilizado, por ser o mais eficiente, atingindo um rendimento de até 15%. Além disso, é o único que se apresenta em forma de lâminas cristalinas. Todos os demais semicondutores apresentam-se como filmes finos, forma que ainda não é tão eficiente e possui um rendimento de apenas 8%, quase a metade do rendimento apresentado pelo silício

cristalino (CÂMARA, 2011).

O silício cristalino pode existir na forma de silício monocristalino ou de silício policristalino. A fabricação do silício monocristalino é mais cara do que a do silício policristalino, pois a demanda de energia na sua fabricação é alta e o tempo necessário para a finalização de todo o processo de fabricação é longo. Apesar de o silício monocristalino ter uma melhor eficiência, 24,7%, em relação ao silício policristalino, 19,8%, o silício policristalino é o mais utilizado no mercado por satisfazer a relação custo benefício (KAZMERSKI, 1999 apud CÂMARA, 2011).

### 2.3.1 Princípio de Funcionamento da Célula Solar

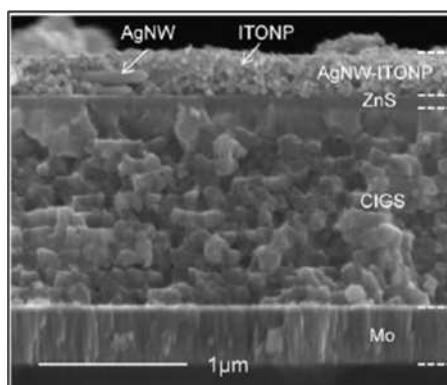
Átomos de silício possuem quatro elétrons na sua camada de valência. Quando esses átomos se agrupam a outros átomos de silício, esses últimos compartilham elétrons e então formam-se ligações covalentes fortes e estáveis, as quais dão origem a uma rede cristalina (BRUSCHI, 2010).

Da mesma forma que os elétrons em um átomo não podem ter qualquer energia, os elétrons em um cristal só podem assumir determinados níveis de energia. No entanto, o que antes em um átomo era um único nível, agora será um conjunto de níveis muito próximos, chamado de banda de energia. Da mesma forma que os últimos níveis de energia em um átomo definem as propriedades químicas do átomo, as últimas bandas de energia definem as propriedades eletrônicas de um cristal. A última banda de energia ocupada (total ou parcialmente por elétrons) recebe o nome de banda de valência e a próxima banda é denominada de banda de condução. São separadas por uma energia denominada de energia de gap. (BRUSCHI, 2010, p.25).

Átomos adicionados em pequenas quantidades, denominadas impurezas, se agrupam a átomos da rede cristalina, esse processo é denominado dopagem. Um exemplo de impureza é o elemento fósforo, que possui átomos com cinco elétrons em sua camada de valência. A ligação do fósforo com a rede cristalina faz com que sobre um elétron e esse, através de pouca energia térmica, consegue migrar para a banda de condução. Por essa razão, o fósforo é chamado de impureza doadora ou dopante n. Se átomos que possuem três elétrons, como é o caso dos átomos do elemento boro, forem ligados à rede cristalina, essa ligação resultará na falta de um elétron. Essa falta de elétron é chamada de lacuna ou buraco. Com pouca energia térmica, um elétron vizinho pode migrar para esta posição, deslocando a lacuna. Por isso, o

boro é chamado de impureza aceitadora ou dopante p. Quando átomos de fósforo e boro são ligados a silício puro, surge uma área denominada de junção p-n. A junção p-n origina um campo elétrico permanente, que quando exposto a fótons, gera corrente elétrica e uma diferença de potencial, a esse processo dá-se o nome de efeito fotovoltaico (BRUSCHI, 2010; CÂMARA, 2011). A figura 1 detalha uma célula solar vista em um microscópio de varredura eletrônica.

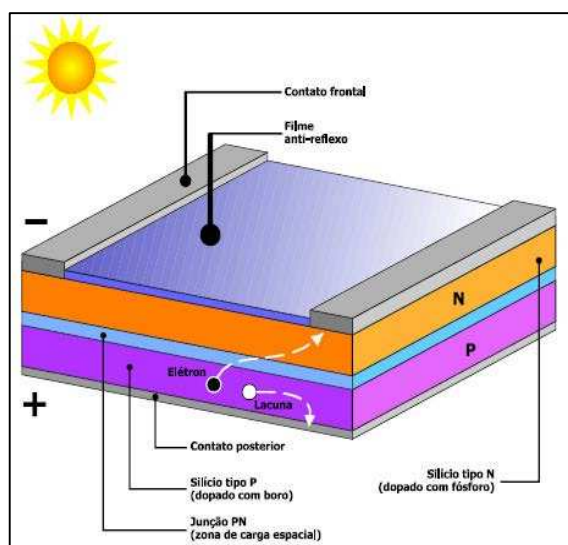
**Figura 1 – Seção transversal de uma célula solar no microscópio eletrônico.**



**Fonte: Xiao-Hui (2014).**

A figura 2 ilustra o corte transversal de uma célula fotovoltaica.

**Figura 2 – Corte transversal de uma célula fotovoltaica.**

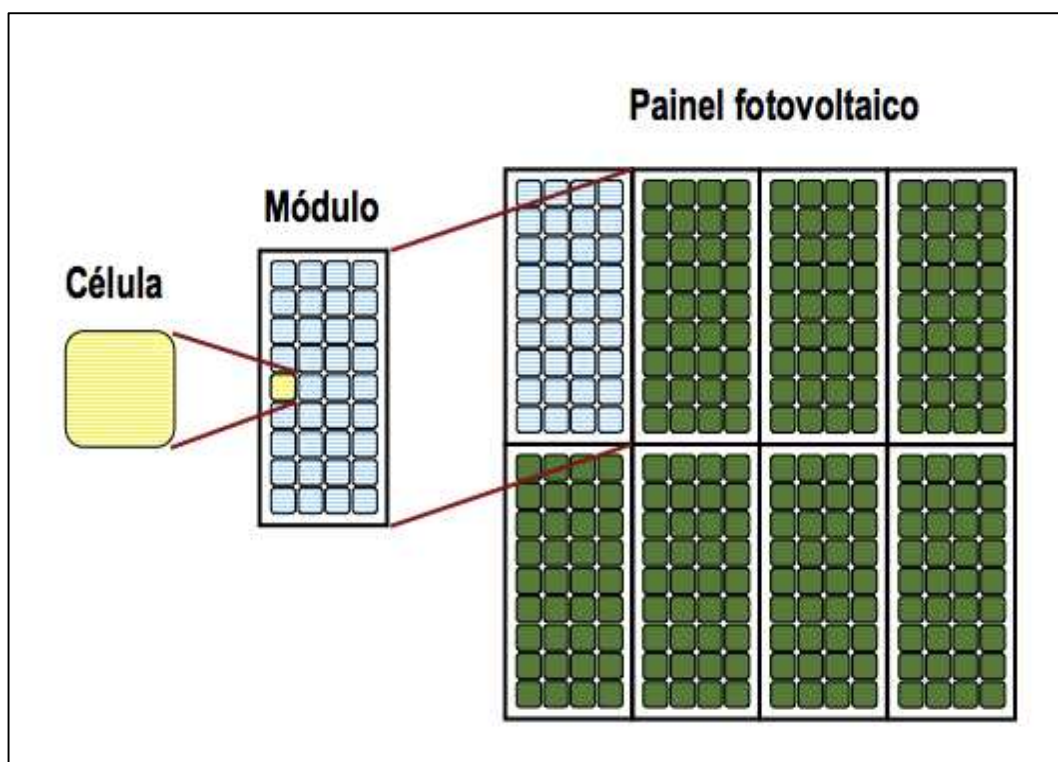


**Fonte: Câmara (2011, p.20).**

### 2.3.2 Módulo Fotovoltaico

Módulo fotovoltaico é definido pela a ABNT (NBR 10899/TB -328) como sendo: “o menor conjunto ambientalmente protegido de células solares interligadas, com o objetivo de gerar corrente elétrica em corrente contínua” (PRIEB, 2002). As células solares são interligadas em uma estrutura pequena para poderem ser fixadas em telhados ou em outros lugares adequados. Normalmente, as células recebem um banho de etileno acetato de vinilo, EVA, que tem como características, ser flexível, translúcido e não refletir à luz solar, para ficarem protegidos das agressões do ambiente, como a umidade e esforços mecânicos. Além disso, o EVA garante isolamento elétrico às células. Os terminais conectores dos condutores elétricos se alojam na parte inferior da célula, enquanto que na parte superior existem aros de alumínio e um vidro temperado transparente que permite a passagem da luz solar até a célula. O conjunto de módulos formam um painel fotovoltaico (CARNEIRO, 2010; DEMONTI, 2003).

**Figura 3 – Célula, módulo e painel fotovoltaico.**



**Fonte: Carneiro (2010).**

Uma vez que a energia elétrica gerada pelo módulo fotovoltaico é de natureza contínua, para diversas aplicações é necessária a presença de um inversor de energia para que possa transformar a corrente contínua (CC) em corrente alternada (CA) (PEREIRA, 2017).

### 2.3.3 Tecnologias On-Grid e Off-Grid

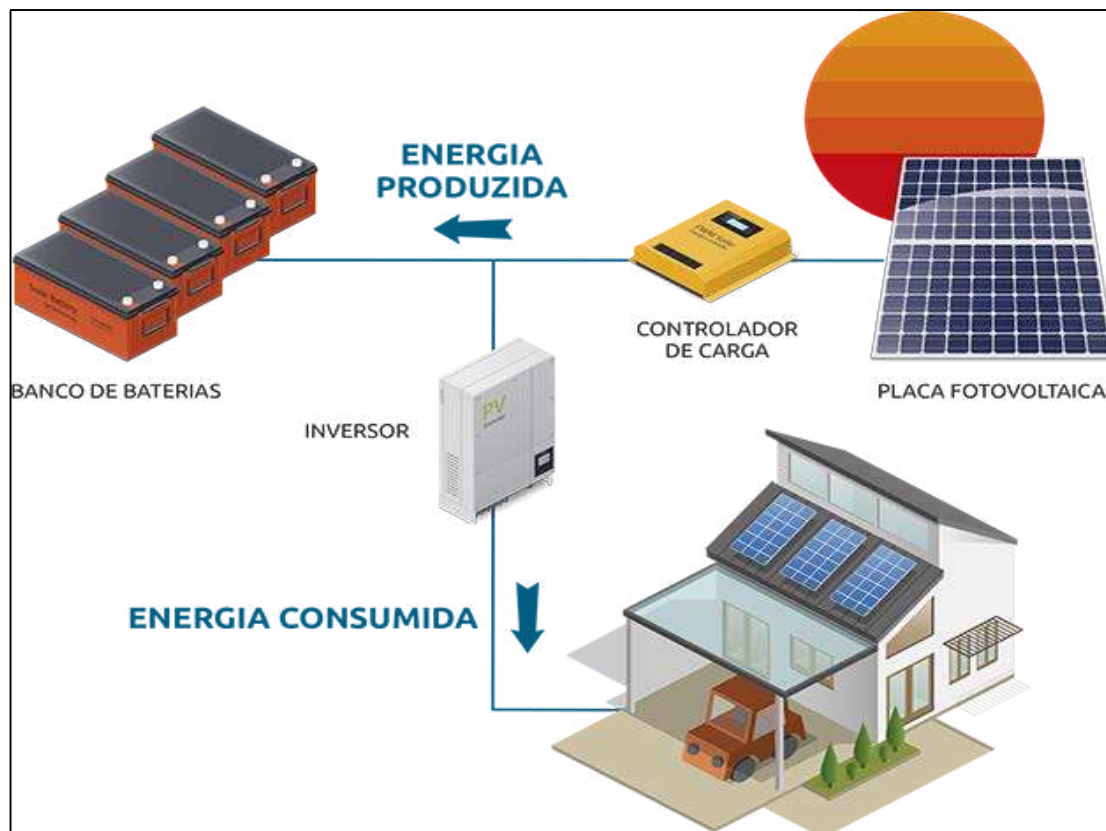
Existem duas maneiras mais usuais de um sistema fotovoltaico operar. A primeira possibilidade é o sistema operar de forma autônoma, denominado Off-Grid, e a segunda é o sistema ser ligado à rede elétrica, chamado de On-Grid (DEMONTI, 2003).

O sistema Off-Grid geralmente é utilizado em regiões afastadas da rede elétrica comercial e aplicado com propósitos específicos. Para seu funcionamento, é necessário que exista um banco de baterias para armazenar a energia a ser utilizada em horários de baixa ou nula radiação solar, como o período da noite. Neste caso, usa-se um controlador de carga que, conforme Pinto Neto et al. (2010), regulam o fluxo de energia de entrada e saída do banco de baterias, prevenindo sobrecargas e aumentando sua vida útil.

Em contrapartida, o sistema On-Grid opera juntamente com a rede elétrica, podendo suprir uma parte da demanda de energia ou gerar energia em excesso. Neste caso a energia excedente não precisa ser armazenada, pois a rede elétrica cumpre o papel de abastecer o sistema em períodos de baixa ou nula radiação solar (DEMONTI, 2003).

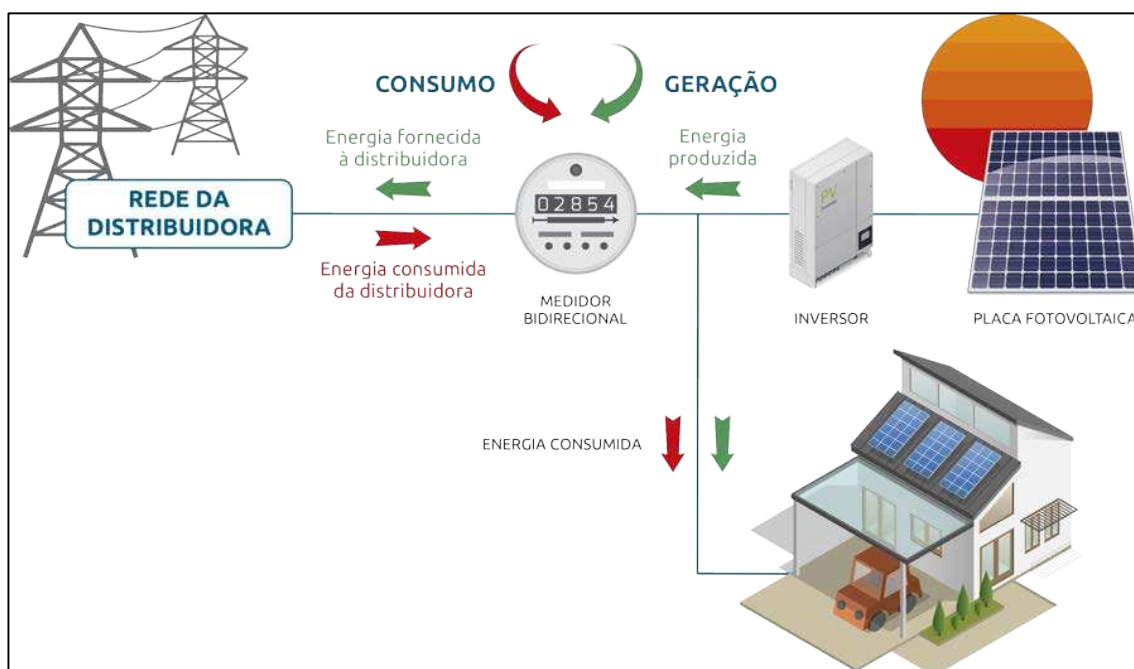
As figuras 4 e 5 ilustram um sistema fotovoltaico autônomo e um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, respectivamente.

**Figura 4 – Esquema do sistema fotovoltaico autônomo - Off-Grid.**



**Fonte: Inovacare Solar (2019).**

**Figura 5 – Esquema do sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica - On-Grid.**



**Fonte: Inovacare Solar (2019).**



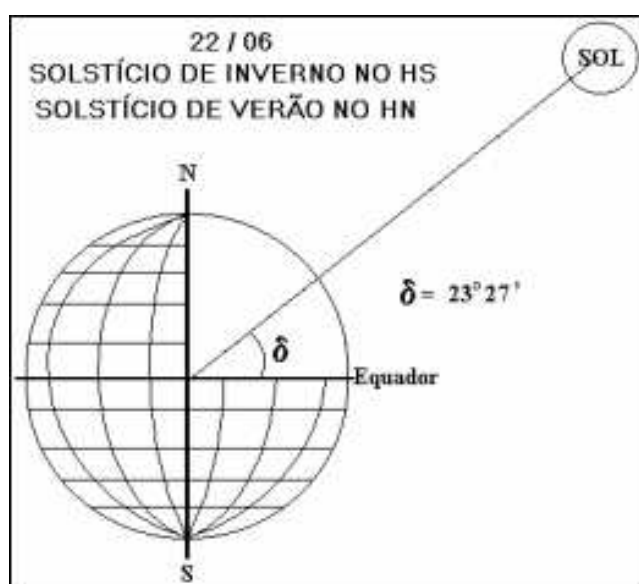
### 2.3.4 Radiação Solar

A radiação solar é a responsável pela transferência de energia na atmosfera. Segundo Gómez et al. (2018), a radiação está totalmente relacionada à cargas elétricas aceleradas, fruto da variação do campo elétrico no tempo que provoca uma variação no campo magnético. A propagação dela é radial, com direção dada pelo vetor de Poynting.

Para melhor entendimento da dinâmica solar, o autor Bísvaro (2007) define dois importantes movimentos da terra: rotação e translação. O primeiro, é a rotação em torno do seu próprio eixo, o que define os dias e as noites. Enquanto que o segundo é o movimento em torno do sol em uma forma de elipse, possibilitando as diferentes estações do ano.

O mesmo autor ainda explana acerca da declinação solar, um ângulo formado entre a linha do Equador e o centro do sol. Este ângulo, ao atingir valores máximos indica o solstício. Em contrapartida, ao atingir valor nulo indica o equinócio. A figura 6 mostra o solstício de inverno no hemisfério sul e o solstício de verão no hemisfério norte, bem como o ângulo de declinação solar.

**Figura 6 – Ângulo de declinação solar durante solstícios.**

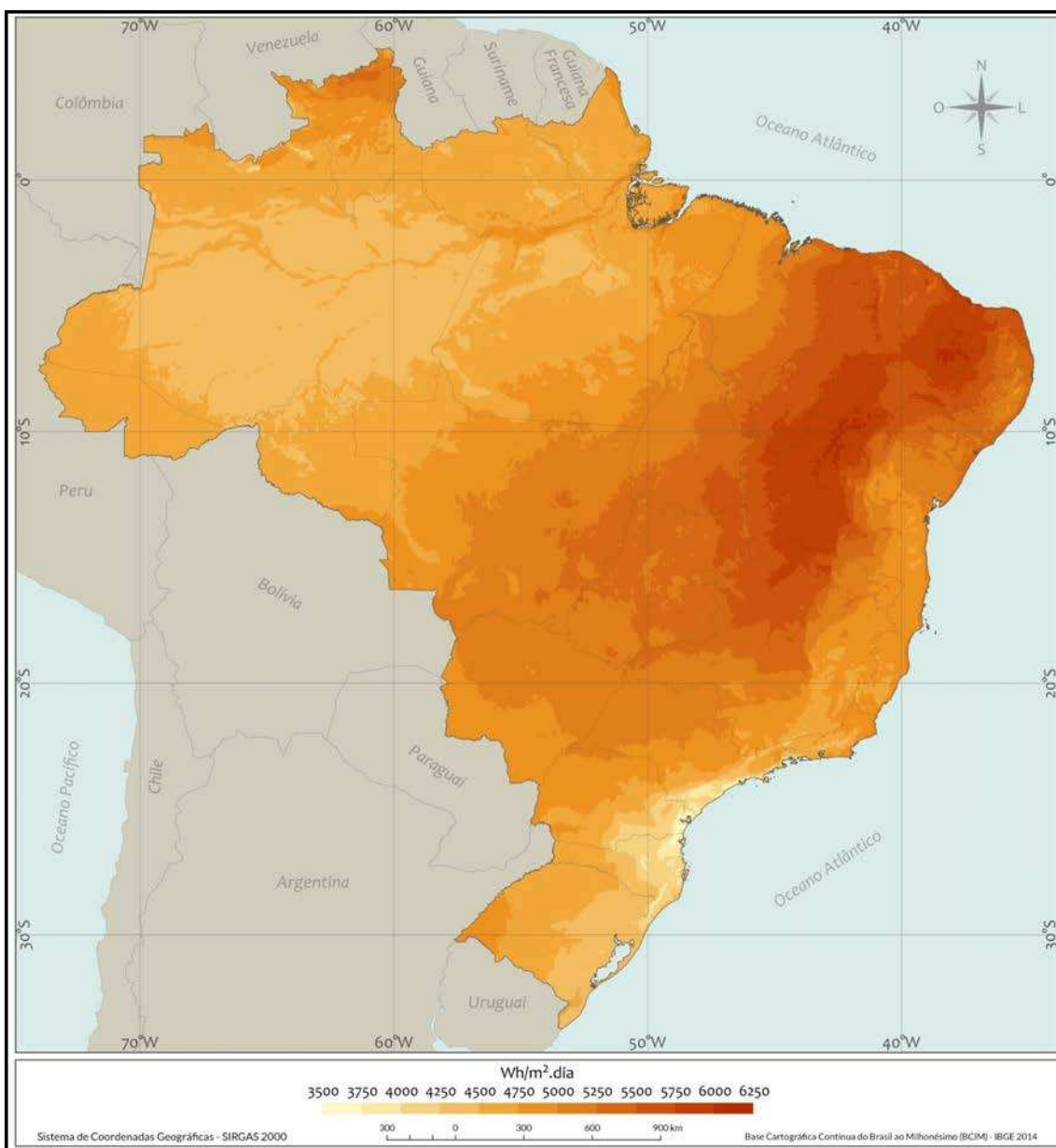


**Fonte: Bísvaro (2007, p11).**

A luz solar que atinge o planeta terrestre possui duas composições: radiação direta e radiação difusa. A radiação direta provém diretamente do sol,

produzindo sombras definidas. Por outro lado, a radiação difusa é correspondente aos processos de reflexão, difusão e refração da atmosfera, que possui alguns atenuadores tais como o ozônio, vapor d'água e outras partículas (BARROS, 2011).

**Figura 7 – Total diário de radiação global horizontal no Brasil.**



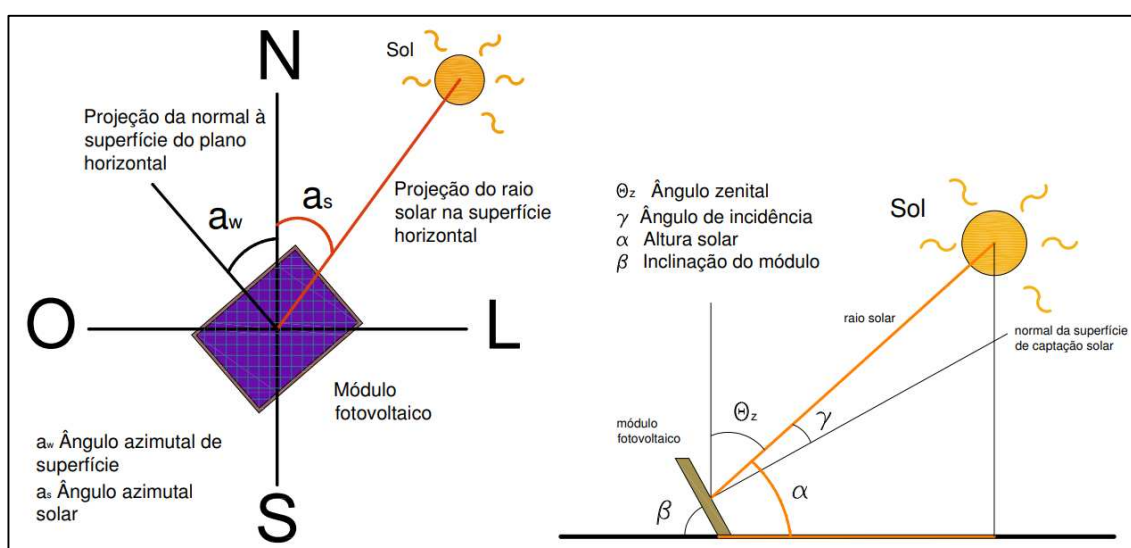
**Fonte: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (2014).**

Outros conceitos que Barros (2011) comenta são referentes às relações geométricas e ângulos entre o sol e a superfície da terra:

- Ângulo de Incidência ( $\gamma$ ): ângulo formado entre os raios do sol e a normal de superfície de captação.

- Ângulo Azimutal da Superfície ( $A_w$ ): ângulo compreendido entre a projeção da normal à superfície no plano horizontal e a direção Norte-Sul.
- Ângulo Azimutal da Superfície ( $A_s$ ): ângulo entre a projeção do raio solar no plano horizontal e a direção Norte-Sul.
- Altura Solar ( $\alpha$ ): ângulo compreendido entre o raio solar e a projeção do mesmo sobre um plano horizontal.
- Inclinação ( $\beta$ ): ângulo entre o plano da superfície em questão e a horizontal.
- Ângulo Zenital ( $\theta_z$ ): ângulo formado entre os raios solares e a vertical.

**Figura 8 – Ângulos formados entre o sol e a superfície da terra.**



Fonte: Barros (2011, p.7).

## 2.4 SEBRAE

O SEBRAE nasceu da ideia de prestar consultoria à pequenas empresas durante a década de 1960 e foi instituído no ano de 1972 pelo então Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico em conjunto com o Ministério do Planejamento. Logo nos primeiros anos já contava com vários colaboradores e, nos anos 1980, passou a ter força política. Isto contribuiu para que em 1990 a instituição fosse desvinculada da administração pública e tornasse uma instituição privada (SEBRAE).

Por ser uma entidade privada sem fins lucrativos, é mantida por meio de repasses das maiores empresas do país que, no entanto, possui uma receita anual superior a quatro milhões de reais, conforme balanços orçamentários em seu site, o

que demonstra sua atuação expressiva no Brasil (SEBRAE).

Hoje, o SEBRAE atua com parcerias públicas e privadas com o objetivo de fortalecer o empreendedorismo por meio de atividades de capacitação, feiras e congressos. Desta forma, a entidade atua com diferentes tipos de público: desde empreendedores inexperientes até empresas já atuantes no mercado (SEBRAE). Exemplo disto é a parceria dos produtores de morango com o SEBRAE para aprimorar as técnicas e a gestão dos recursos naturais e financeiros.

## 2.5 MORANGO

O morango tem origem a partir de uma única flor com vários ovários, isso o caracteriza como um pseudofruto. O fruto é cada um dos pequenos pontos escuros do morango, conhecidos como sementes, que cientificamente recebem o nome de aquênios. O receptáculo floral dá origem à porção succulenta do morango. É uma planta que pertence à família das rosáceas (ANTUNES, 2011).

O morangueiro é uma planta originária de clima temperado que possui atributos tais como a sua coloração vermelha, o seu sabor levemente acidificado e o seu aroma característico. Em termos de propriedades nutricionais, este pseudofruto é rico em vitamina C, ideal para a manutenção de uma boa saúde (ANTUNES, 2016).

No Brasil, o morango é o pseudofruto mais cultivado entre o grupo das pequenas frutas, sendo a agricultura familiar a maior responsável pela sua exploração. Dados da Embrapa, referentes ao ano de 2010, apontaram o estado do Paraná como o segundo maior produtor de morangos em âmbito nacional. Foram 18 mil toneladas produzidas numa área de 600 ha, representando 13,5% da totalidade da produção nacional (EMBRAPA, 2016).

### 2.5.1 Cultivo do Morango

As três maneiras mais utilizadas de se cultivar o morango são: a convencional, a orgânica e a hidropônica. Nesses três métodos, o morangueiro pode ser cultivado a céu aberto ou em um ambiente telado. O método de cultivo em ambiente telado quando comparado ao método de cultivo a céu aberto, representa resultados superiores nos aspectos econômico, social e ambiental (ANTUNES, 2016).

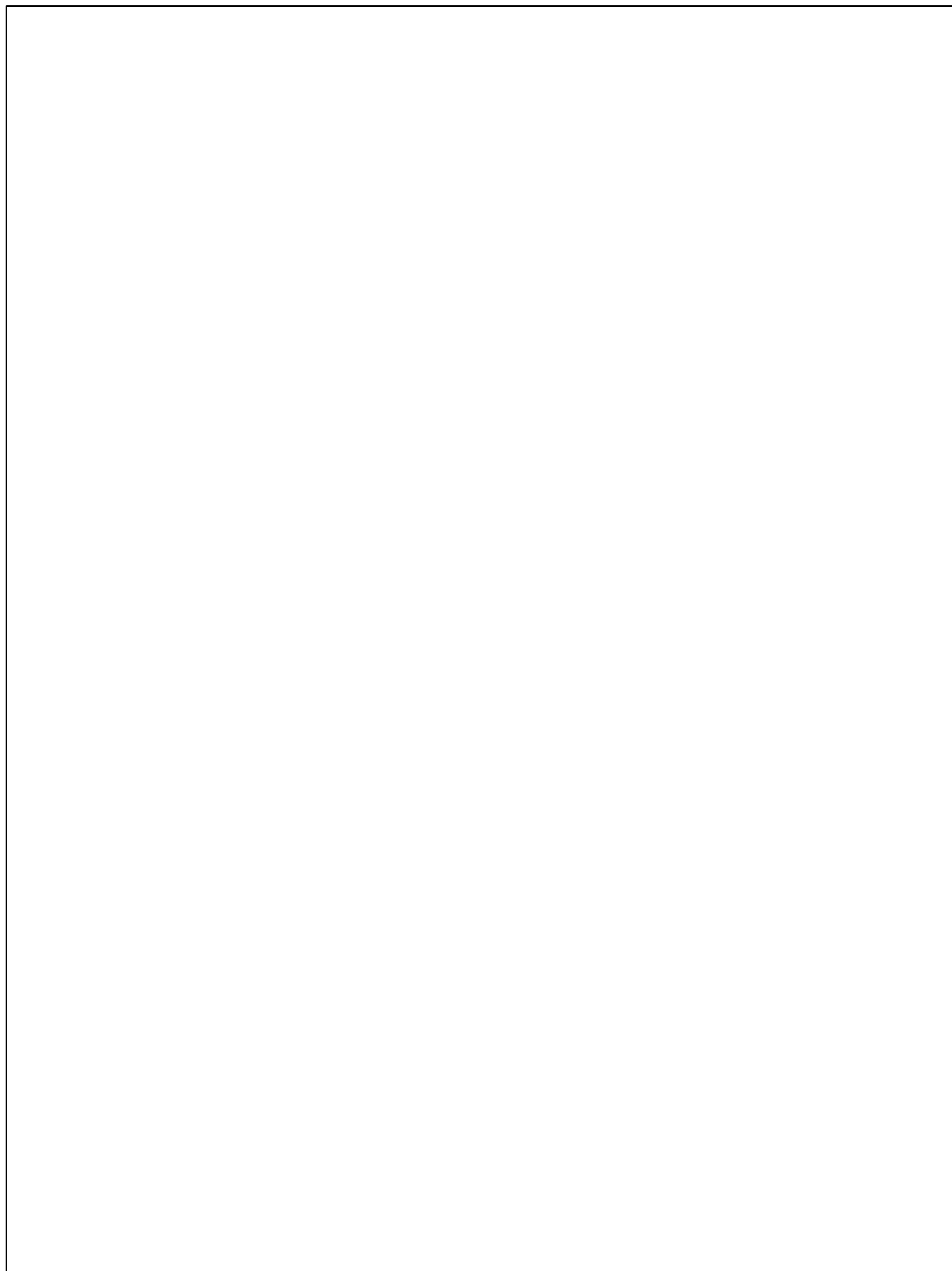
Fatores ambientais, como a umidade do ar, a precipitação, a temperatura e o fotoperíodo, influenciam no desenvolvimento e no crescimento do morango. Entre esses fatores, o principal fator ambiental limitador do desenvolvimento vegetativo e da frutificação do morango, é a temperatura (COCCO, 2010). O morangueiro necessita entre 380 e 700 horas de frio, entre 2 e 7° C para produzir frutos e flores em quantidades significativas (RONQUE, 1998). Morangos de qualidade, necessitam de temperaturas que oscilem entre o período do dia e o da noite, que sejam amenas para o primeiro e baixas para o segundo. Essa oscilação de temperatura é importante para que o fruto floresça satisfatoriamente. (DIAS et al., 2007; MANAKASEM; GOODWIN, 2001 apud ANTUNES, 2016).

O morango entra em um estado denominado “dormência”, em épocas de frio intenso, quando cultivado em regiões propícias para o seu desenvolvimento ideal no hemisfério norte. Durante esse estado, o morangueiro acumula carboidratos nas folhas, pecíolos, coroas e raízes (TAYLOR, 2002 APUD COCCO, 2010). Quando o clima torna a ser favorável, o morangueiro utiliza-se dessas reservas estocadas para se desenvolver, garantindo o crescimento de estolões, folhas e coroas. As plantas que não passam pelo estado de dormência, não se desenvolvem bem, apresentam peso e pólen de qualidade inferior, rendimento baixo na estação da primavera e geram frutos com má formação (LIETEN, 2006 apud ANTUNES, 2016).

A temperatura influencia também no aroma e sabor do morango. Temperaturas baixas produzem morangos mais atraentes ao paladar e ao olfato, enquanto que elevadas temperaturas os tornam ácidos, com pouco sabor e aroma deficiente (DIAS et al., 2007; FILGUEIRA, 2003 apud ANTUNES, 2016).

A figura 9 registrada em fevereiro de 2019, mostra a produção de morangos pertencente a um produtor local em São José dos Pinhais – PR, segundo maior produtor de morangos do Paraná em dados divulgados pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado (PREFEITURA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS, 2014).

**Figura 9 – Produção de morangos em São José dos Pinhais.**



**Fonte: Os autores (2018).**

## 2.6 ESTUFA

Estufa, como é usualmente mais conhecida, também é chamada de casa de vegetação, porém existem diferenças entre ambas as nomenclaturas. Uma casa de vegetação pode ser definida como uma estrutura onde se tem um maior grau de

controle do meio interno, geralmente construída com materiais mais nobres e específicos, contendo paredes, teto e piso, projetados para o crescimento de plantas em ambiente totalmente controlado e protegido. Enquanto que a estufa, é mais simples no que diz respeito ao controle do meio interno, com requisitos menos rígidos. Diversos são os modos de construção de uma estufa e seus fins são os mais variados, nem sempre tendo o objetivo de controlar exclusivamente o meio interno, podendo ser de tamanhos variados, indo desde alguns centímetros a quilômetros em suas dimensões (REIS, 2005).

### 2.6.1 Funcionamento

O princípio de funcionamento de uma estufa se baseia no fenômeno efeito estufa. A radiação solar atinge a estrutura da estufa, a qual é construída em material transparente que permite a absorção desta radiação pela planta cultivada e pelo solo no interior da estufa. Estes se aquecem e emitem energia na forma de radiação infravermelha de ondas longas. Esta radiação é barrada pela opacidade do material da estrutura da estufa, que não permite a passagem de radiação de ondas longas. Sendo assim, o material é aquecido e devolve a energia para o interior da estufa, fazendo com que durante o dia, o ar eleve a temperatura dentro da estufa (CASTILLA, 2013 apud SANTOS, 2017).

### 2.6.2 Classificação

Quanto a estrutura referente a geometria do telhado, estufas usualmente possuem teto convectivo retilíneo, modelo “capela”, modelo “lean-to”, modelo “dente de serra” ou modelo em arco. Quanto ao quesito parâmetro meteorológico, estufas podem ser classificadas em três categorias, sendo elas: não-climatizadas, semiclimatizadas e climatizadas. Estufas não-climatizadas utilizam-se da transformação de recursos físicos naturais locais para beneficiar o cultivo da produção. As semiclimatizadas fazem uso parcial de automação do controle de temperatura, da luminosidade e da umidificação do ar. Já as estufas climatizadas, são totalmente automatizadas, fazendo uso de mecanismos elétricos e eletrônicos, além disso empregam a utilização de energia transformada para suprir a demanda de energia para o funcionamento da produção (REIS, 2005).

### 2.6.3 Utilização

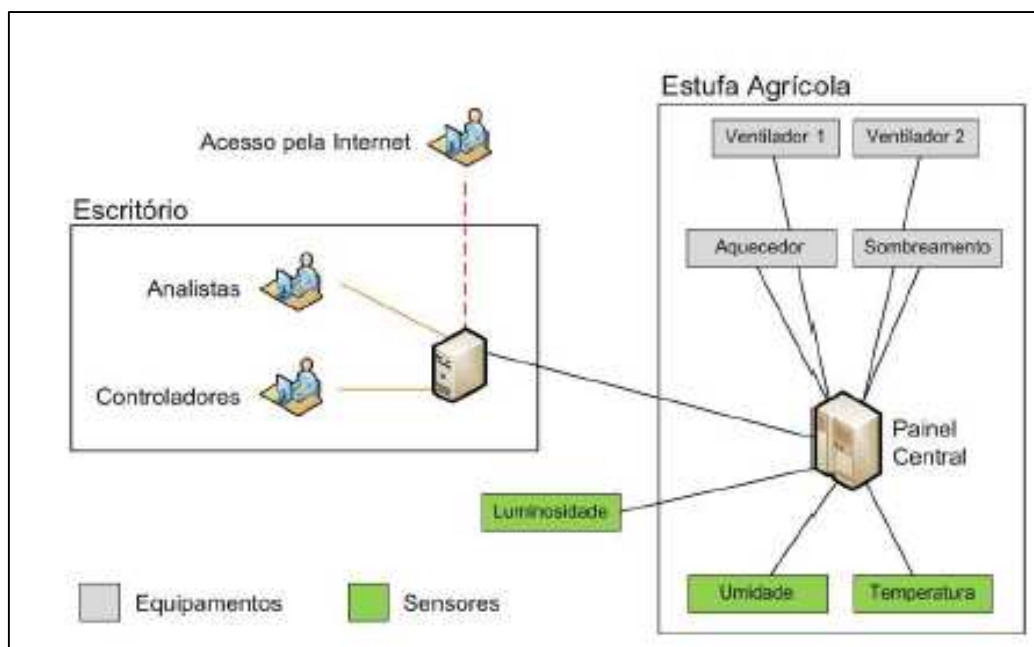
O uso de estufas pode ser de caráter parcial ou completo, dependendo dos objetivos almejados para o cultivo. Por exemplo, o uso parcial pode ser caracterizado quando a estrutura é utilizada somente como “guarda-chuva”, tendo as laterais abertas, onde seu principal objetivo é proteger o cultivo das chuvas. Para a utilização de caráter completo dessas estruturas, é necessário a construção completa da estrutura, incluindo paredes ou cortinas laterais, janelas de ventilação, sistemas de irrigação e controle climático, afim de proteger o cultivo das condições meteorológicas adversas (REIS, 2005).

Uma estufa moderna precisa ser equipada com dispositivos que sejam capazes de alterar o clima do ambiente, assim como sensores que cumpram o papel de capturar variações ambientais para que os dispositivos entrem em ação. Entre os dispositivos mais utilizados para controle climático, destacam-se, aquecedores, caldeiras, ventiladores e exaustores, computadores de clima, controladores de  $CO_2$ , sombreamento e sistemas de irrigação. Para receber os sinais capturados pelos sensores e alimentar os equipamentos destinados a fazer o controle climático, é necessário que exista um painel de controle, normalmente alojado dentro da própria estufa. Se for interessante e viável economicamente para o produtor, as informações obtidas pelo painel de controle podem ainda ser compartilhadas em um PC ou outro equipamento, gerando a possibilidade do produtor consultar o histórico de dados da produção quando desejar (LITJENS, 2009).

A figura 10 ilustra o sistema de uma estufa agrícola automatizada. Neste exemplo, o painel de controle recebe os sinais dos sensores de luminosidade, umidade e temperatura, e alimenta os equipamentos, dois ventiladores, um aquecedor e um sombreamento. Através do painel de controle, dados da produção são enviados para um PC, aqui representados pela imagem com o título Escritório.



**Figura 10 – Sistema de automação de estufas agrícolas.**



**Fonte: Litjens (2009).**

## 2.6.4 Climatização

A climatização em uma estufa pode ser feita basicamente através de um sistema de ventilação, de aquecimento, de aspersão e nebulização da água, e de luminosidade.

### 2.6.4.1 Ventilação

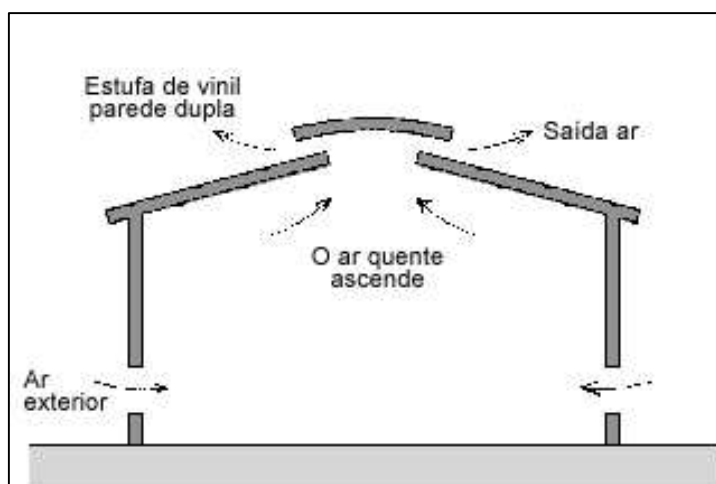
O aquecimento dentro de uma estufa pode atingir valores de temperatura não ideais para o cultivo da planta desejada, desta maneira, é necessário adotar um sistema de ventilação interna que reduza a absorção de energia no interior da estufa e retire o seu excesso (CASTILLA, 2013 apud SANTOS, 2017).

A ventilação é o processo de retirar a massa excedente de ar quente do ambiente interno e substituir por massa de ar frio do ambiente externo. Existem duas maneiras de realizar a ventilação de uma estufa, pode ser através de um sistema de ventilação natural ou por meio de um sistema de ventilação mecânica. A ventilação natural consiste na entrada de ar frio por acessos laterais na parte inferior das paredes da estufa e saída do ar quente por uma abertura no teto da estufa. Já a ventilação

mecânica é realizada por intermédio de ventiladores que podem ser instalados no teto ou nas partes superiores das paredes laterais (SOLER E PALAU, 2006).

A figura 11 ilustra um sistema de ventilação natural.

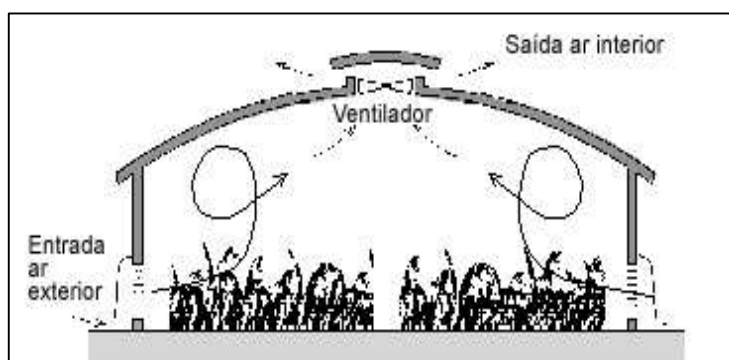
**Figura 11 – Sistema de ventilação natural.**



Fonte: Soler e Palau (2006).

A figura 12 ilustra um sistema de ventilação mecânica com ventilador no teto.

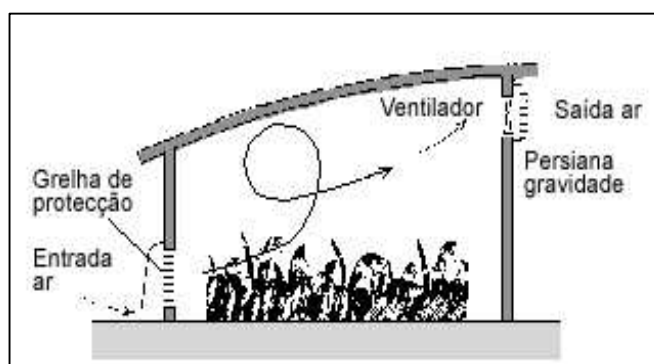
**Figura 12 – Sistema de ventilação mecânica com ventilador no teto.**



Fonte: Soler e Palau (2006).

A figura 13 ilustra um sistema de ventilação com ventilador na lateral da parede.

**Figura 13 – Sistema de ventilação mecânica com ventilador na lateral da parede.**



**Fonte: Soler e Palau (2006).**

#### 2.6.4.2 Aquecimento

Dentro de uma estufa também pode-se atingir valores de temperatura abaixo do ideal para o cultivo da planta desejada, sendo necessário adotar um sistema de aquecimento. O aquecimento supre as perdas de calor por renovação de ar, condução, convecção, pelo solo e por radiação. Geralmente o aquecimento é feito através de geradores de ar quente com queimadores de óleo (SOLER E PALAU, 2006).

#### 2.6.4.3 Aspersão e nebulização de água

A aspersão e nebulização de água é realizada por meio de dispositivos pulverizadores que espalham gotas de água no interior da estufa, as quais formam uma espécie de nevoeiro no ambiente. Através da energia solar excedente no ambiente, as gotas de água evaporam-se e assim refrescam o interior da estufa (SOLER E PALAU, 2006).

#### 2.6.4.4 Luminosidade

Para realizar a fotossíntese, processo onde seres vivos clorofilados obtêm glicose, é necessário que exista luz, porém o excesso desta pode dificultar ou matar a planta. Sendo assim, o sombreamento, técnica que filtra a quantidade de luz, é uma alternativa para que a planta cultivada receba a luminosidade ideal para o seu desenvolvimento (SANTOS, 2012).

### 2.7 MICRO E MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA NO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Como já brevemente citado no item 2.3, o sistema fotovoltaico pode ser desconectado da rede, ou seja, off-grid, ou conectado à rede, on-grid. Neste estudo será abordado o sistema conectado à rede, on-grid, devido a alguns fatores como por exemplo o menor custo de implantação.

Hoje, na geração de energia, as fontes renováveis têm se mostrado não só uma tendência de anos anteriores, mas também uma realidade, com parque eólicos e solares começando a aparecer por todo o Brasil. A energia produzida por essas fontes alternativas já aparece de maneira significativa na matriz energética brasileira.

#### 2.7.1 Normatização

Hoje no Brasil, a ANEEL, já regulamentou esta modalidade de geração através de consulta e participação pública deste processo, resultando na Resolução Normativa n° 428, de 17 de abril de 2012, que proporcionou e estabeleceu as condições gerais para acesso de micro e minigeração distribuída, também criou-se o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

É possível que haja mudanças em breve neste setor, pois no ano de 2019 foi realizada outra consulta pública pela ANEEL a respeito do sistema de compensação de energia elétrica, este é um ponto importante em todo o processo de micro e minigeração (ANEEL, 2019).

A concessionária de energia elétrica na região de São José do Pinhais, região onde tem sido realizados estudos com os produtores rurais, é a Copel. A Copel

possui norma específica a respeito da micro e minigeração, onde se estabelecem os critérios e requisitos técnicos para esse tipo de instalação. A norma técnica Copel responsável por esse assunto é a NTC 905200.

### 2.7.2 Definições

A ANEEL na resolução 482/2012 define microgeração e minigeração como:

Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:  
I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, 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 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;  
III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa. (NTC-905200, 2018, p.1)

### 2.7.3 O Sistema de Compensação

O sistema de compensação financeira foi criado e estabelecido na resolução nº 482 da ANEEL, tratado a partir do Art. 6º e Art. 7º, que tem por objetivo possibilitar que o consumidor que tenha uma minigeração possa vender a energia excedente para a concessionária e ser compensado financeiramente na sua fatura de energia elétrica. Ou seja, a compensação não é feita através de dinheiro em espécie, mas sim na forma de créditos na própria conta de energia elétrica, tendo esses créditos a validade de 60 meses, segundo a resolução nº 687 de 2015 da ANEEL.

Com referência às normas já citadas, conclui-se que os benefícios da utilização do sistema on-grid, utilizando-se da compensação financeira são amplos, tais como a redução nos custos de implantação de um sistema de mini ou microgeração, pois não se fará necessário estocar o excedente de energia, utilizando-se de banco de baterias ou controles precisos de geração, uma vez que todo o excedente de produção tem a possibilidade de ser enviado para a rede de distribuição. O banco de baterias tem um custo considerável no projeto de minigeração, além de

ser um dos componentes com a menor vida útil do sistema. Outra vantagem é que o cliente permanece no sistema *on-grid*, ou seja, permanece com a disponibilidade de energia da concessionária local. Isso se traduz em uma maior tranquilidade para o consumidor, pois sabe-se que, caso este não estiver gerando eletricidade, ainda sim a terá disponível para o seu uso.

O que torna esta modalidade atrativa para os consumidores é o fato de que caso haja maior geração frente ao consumo, isto será contabilizado na forma de créditos na fatura de energia elétrica, ou seja, resultará em uma economia no consumo ou até mesmo o essencial para cobrir todo o valor da conta, sendo apenas necessário o pagamento das taxas mínimas de acordo com o grupo que o consumidor se enquadra. Segundo o Art. 7º, inciso I, da Resolução Normativa nº 687 de Novembro de 2015 da ANEEL: “Deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso.”

Devido a esses principais fatores, a modalidade *on-grid* é a opção mais viável para estudo em análise, sendo estudada detalhadamente nos próximos capítulos.

### **3 LEVANTAMENTO DAS CARGAS ELÉTRICAS INSTALADAS NA PROPRIEDADE RURAL**

No artigo nº 2, da resolução normativa nº 414, a ANEEL define carga instalada como sendo a “soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na unidade consumidora, em condições de entrar em funcionamento, expressa em quilowatts (kW)” (ANEEL, 2010).

O estudo das cargas instaladas e o seu padrão de consumo em uma propriedade rural destinada à produção de alimento e posteriormente à comercialização deste, é fundamental para a análise detalhada do seu funcionamento do ponto de vista energético. Este trabalho de conclusão de curso teve como principal objeto de estudo, a propriedade rural de um produtor de morangos do município de São José dos Pinhais. Neste período de três semestres, que teve início no mês de agosto de 2018, foram realizadas duas visitas à propriedade rural, nas quais puderam ser feitos o levantamento das características do empreendimento, com o intuito de compreender o funcionamento de uma produção de morangos, assim como o levantamento das cargas elétricas instaladas e o registro de imagens destas.

Em agosto de 2018, a chácara onde está localizada a propriedade de morangos possuía seis estufas instaladas no terreno e um total de 20 mil pés de morango plantados. Atualmente, existem doze estufas, as quais possuem um comprimento de 50 metros por 7 metros de largura cada uma, que abrigam ao todo 40 mil pés de morangos plantados e futuramente há a previsão, como relatou o produtor, de dobrar novamente o número de estufas, totalizando assim, um número de vinte e quatro estufas, que abrigarão 100 mil pés de morango. Entretanto, o estudo será baseado na atual estrutura da propriedade.

#### **3.1 CARACTERÍSTICAS DA PROPRIEDADE**

A localidade em estudo possui algumas edificações, sendo duas casas de porte médio, onde uma delas é habitada constantemente e outra de maneira intermitente. Também possui uma sala destinada ao preparo da mistura de substrato e água, ao armazenamento de bombas que fazem o bombeamento de água e da mistura até os pés de morango, e simultaneamente abriga o escritório da propriedade. Por último,

possui também mais duas edificações que servem de depósito e despensa para materiais.

A instalação elétrica na propriedade é uma instalação simples, trifásica, com características de instalação elétrica residencial rural e não possui um projeto elétrico detalhado.

As principais cargas elétricas identificadas na propriedade foram os motores de indução, os refrigeradores e os congeladores destinados ao resfriamento e congelamento dos morangos. Estes dois últimos ficam abrigados na extensão da casa habitada de maneira intermitente e funcionam por meio de motores de indução.

Além destas cargas elétricas já instaladas, está prevista uma nova carga para entrar em funcionamento na propriedade, um container que funcionará como câmara fria para o congelamento dos morangos, o qual já está instalado no terreno da chácara.

As tabelas de número 1 e 2 listam as principais cargas elétricas instaladas na produção de morangos.

**Tabela 1 – Levantamento de cargas elétricas.**

Nome da carga	Quantidade	Potência (CV)	Potência (W)
<b>Bomba Irrigação</b>	1	5	3700
<b>Bomba Mistura</b>	2	$\frac{3}{4}$	562,5
<b>Bomba Auxiliar</b>	1	2	1500
<b>Bomba Água</b>	1	-	2115
<b>Bomba Água Aux.</b>	1	$\frac{1}{2}$	375
<b>Bomba Submersa</b>	2	1	750
<b>Freezer 530</b>	4	-	154
<b>Freezer Industrial</b>	2	-	300
<b>Total</b>	15		9456,5

**Fonte: Os autores (2019).**



**Tabela 2 – Levantamento de cargas elétricas instaladas incluindo a câmara fria.**

Nome da carga	Quantidade	Potência (CV)	Potência (W)
Câmara Fria	1	-	12000
Bomba Irrigação	1	5	3700
Bomba Mistura	2	$\frac{3}{4}$	562,5
Bomba Auxiliar	1	2	1500
Bomba Água	1	-	2115
Bomba Água Aux.	1	$\frac{1}{2}$	375
Bomba Submersa	2	1	750
Freezer 530	4	-	154
Freezer Industrial	2	-	300
<b>Total</b>	15		21456,5

*Fonte: Os autores (2019).*

As imagens a seguir foram registradas em visita à propriedade de morangos e ilustram algumas das cargas elétricas citadas acima.

**Figura 14 – Misturador.**



*Fonte: Os autores (2019).*

**Figura 15 – Container que funcionará como câmara fria.**



**Fonte: Os autores (2019).**

**Figura 16 – Congelador utilizado para congelar os morangos.**



**Fonte: Os autores (2019).**

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

Além das cargas instaladas e suas respectivas potências listadas anteriormente, foi necessário conhecer o padrão de consumo de energia elétrica da propriedade. Os dados do consumo de energia elétrica foram obtidos através de duas faturas de energia elétrica, referentes aos meses de janeiro de 2019 e setembro de 2019, onde constam os dados de faturas anteriores que compreendem o período entre janeiro de 2018 a setembro de 2019, totalizando um histórico de consumo de um ano e nove meses. Os dados estão apresentados na tabela 3 a seguir:

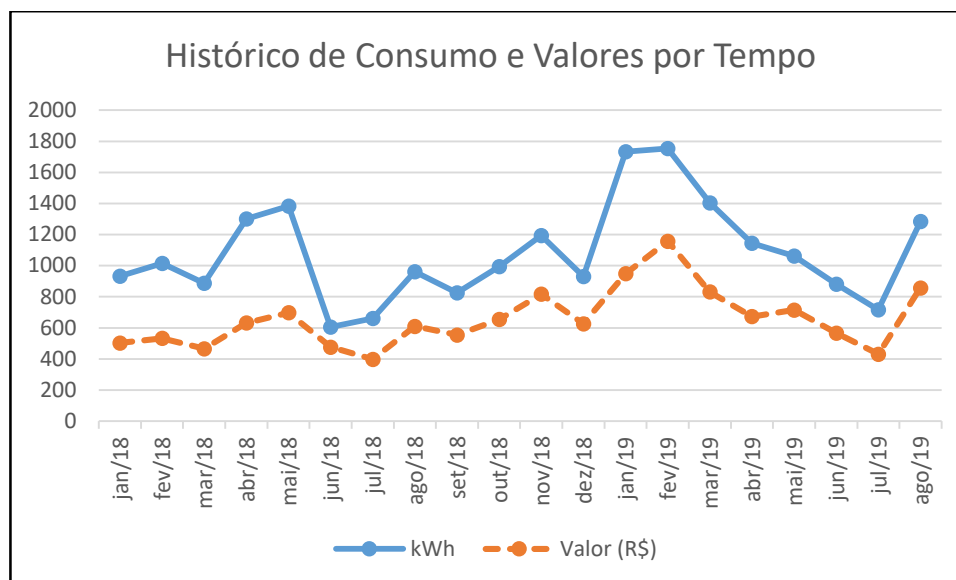
**Tabela 3 – Histórico de consumo de energia elétrica.**

<b>Mês/Ano</b>	<b>kWh</b>	<b>Valor (R\$)</b>
<b>jan/18</b>	933	502,40
<b>fev/18</b>	1015	533,07
<b>mar/18</b>	887	466,14
<b>abr/18</b>	1302	631,95
<b>mai/18</b>	1383	697,81
<b>jun/18</b>	606	475,72
<b>jul/18</b>	661	398,05
<b>ago/18</b>	962	610,31
<b>set/18</b>	826	554,57
<b>out/18</b>	995	654,46
<b>nov/18</b>	1194	816,49
<b>dez/18</b>	931	626,60
<b>jan/19</b>	1734	948,06
<b>fev/19</b>	1754	1157,43
<b>mar/19</b>	1403	831,11
<b>abr/19</b>	1145	672,22
<b>mai/19</b>	1062	714,41
<b>jun/19</b>	881	566,19
<b>jul/19</b>	717	431,09
<b>ago/19</b>	1285	857,27

**Fonte: Faturas fornecidas pelo proprietário (2019).**

Utilizando os dados da tabela 3, foi construído o gráfico a seguir para uma melhor visualização dos dados ao longo do tempo.

**Figura 17 – Visualização dos dados.**



**Fonte: Os autores (2019).**

### 3.3 DEMANDA

A ANEEL, no artigo nº 2, da resolução normativa nº 414, define demanda como sendo a:

Média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) e quilovolt-ampère-reactivo (kvar), respectivamente. (ANEEL, 2010).

Já a demanda faturável é determinada pela a ANEEL como o “valor da demanda de potência ativa, considerada para fins de faturamento, com aplicação da respectiva tarifa, expressa em quilowatts (kW)” (ANEEL, 2010).

Para a demanda faturável da unidade consumidora rural ou sazonal leva-se em conta o maior valor entre demanda medida no ciclo de faturamento ou dez por cento da maior demanda medida em qualquer dos onze ciclos completos de faturamento anteriores (COPEL, 2010).

#### 4 MODELO DE ESTUFA AUTOSSUFICIENTE ENERGETICAMENTE PARA A PRODUÇÃO DE MORANGOS

O modelo de estufa autossuficiente energeticamente proposto neste trabalho, consiste no uso de energia solar fotovoltaica com os objetivos de reduzir os custos financeiros relativos à energia elétrica e de gerar energia elétrica renovável sem causar danos ao meio ambiente.

Para o dimensionamento do sistema de energia solar fotovoltaica foram utilizados dados do programa *SunData*, o software gratuito *System Advisor Model* e os dados fornecidos por 4 orçamentos realizados com empresas do segmento de energia solar fotovoltaica. Os orçamentos encontram-se anexados ao final deste trabalho.

O *SunData* é um programa que calcula a irradiação solar diária média mensal em qualquer localidade do território nacional, é um instrumento que auxilia o dimensionamento de sistemas fotovoltaicos fornecido pelo Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito (CRESESB). O *SunData* utiliza o banco de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª Edição, o qual foi desenvolvido pelo Centro de Ciência do Sistema Terrestre (CCST), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), por meio do seu Laboratório de Modelagem e Estudo de Recursos Renováveis de Energia (LABREN). Esse banco de dados foi obtido a partir de imagens captadas por satélites durante 17 anos, do ano de 1999 à 2015 (CRESESB, 2018).

O *System Advisor Model* também conhecido como SAM, visa ao desenvolvimento e planejamento de sistemas com energia renovável. Desenvolvido pela National Renewable Energy Laboratory (NREL), desde 2005 possibilita a simulação e análise de sistemas fotovoltaicos (ENERGY, 2019). Para a análise do potencial energético solar da propriedade, utilizou-se uma base de dados climáticos provenientes do programa SWERA, Solar and Wind Energy Resource Assessment, a qual é também uma parceria com a NREL. Estes dados quando abertos no software SAM possibilitam a obtenção de gráficos sazonais de radiação solar, entre outras informações.

## 4.1 ANÁLISE DO POTENCIAL ENERGÉTICO SOLAR

Para a análise do potencial energético solar da propriedade foram utilizados o SunData e o System Advisor Model.

### 4.1.1 Usando o *SunData*

Por meio do SunData foram determinados os valores de irradiação solar em kWh/m<sup>2</sup>.dia para quatro planos distintos, sendo eles: plano horizontal, plano inclinado com ângulo igual à latitude, plano inclinado com ângulo que fornece o maior valor médio diário anual de irradiação solar e plano inclinado com ângulo que fornece o maior valor mínimo diário anual de irradiação solar adequadas às diárias médias mensais para os 12 meses do ano. A busca da localidade foi realizada utilizando as coordenadas geográficas, latitude e longitude, da propriedade.

De acordo com o CRESESB (2018, p.1), “estas inclinações são apenas sugestões para a instalação dos painéis fotovoltaicos” e “em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo da inclinação do módulo fotovoltaico.”

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico deste trabalho foi utilizado o valor da média anual de irradiação solar em kWh/m<sup>2</sup>.dia para o plano inclinado com ângulo igual à latitude da propriedade. A tabela 4 apresenta os dados da irradiação solar em kWh/m<sup>2</sup>.dia para os quatro planos e a figura 18 mostra o gráfico referente a esses dados.

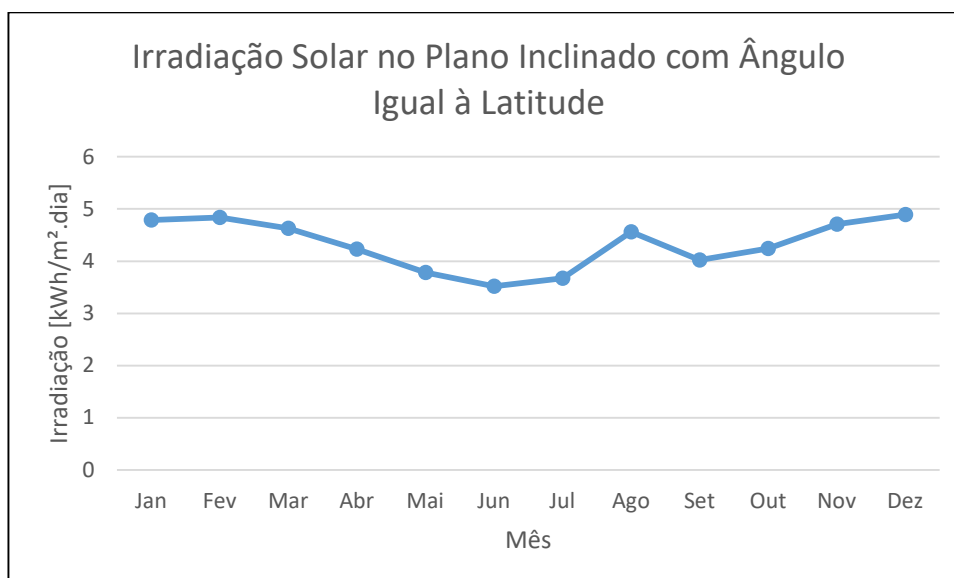
**Tabela 4 – Irradiação anual em São José dos Pinhais.**

Ângulo	Plano Horizontal	Ângulo igual à latitude	Maior média anual	Maior mínimo mensal
Inclinação	0° N	26° N	21° N	45° N
Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]	Jan	5,32	4,79	4,94
	Fev	5,08	4,84	4,94
	Mar	4,48	4,63	4,65
	Abr	3,7	4,23	4,18
	Mai	3,01	3,78	4,67
	Jun	2,67	3,52	3,39
	Jul	2,84	3,67	3,55
	Ago	3,77	4,56	4,46
	Set	3,77	4,02	4,01
	Out	4,34	4,24	4,3
	Nov	5,16	4,71	4,85
	Dez	5,53	4,89	5,06
	Média	4,14	4,32	4,33
Delta	2,86	1,37	1,66	

Fonte: CRESESB (2019).

A figura 18 utiliza os valores de irradiação solar com ângulo igual à latitude.

**Figura 18 – Irradiação solar no plano inclinado com ângulo igual à latitude.**



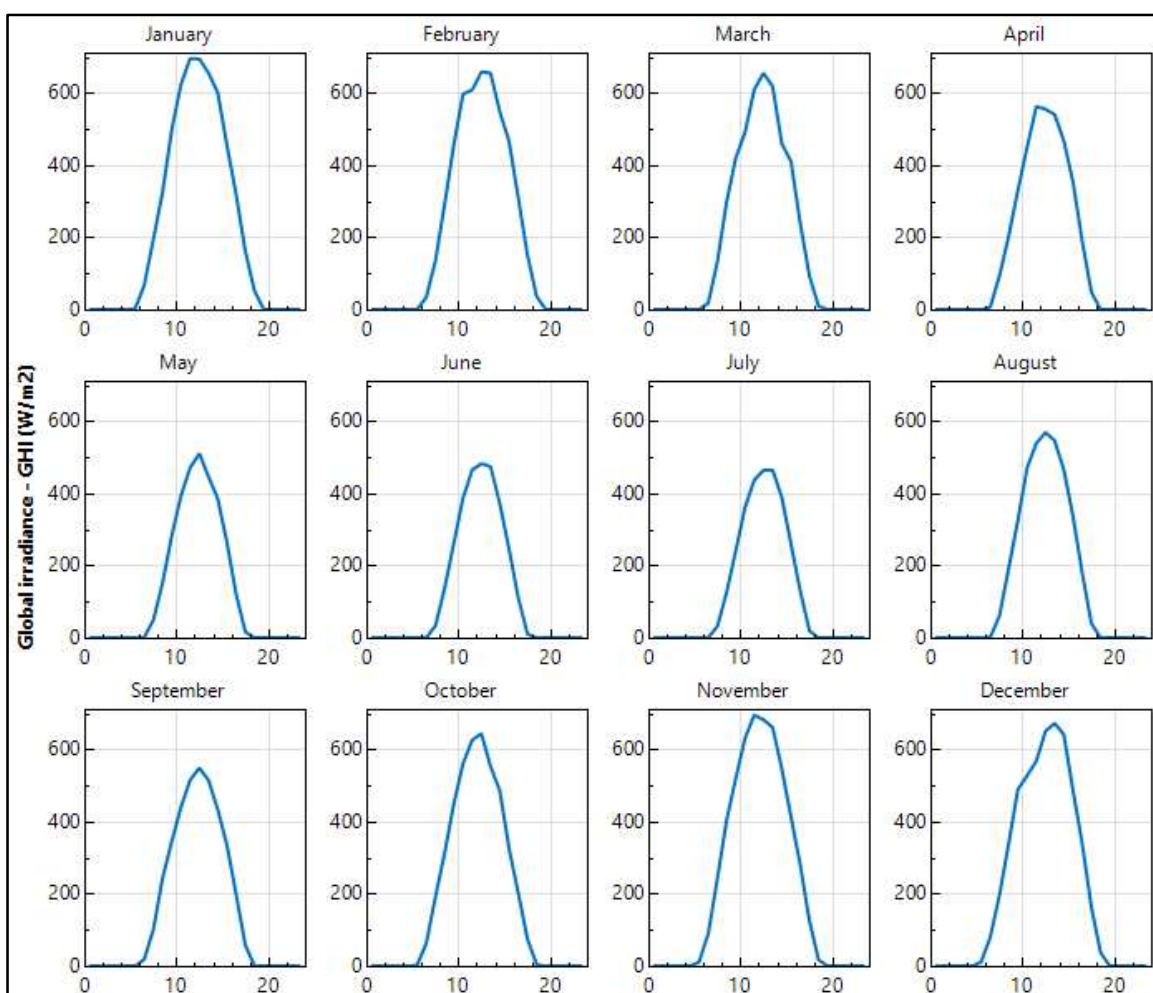
Fonte: CRESESB (2019).

#### 4.1.2 Usando o *System Advisor Model*

É importante destacar que para uma maior precisão dos resultados, foi utilizada a base de dados climáticos do aeroporto Afonso Pena do ano de 2017, localizado em São José dos Pinhais, distante apenas de 7 quilômetros da propriedade em estudo.

A figura 19 destaca a irradiação solar em  $W/m^2$  durante os meses do ano na região.

**Figura 19 – Irradiação anual em São José dos Pinhais.**



**Fonte: Software SAM (2019).**



## 4.2 SISTEMA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Com base nos dados simulados pelo programa *SunData*, pelo software gratuito *System Advisor Model* e nos dados apresentados nos orçamentos fornecidos pelas empresas do segmento de energia solar fotovoltaica, o sistema de energia solar fotovoltaico foi dimensionado para operar interligado à rede, On-Grid, e tem potência de 9,49 kWp.

Os equipamentos escolhidos para compor o sistema de energia solar fotovoltaica encontram-se listados a seguir.

### 4.2.1 Cabeamento Solar Especial

É fundamental a utilização de um cabeamento solar especial na instalação do sistema fotovoltaico que seja resistente à intempérie, tenha resistência mecânica e uma vida útil de ao menos 25 anos.

**Figura 20 – Cabeamento solar.**



**Fonte: ExZHellent Solar (2019).**

A imagem a seguir ilustra as características necessárias a um cabeamento solar.

**Figura 21 – Características do cabeamento solar.**



**Fonte: ExZHellent Solar (2019).**

#### 4.2.2 Equipamentos de Suporte e Ancoragem

As estruturas de suporte e ancoragem são fundamentais para a instalação dos módulos fotovoltaicos. No caso deste trabalho, os módulos podem ser instalados tanto no telhado, como no terreno da propriedade, pois há espaço suficiente em ambas as situações.

##### 4.2.2.1 Suportes para Telhado

Na propriedade, o telhado é composto por telhas de cerâmica, logo, se a opção escolhida for a instalação no telhado, será necessário instalar um suporte que possa ser fixado no suporte do telhado. Para isso, é necessário fixar presilhas que irão receber o suporte de sustentação dos módulos fotovoltaicos e estes serão fixados ao suporte por meio de presilhas rosqueadas que se adequam a maior parte dos módulos que possuem moldura que atenda ao padrão de espessura entre 3 e 4,5 cm (BLUESOL, 2019).

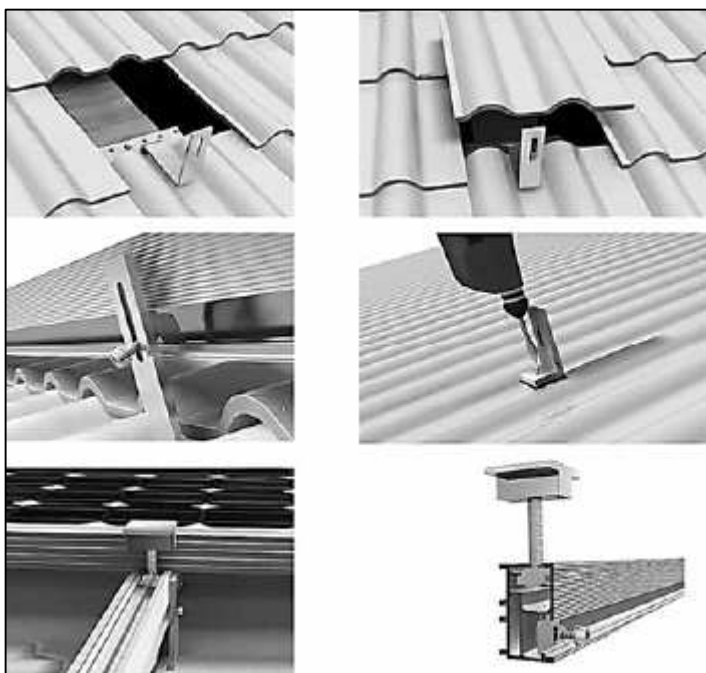
**Figura 22 – Presilha para telhas.**



**Fonte: BlueSol (2019).**

A figura 23 ilustra o detalhe das presilhas e o perfil do suporte.

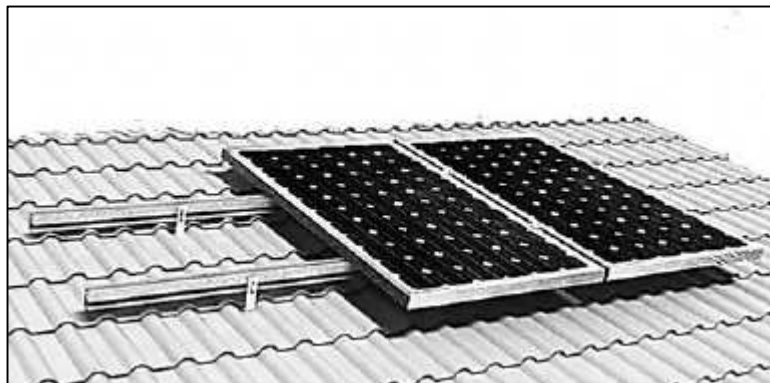
**Figura 23 – Detalhe das presilhas e perfil do suporte.**



**Fonte: BlueSol (2019).**

A imagem 24 ilustra o suporte usado para fixação dos módulos no telhado.

**Figura 24 – Suporte para telhado.**



**Fonte: BlueSol (2019).**

#### 4.2.2.2 Suportes para Instalação

Se a opção escolhida for a instalação no chão, os módulos fotovoltaicos deverão ser instalados no mínimo a 30 cm de distância do chão, pois se instalados a uma distância menor, sofrem o risco de serem sombreados pelo crescimento da vegetação rasteira da propriedade (BLUESOL, 2019).

**Figura 25 – Estrutura de suporte para instalação no chão.**



**Fonte: BlueSol (2019).**

#### 4.2.2.3 Inclinação e Orientação do Pannel Fotovoltaico

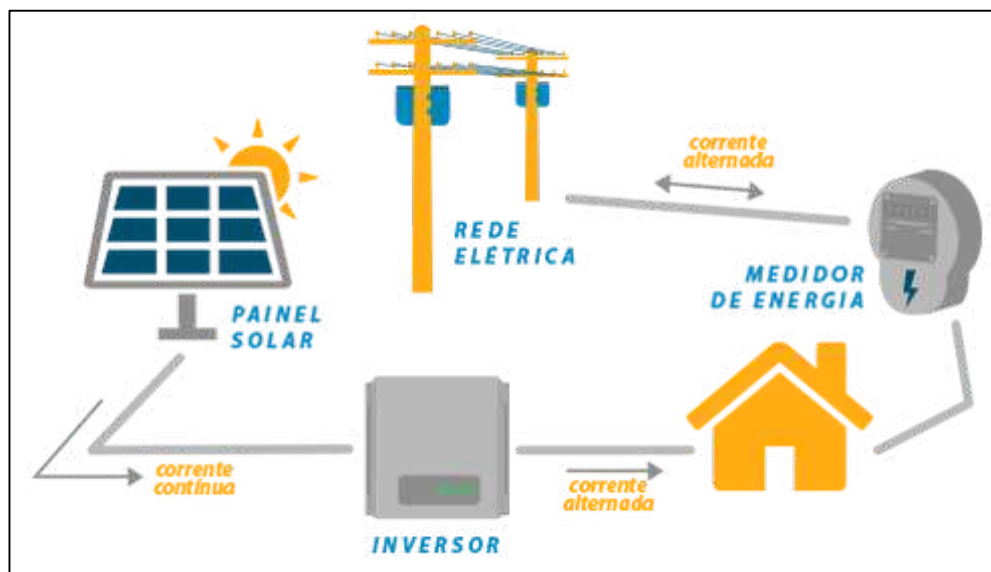
A latitude da propriedade é que determinará a inclinação adequada do pannel fotovoltaico. Para o caso deste sistema, o qual é interligado à rede elétrica, uma inclinação menor proporcionará uma obtenção maior de irradiação solar durante os períodos de proximidade do solstício de verão (BLUESOL, 2019).

O pannel deverá ser instalado com a face voltada para o norte, o ponto azimutal no hemisfério sul (BLUESOL, 2019).

#### 4.2.3 Inversor On-Grid

Em um sistema fotovoltaico interligado à rede elétrica, como é o caso deste trabalho, o inversor grid-tie é o equipamento que injeta a energia elétrica na rede, modificando as características da energia gerada pelos painéis fotovoltaicos e adequando-a às características da rede elétrica (BLUESOL, 2019; PEREIRA, 2008).

**Figura 26 – Conexão do inversor grid-tie.**



**Fonte: EngSun (2018).**

#### 4.2.3.1 Funções

As funções do inversor grid-tie em um sistema fotovoltaico são:

- Rastrear o ponto de máximo de potência (MPPT – Maximum Power Point Tracking). Os módulos fotovoltaicos conseguem operar próximos ao seu ponto de maior potência, que oscila de acordo com a radiação solar incidente por meio do controle da corrente e da tensão realizados por esse sistema (PEREIRA, 2008).

- Fazer a conversão da corrente contínua em corrente alternada (PEREIRA, 2008).

- Desconectar o sistema fotovoltaico da rede elétrica em situações onde a corrente, a tensão e a frequência não estejam de acordo com os padrões da rede elétrica e isolar o sistema fotovoltaico da rede elétrica quando houver manutenção desta ou falhas no sistema elétrico (PEREIRA, 2008).

- Informar através de um display, os parâmetros de entrada e armazenar informações em data-logger ou enviá-las para um computador (PEREIRA, 2008).

#### 4.2.3.2 Classificação

Os inversores grid-tie podem possuir ou não um transformador. Neste trabalho, será usado um inversor sem transformador que é o mais utilizado para baixas potências. Este tipo de inversor possui as vantagens de ser menor, mais leve, mais barato e gerar menos perdas. Entretanto, durante a sua instalação, deverá ser seguidas medidas rígidas de proteção, já que o inversor sem transformador não possui isolamento elétrico. Dispositivos de proteção contra corrente residual deverão ser instalados no lado de corrente contínua e no de corrente alternada (BLUESOL, 2019).

#### 4.2.3.3 Conexão

O inversor grid-tie será conectado à rede elétrica por meio do ponto de conexão da edificação.

#### 4.2.3.4 Características

Usualmente, um inversor grid-tie possui as seguintes características listadas na sua folha de dados:

- Potência nominal de saída (Rated Output Power): potência máxima de saída do inversor expressa em watts e kilowatts (PORTALSOLAR, 2011).

- Tensão de saída (Output Voltage): tensão de rede a qual o inversor grid-tie será conectado. Sendo 110 V ou 220 V, a tensão de saída para inversores dimensionados para sistemas menores e 380 V normalmente para indústrias (PORTALSOLAR, 2011).

- Eficiência Máxima (Peak Efficiency): a eficiência mais alta que um inversor grid-tie alcança (PORTALSOLAR, 2011).

- Eficiência EU ou CEC: eficiência em condições reais, medida em laboratórios, levando em conta o calor e a umidade (PORTALSOLAR, 2011).

- Corrente máxima de entrada (Maximum Input Current): máxima corrente contínua que o inversor grid-tie suporta (PORTALSOLAR, 2011).

- Corrente máxima de saída: máxima corrente alternada que o inversor fornece (PORTALSOLAR, 2011).

- Quantidade de MPPT (Number of MPPT): quantidade de ponto de máximo de potência serve para elevar ao máximo o rendimento do inversor grid-tie (PORTALSOLAR, 2011).

- Faixa de MPPT (MPPT Voltage Range): faixa de tensão de entrada em corrente contínua de operação do inversor grid-tie (PORTALSOLAR, 2011).

- Grau de proteção IP (Protection Rating): classificação de proteção IP. O IP45 representa um inversor sem proteção contra poeira e o IP65 à prova de poeira (PORTALSOLAR, 2011).

#### 4.2.3.5 Inversor Escolhido

Por fim, por aceitação no mercado, comodidade e facilidade de instalação, o inversor escolhido foi o da marca Fronius.

**Figura 27 – Inversor grid-tie.**



**Fonte: Fronius (2019).**

**Figura 28 – Dados de entrada do inversor.**

DADOS DE ENTRADA	
Quantidade de MPP Tracker	20
Corrente máx. de entrada ( $I_{cc\ máx}$ )	18 / 18 A
Corrente máx. de curto-circuito do campo do módulo	27 / 27 A
Faixa de tensão de entrada CC ( $U_{cc\ mín} - U_{cc\ máx}$ )	80 - 1000 V
Alimentação de tensão inicial ( $U_{cc\ inicial}$ )	80,0 V
Tensão nominal de entrada ( $U_{cc,r}$ )	710,0 V
Faixa de tensão MPP ( $U_{mpp\ mín} - U_{mpp\ máx}$ )	270 - 800 V
Faixa de tensão MPP utilizável	80 - 800 V
Quantidade de conexões CC	2 + 2
Potência máxima do gerador fotovoltaico ( $P_{cc\ máx}$ )	12,3 kW <sub>peak</sub>

**Fonte: Fronius (2019).**



**Figura 29 – Dados de saída do inversor.**

DADOS DE SAÍDA	
Potência nominal CA ( $P_{CA,r}$ )	8200,0 W
Potência máx. de saída ( $P_{CA\ máx}$ )	8200,0 VA
Potência máxima de saída ( $I_{CA\ nom}$ )	35,7 A
Acoplamento à rede ( $U_{CA,r}$ )	1~ NPE 220/230 V
Faixa de tensão CA ( $U_{mín} - U_{máx}$ )	180 - 270 V
Frequência ( $f_r$ )	50 / 60 Hz
Faixa de frequência ( $f_{mín} - f_{máx}$ )	45 - 65 Hz
Fator de distorção	< 5 % $S=^m$ % $=^m$ >
Fator de potência ( $\cos \varphi_{CA,r}$ )	0,85 - 1 ind./cap.

**Fonte: Fronius (2019).**

**Figura 30 – Dados gerais do inversor.**

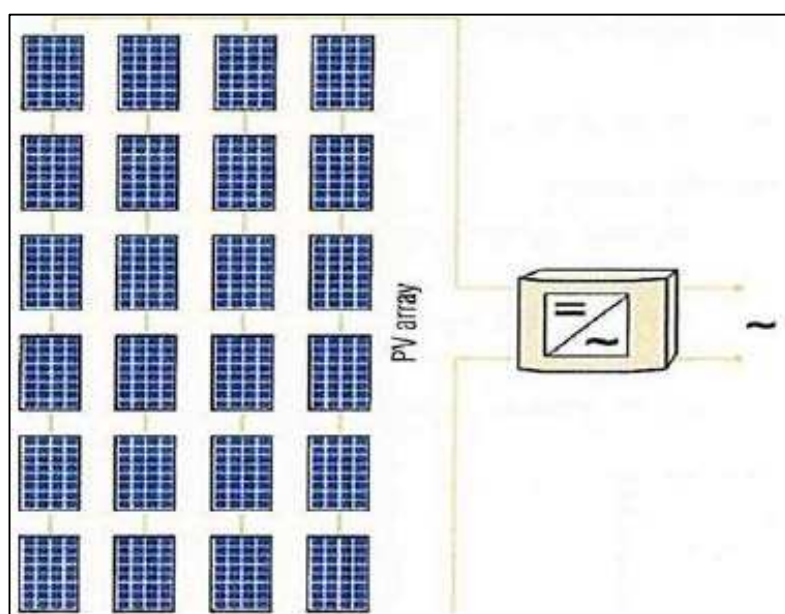
DADOS GERAIS	
Dimensão (altura)	645,0 mm
Dimensão (largura)	431,0 mm
Dimensão (profundidade)	204,0 mm
Peso	21,5 kg
Grau de proteção	IP 65
Classe de proteção	1,0
Categoria de sobretensão (CC/CA) <sup>1)</sup>	2 / 3
Consumo noturno	< 1 w $1=^m$ >
Conceito de inversor	Sem transformador
Refrigeração	Refrigeração controlada
Montagem	Montagem interna e externa
Faixa da temperatura ambiente	-40°C - +55°C
Umidade do ar admissível	0 - 100 %
Altura máx. acima do nível do mar <sup>2)</sup>	4.000 m
Tecnologia de conexão CC	4x bornes aparafusados CC+ e 4x bornes aparafusados CC- 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>
Tecnologia de conexão CA	Bornes aparafusados CA de 3 polos 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>
Certificados e cumprimento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105

**Fonte: Fronius (2019).**

#### 4.2.4 Painel Fotovoltaico

Para este sistema, o qual possui um inversor grid-tie sem transformador, a configuração de painel fotovoltaico mais utilizada é a de alta tensão na entrada (BLUESOL, 2019).

**Figura 31 – Sistema fotovoltaico com alta tensão de entrada.**



**Fonte: BlueSol (2019).**

##### 4.2.4.1 Sistema de Proteção

Como será utilizado um inversor sem transformador, se esse não possuir um sistema de proteção elétrica acoplado a ele, será necessário instalar uma string-box contendo fusíveis, diodos de bloqueio, dispositivos de proteção contra surtos, no lado CC e no lado CA, e um interruptor DC para desligar o painel quando for necessário realizar manutenção deste (BLUESOL, 2019).

**Figura 32 – String-box.**



**Fonte: EcoSolys (2017).**

#### 4.2.4.2 Módulo Fotovoltaico

Para a obtenção do número de módulos fotovoltaicos, foi obtida a média de consumo de energia elétrica de 20 meses contida na tabela 3, no capítulo 3.3, equivalente a 1083,3 kWh/mês.

A Resolução Normativa da ANEEL nº 414/2010, em seu artigo 98, estabelece que:

O custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal de consumidor responsável por unidade consumidora do grupo B, é o valor em moeda corrente equivalente a:

I – 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores;

II – 50 kWh, se bifásico a 3 (três) condutores; ou

III – 100 kWh, se trifásico. (ANEEL, 2010, p.140).

Assim, se faz necessário subtrair do consumo médio, 100 kWh:

$$Energia = 1083,3 - 100 = 983,3 \text{ kWh/mês}$$

Para a facilitação dos cálculos, foi transformado o consumo em kWh/dia:

$$Energia = \frac{983,3}{30} = 32,78 \text{ kWh/dia}$$

Outro componente importante para o dimensionamento dos módulos fotovoltaicos é o fator Horas Sol Pico ou HSP, o qual parametriza a quantidade de horas em que o sol proporciona 1000 kWh/m<sup>2</sup>.dia. Na figura 17, para o ângulo igual a latitude, encontrou-se o valor médio de 4,32 h/dia para a localidade em estudo.

Além disso, a Sociedade Alemã de Energia Solar promoveu um estudo à respeito das perdas presentes em sistemas de energia solar. As características de perdas que podem ser citadas são: sombreamento, acúmulo de sujeira, incompatibilidade elétrica, reflexão e perdas CC e CA que podem chegar a um valor de 20% de perdas (DGS, 2013). Desta forma, é possível determinar um valor genérico de rendimento para os módulos solares de 80%.

Diante de todos os dados necessários para realização do dimensionamento, tem-se que a potência necessária para geração dos painéis fotovoltaicos é:

$$Potência\ Total = \frac{Energia}{Tempo \cdot Rendimento}$$

$$Potência\ Total = \frac{32,78 \frac{kWh}{dia}}{4,32 \frac{h}{dia} \cdot 80\%}$$

$$Potência\ Total = 9,49 \text{ kW}$$

Para validar este resultado, este valor foi confrontado com os orçamentos solicitados com algumas empresas especializadas em energia solar e manteve a mesma média de resultados.

Finalmente, por comodidade de instalação, compra e aceitação de mercado, foi escolhido o modelo de 330 Wp, resultando em um sistema com 29 módulos fotovoltaicos instalados em um ângulo de 26 ° em relação ao plano horizontal.

As imagens 31 e 32 apresentam respectivamente, os dados elétricos e os dados gerais do módulo fotovoltaico da Canadian Solar.

**Figura 33 – Dados elétricos do módulo fotovoltaico.**

<b>ELECTRICAL DATA   STC*</b>			
CS6U	325P	330P	335P
Nominal Max. Power (Pmax)	325 W	330 W	335 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	37.0 V	37.2 V	37.4 V
Opt. Operating Current (Imp)	8.78 A	8.88 A	8.96 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.5 V	45.6 V	45.8 V
Short Circuit Current (Isc)	9.34 A	9.45 A	9.54 A
Module Efficiency	16.72%	16.97%	17.23%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC/UL) or 1500 V (IEC/UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

\* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m<sup>2</sup>, spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

**Fonte: Canadian Solar (2019).**

**Figura 34 – Dados de entrada do inversor.**

<b>MECHANICAL DATA</b>	
Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	72 (6×12)
Dimensions	1960 × 992 × 35 mm (77.2 × 39.1 × 1.38 in)
Weight	22.4 kg (49.4 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4.0 mm <sup>2</sup> (IEC), 12 AWG (UL), 1160 mm (45.7 in)
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	720 pieces

**Fonte: Canadian Solar (2019).**

#### 4.2.4.3 Área Ocupada pelo Painel Fotovoltaico

Cada módulo fotovoltaico possui comprimento de 1,96 m e 0,992 m de largura, então a área total ocupada pelo painel com 29 módulos fotovoltaicos será aproximadamente 56 m<sup>2</sup>.

### 5 ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Em conformidade com o sistema dimensionado no capítulo anterior e dos componentes a serem considerados no sistema, foi possível levantar o preço médio do sistema levando em conta os custos dos equipamentos, acessórios para instalação incluindo estruturas metálicas, cabos e equipamentos de proteção, bem como a mão de obra.

**Tabela 5 – Planilha autoral de valores elaborada para o sistema fotovoltaico.**

Equipamento	Valor unitário	Quantidade	Valor total	%
<b>Módulos</b>	760,00	29	22040,00	53,81%
<b>Inversor</b>	11920,00	1	11920,00	29,10%
<b>Acessórios</b>	-	-	4000,00	9,77%
<b>Mão de obra</b>	-	-	3000,00	7,32%
<b>Total</b>			40960,00	100,00%

**Fonte: Os autores (2019).**

Evidencia-se que os custos referentes aos módulos fotovoltaicos representam mais da metade do valor total. Isto se deve à tecnologia empregada pelo uso de silício policristalino. O inversor por sua vez também tem uma representatividade grande no valor uma vez que também possui tecnologias empregadas para a conversão de energia e compatibilidade com o sistema da concessionária de distribuição, a COPEL.

Diante dos orçamentos reunidos com as empresas e do orçamento realizado pelos autores, a tabela 6 apresenta um comparativo entre eles.

**Tabela 6 – Comparativo dos orçamentos avaliados e do orçamento autoral.**

	Potência (kWp)	Preço (R\$)	Preço por kWp
<b>Orçamento 1</b>	9,90	41580,00	4200,00
<b>Orçamento 2</b>	9,90	39217,00	3961,31
<b>Orçamento 3</b>	12,42	58760,00	4731,08
<b>Orçamento 4</b>	9,52	46800,00	4915,97
<b>Média</b>	<b>10,44</b>	<b>46589,25</b>	<b>4452,09</b>
<b>Orçamento Autorial</b>	9,49	40960,00	4316,12

*Fonte: Os autores (2019).*

## 5.1 PAYBACK

Payback é o tempo necessário para que se obtenha o retorno de todo o investimento em alguma aplicação, este cálculo é muito utilizado em aplicações elétricas e de eficiência energética para analisar sua viabilidade econômica (BRUNI, 2008). É um método de análise geral, porém limitado e de certa forma, simplista, pois neste cálculo não é considerado o risco, correção monetária ou financiamento. Simplesmente o valor onde o lucro líquido iguala ao valor aplicado no investimento em questão.

Entretanto, para os cálculos realizados foram levados em consideração a atualização de tarifas de energia do ano de 2019 da COPEL Distribuidora, de acordo com os dados da ANEEL, estando pré-estabelecido uma correção anual de 3,85%.

É válido destacar, também, que foram empregados encargos tributários às tarifas de energia, representando os impostos PIS, COFINS e ICMS. Por fim, a produção de energia elétrica do sistema fotovoltaico foi calculada com base em perdas de 2% ao ano, valor constado no *datasheet* dos módulos solares.

A tabela 7 foi elaborada de modo a demonstrar as perspectivas dos próximos 20 anos levando em conta os parâmetros comentados anteriormente. Ao final, há demonstrativo de fluxo de caixa do sistema.

**Tabela 7 – Demonstração de payback.**

Ano	Consumo Anual (kWh)	Produção Sistema Fotovoltaico (kWh)	Consumo Sem Sistema (R\$)	Consumo Com Sistema (R\$)	Benefício (R\$)	Investimento (R\$)	Fluxo de Caixa (R\$)
1	13005,6	11799,60	7878,86	474,42	7404,44	40960,00	-33555,56
2	13005,6	11563,61	8182,20	589,09	7593,11	-	-25962,45
3	13005,6	11332,34	8497,21	709,89	7787,32	-	-18175,13
4	13005,6	11105,69	8824,35	837,08	7987,28	-	-10187,85
5	13005,6	10883,58	9164,09	970,93	8193,16	-	-1994,69
6	13005,6	10665,90	9516,91	1111,74	8405,17	-	6410,48
7	13005,6	10452,59	9883,31	1259,81	8623,50	-	15033,98
8	13005,6	10243,53	10263,82	1415,44	8848,38	-	23882,35
9	13005,6	10038,66	10658,97	1578,97	9080,01	-	32962,36
10	13005,6	9837,89	11069,34	1750,72	9318,63	-	42280,99
11	13005,6	9641,13	11495,51	1931,05	9564,46	-	51845,45
12	13005,6	9448,31	11938,09	2120,33	9817,76	-	61663,21
13	13005,6	9259,34	12397,71	2318,93	10078,78	-	71741,99
14	13005,6	9074,16	12875,02	2527,25	10347,77	-	82089,76
15	13005,6	8892,67	13370,71	2745,71	10625,00	-	92714,76
16	13005,6	8714,82	13885,48	2974,72	10910,76	10240,00	93385,52
17	13005,6	8540,52	14420,07	3214,74	11205,34	-	104590,85
18	13005,6	8369,71	14975,24	3466,22	11509,03	-	116099,88
19	13005,6	8202,32	15551,79	3729,64	11822,15	-	127922,03
20	13005,6	8038,27	16150,53	4005,52	12145,02	-	140067,05

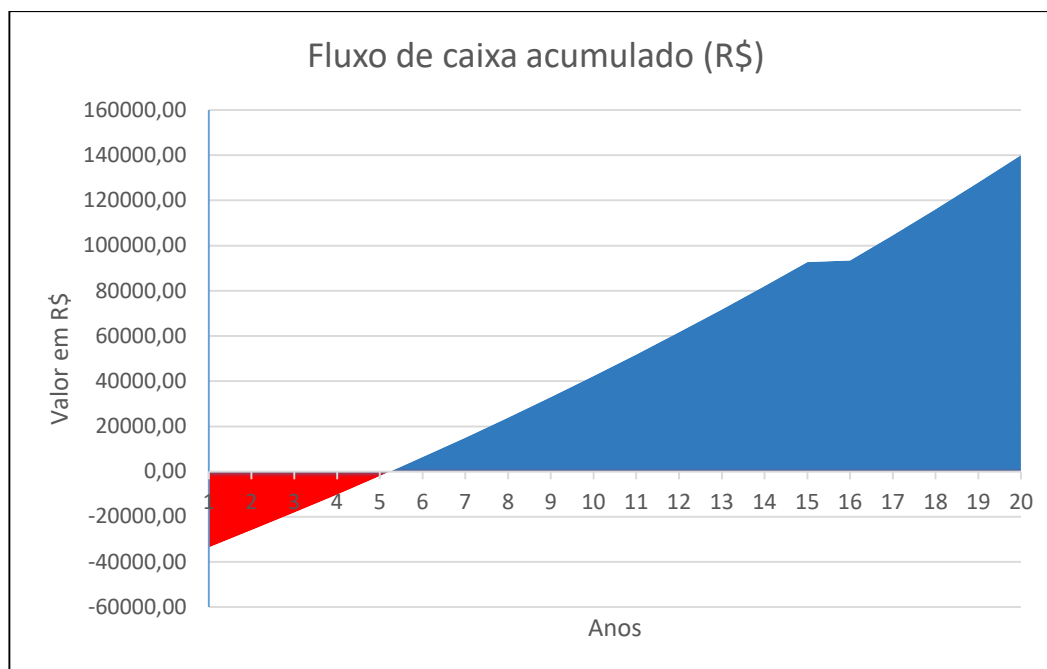
**Fonte: Os autores (2019).**

Verificou-se que os cinco primeiros anos possuem fluxo de caixa negativo, devido ao investimento inicial da instalação do sistema. Entretanto, percebeu-se que, a partir do sexto ano o fluxo de caixa aumenta consideravelmente a cada ano mesmo com quedas de rendimento do sistema fotovoltaico.

Outro fator importante a destacar é a recomendação por parte do fabricante do inversor solar pela troca do componente ao final do décimo quinto ano de uso, o que nos cálculos estimados representam 25% do valor inicial do investimento. Da mesma forma, o fluxo de caixa mantém-se positivo, o que levanta bons indicadores para a instalação do sistema na propriedade.



**Figura 35 – Gráfico de fluxo de caixa acumulado durante 20 anos.**



**Fonte: Os autores (2019).**

A figura 35 apresenta os valores acumulados ao longo dos 20 anos de funcionamento do sistema, havendo uma distorção na curva entre os anos número 15 e 16 devido à substituição do inversor.

## 6 CONCLUSÃO

O estudo desta propriedade rural foi feito tendo em vista as regras atuais, não levando em consideração as futuras mudanças que estão por vir referentes a taxas e incentivos oferecidos, que estão em discussão pela ANEEL.

Para uma melhor previsão de custos a equipe consultou empresas especializadas na região de Curitiba e solicitamos orçamentos tendo fornecido os dados coletados na propriedade e o histórico de consumo do produtor, ao todo foram obtidos quatro orçamentos distintos e comparados aos cálculos realizados pela equipe. A comparação não evidencia nenhuma discrepância significativa quanto à potência instalada e às marcas e modelos dos equipamentos utilizados. Também foram comparados com os cálculos feitos pela equipe, tendo se aproximado bem dos orçamentos, demonstrando coerência na metodologia de cálculo.

Os cálculos de payback encontrados no capítulo que trata sobre a viabilidade econômica mostram que o tempo médio para se recuperar o investimento inicial é de

aproximadamente 5 anos, o que corresponde ao valor médio de payback de sistemas fotovoltaicos divulgado pelos estudos da ANEEL, o estudo deste trabalho foi feito com em um histórico onde o produtor cultivava aproximadamente 20 mil mudas de morango, entretanto um aumento na produção impactara também em um maior consumo de energia. Porém o sistema é facilmente ampliável, sendo possível se adequar conforme o consumo aumente ao passar dos anos.

Tendo como objetivo a produção mais sustentável de morangos, este pôde ser alcançado tornando a propriedade aproximadamente 92% autossuficiente em energia elétrica, ou seja, a propriedade produzirá quase toda a energia. Logo, não é viável produzir uma maior porcentagem pois o sistema escolhido foi o sistema de compensação financeira, fazendo com que o produtor ainda seja cliente fixo da distribuidora local de energia elétrica, neste caso, a COPEL. Assim, as contas levam em conta a taxa mínima de consumo, havendo obrigatoriedade de pagamento desta, que é, neste caso, de acordo com o tipo de ligação trifásico, representando 100 kWh/mês.

Além disso, o fluxo de caixa representado ao longo dos anos em estudo, possibilitará grandes investimentos na ampliação do cultivo de morangos na localidade, tornando esta, uma produção autossustentável.

Outro aspecto conclusivo é o ganho da imagem institucional do produtor ao utilizar energia solar na produção de morangos, pelo apelo sustentável. Por este motivo, também será possível adquirir selos de qualidade referentes à produção, agregando valor ao produto final.

Finalmente, sugere-se que em trabalhos futuros sejam desenvolvidos novos estudos relacionados à ampliação da produção de morangos bem como a adequação em relação à nova legislação proposta referente aos sistemas fotovoltaicos, pois isto impactará diretamente no tempo de retorno do investimento realizado, sendo necessário outros estudos relacionados à eficiência energética.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 414**. 9 de setembro de 2010. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/bren2010414.pdf/3bd33297-26f9-4ddf-94c3-f01d76d6f14a?Version=1.0>. Acesso em: 30 de out. 2019.

ALMEIDA, Fernando. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. [S. L.]: Nova Fronteira, 2002. 208 p.

ANTUNES, L. E. C.; CARVALHO, G. L.; SANTOS, A. M. dos. A cultura do morango. 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2011. 52 p. (Coleção Plantar, 68).

ANTUNES, L.E.C; REISSER. C.J. **Caracterização da Produção de Morangos no Brasil**. Pelotas, RS: 2007. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Morango-situacao-Importancia\\_000fn2g4bkj02wyiv8065610dpqk1par.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Morango-situacao-Importancia_000fn2g4bkj02wyiv8065610dpqk1par.pdf). Acesso em: 10 out. 2018.

**Anuário Brasileiro da Fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: editora Gazeta, 2015. 19 p. Disponível em: [http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo\\_edicao/4/2015/03/20150301\\_106c8c2f1/pdf/4718\\_2015fruticultura.pdf](http://www.grupogaz.com.br/tratadas/eo_edicao/4/2015/03/20150301_106c8c2f1/pdf/4718_2015fruticultura.pdf). Acesso em: 26 jun. 2019.

ASSAD, M.L.L.; ALMEIDA, J. **Agricultura e Sustentabilidade. Contexto, Desafios e Cenários**. Ciência e Ambiente, 2004, n.29, p.15-30.

ASSIS, R. L. **Desenvolvimento rural sustentável no Brasil**: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia. Economia Aplicada, 2006, v.10, n.1, p.75-89.

BLUESOL, ENERGIA SOLAR. **Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica**. Livro Digital de Introdução aos Sistemas Solares. Disponível em: <https://programaintegradoronline.com.br/wp-content/uploads/2016/03/Livro-Digital-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-aos-Sistemas-Solares-novo.pdf>. Acesso em: 03 de nov. 2019.

BRUSCHI, D.L. **Desenvolvimento De Células Solares Em Silício Tipo N Com Emissor Formado Com Boro**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS: janeiro, 2010.

CÂMARA, C.F. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica**. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG: 2011.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FF5EAD992942579F903257EBB0042F764#DC>. Acesso em: 30 out. 2019.

CANADIAN SOLAR. Disponível em: <https://www.canadiansolar.com/upload/2e46a5e4e1c8ba14/9da8c57eb4c725d5.pdf>. Acesso em: 06 nov. 2019.

CAPRONI, C.M. et al. **Produção sustentável de morangueiro**. Revista Agrogeoambiental. Instituto Federal do Sul de Minas Gerais, Volume 5, n.3, Dezembro de 2013.

CARNEIRO, J. **Módulos Fotovoltaicos, Características E Associações**. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal, 2010.

CAUME, D.J. **Agricultura Familiar e Agronegócio: falsas antinomias**. REDES, Santa Cruz do Sul, v.14, n.1, p.26 - 44, janeiro/abril 2009.

COCCO, C. **Qualidade Fisiológica Das Mudas Na Produção De Frutas Do Morangueiro**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa

Maria – RS, 2010.

COPEL. Companhia Paranaense de Energia. Disponível em: <https://www.copel.com/hpcopel/root/nivel2.jsp?endereco=%2Fhpcopel%2Froot%2Fpagcopel2.nsf%2Fdocs%2FF5EAD992942579F903257EBB0042F764#DC>. Acesso em: 30 out. 2019.

CRESESB. Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S.Brito. Cidade Universitária, Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata>. Acesso em: 01 nov. 2019.

DA SILVA, E.P. et al. **Recursos energéticos, meio ambiente e desenvolvimento**. O Futuro dos Recursos #, novembro de 2003.

DEMONTI, R. **Processamento Da Energia Elétrica Proveniente De Módulos Fotovoltaicos**. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, fevereiro, 2003.

DOS SANTOS, C.F. et al. **A Agroecologia Como Perspectiva de Sustentabilidade na Agricultura Familiar**. Ambiente e Sociedade, São Paulo, v. XVII, n.2, p. 33 -52, abril-junho 2014.

ECOSOLYS. Disponível em: <http://ecosolys.com.br/index.php/home/string-box/>. Acesso em: 08 nov. 2019.

ENERGY, U.s. Department Of. **System Advisor Model**. 2019. Disponível em: <https://sam.nrel.gov/about-sam.html>. Acesso em: 05 nov. 2019.

EXZHELLENTSOLAR. **Cabos para Instalações de Energia Solar Fotovoltaica**. Disponível em: <https://www.generalcable.com/assets/documents/LATAM%20Documents/Brazil%20Site/Catalogo-ExZHellent-Solar.pdf?ext=.pdf>. Acesso em: 09 nov. 2019.

FACHINELLO, J.C. et al. **Situação e Perspectivas da Fruticultura de Clima**

**Temperado no Brasil.** Rev. Bras. Frutic. Jaboticabal – SP, Volume Especial, E. 109-120, Outubro de 2011.

FRONIUS. Disponível em: <https://www.fronius.com/pt-br/brasil/energia-solar/produtos/todos-os-produtos/inversor/fronius-primo/fronius-primo-8-2-1>. Acesso em: 06 nov. 2019.

GALDINO, M.A.E; LIMA, J.H.G; RIBEIRO, C.M; SERRA, E.T. **O Contexto das Energias Renováveis no Brasil.** Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, Rio de Janeiro, 2000.

GASQUES, J.G. et al. **Desempenho E Crescimento Do Agronegócio No Brasil.** Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília, fevereiro de 2004.

JANK, M.S.; NASSAR, A.M.; TACHINARDI, M.H. **Agronegócio e comércio exterior brasileiro.** REVISTA USP, São Paulo, nº64, p. 14-27, dezembro/fevereiro 2004-2005.

LITJENS, O. J. **Automação De Estufas Agrícolas Utilizando Sensoriamento Remoto E O Protocolo Zigbee.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2009.

LOPES, C.J.R. **Efeito do Sombreamento nos Painéis Fotovoltaicos.** Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Área Departamental de Engenharia de Sistemas de Potência e Automação, Dezembro, 2013.

MACHADO, C.T.; MIRANDA, F.S. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma Breve Revisão.** Revista Virtual de Química, 2015.

MENDONÇA, M.L. **O Papel da Agricultura nas Relações Internacionais e a Construção do Conceito do Agronegócio.** Contexto Internacional (PUC), Vol.37, nº 2, maio/agosto 2015.

MOEHLECKE, A.; ZANESCO, I. **Mercado, física e processamento de células solares.** Metalurgia e Materiais, v. 61, p. 394-397, julho, 2005.

MORI, V.; DOS SANTOS, R.L.C.; SOBRAL, L.G.S. **Metalurgia do silício: processos de obtenção e impactos ambientais**. Série Tecnologia Ambiental, Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2007.

NABAIS, A.S. **Análise Energética e Ambiental em Estufas Agrícolas**. Dissertação de Mestrado – Instituto Politécnico de Leiria, Leiria, 2015.

PREFEITURA DE SÃO JOSÉ DOS PINHAIS . Disponível em: <<http://www.sjp.pr.gov.br/sao-jose-dos-pinhais-e-o-segundo-maior-produtor-de-morango-par-ana/>>. Acesso em: 19 out. 2018.

PEREIRA, O.L.S; GONÇALVES, F.F. **Dimensionamento de Inversores Para Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica: Estudo de Caso do Sistema de Tubarão -SC**. Revista Brasileira de Energia. Vol. 14, Nº 1, 1º Sem. 2008, pp. 25-45.

PORTALSOLAR. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/>. Acesso em: 04 nov. 2019.

BRUNI, Adriano Leal. **Avaliação de Investimento**. São Paulo, Atlas, 2008.

PRIEB, C. W. M. **Desenvolvimento De Um Sistema De Ensaio De Módulos Fotovoltaicos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, junho de 2002.

REETZ, E.R. et al. **Anuário Brasileiro De Fruticultura 2015**. Santa Cruz do Sul: editora Gazeta, 2015.

REIS, N. V. B. **Construção de estufas para produção de hortaliças nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste**. Embrapa Hortaliças - Circular Técnica, nº 38, p. 1, dezembro, 2005.

ROMANINI C.E.B. et al. **Desenvolvimento e simulação de um sistema avançado de controle ambiental em cultivo protegido**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, V.14, n.11, p.1193-1201, 2010.

RONQUE, E.R.V. et al. **Viabilidade da Cultura do Morangueiro no Paraná – BR.** Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, v. 35, n.4, p. 1032-1041, Dezembro de 2013.

SANTOS, A.B.D; BARRETO, R.G. **Projeto e Desenvolvimento de uma estufa automatizada para plantas.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba: 2012.

SANTOS, M.C.D. **Análise E Desenvolvimento De Controladores Das Variáveis Ambientais De Uma Estufa Agrícola.** Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Araranguá, Araranguá, 2017.

SAUER, S. Texto para Discussão. **Agricultura familiar versus agronegócio: a dinâmica sociopolítica do campo brasileiro.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2008.

SEBRAE. Disponível em <http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae>. Acesso em 20 de maio de 2019.

SHAYANI, R.A.; DE OLIVEIRA, M.A.G; CAMARGO, I.M.D.T. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** V CBPE. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Brasília - DF, 2006.

SILVA, D. N. da; COSTA, A. N. da (Coord.). **Novo PEDEAG 2007-2025, Estudo Setorial: Fruticultura.** SEAG: Vitória, 2007.

SILVA, P.R. et al. **A Importância Do Pólo Frutícola Bandeirante No Agronegócio Paulista.** Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural, Fortaleza, julho, 2006.

SOLER E PALAU. Disponível em [http://www.solerpalau.ch/formacion\\_01\\_39.html](http://www.solerpalau.ch/formacion_01_39.html). Acesso em 18 de junho de 2019.

SOUZA FILHO, H. M. et al. **Agricultura familiar e tecnologia no Brasil: características, desafios e obstáculos.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE



BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2004.

URBANETZ JUNIOR, J. **Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Redes de Distribuição Urbanas: Sua Influência na Qualidade da Energia Elétrica e Análises dos Parâmetros que Possam Afetar a Conectividade**. Florianópolis – SC, 2010.

VIZEU, F.; MENEGUETTI, F.K.; SEIFERT, R.E. **Por uma crítica ao conceito de desenvolvimento sustentável**. Cadernos EBAPE. BR, v.10, nº3, artigo 6, Rio de Janeiro, setembro 2012.

XIAO-HUI T.; GANG L.; YE-XIANG L. **Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> thin film solar cells with solution processed metal nanowire based transparent conductor**. School of Energy Science and Engineering, Central South University, Changsha, China.

**Anexo 1 – Empresa TECSUL**

Curitiba, 28 de outubro de 2019.

**AO**  
**SR. RAFAEL MATIUSSI**

Assunto: PROPOSTA COMERCIAL 1262\_2019 – 9,90 kWp

Cotação de preços para elaboração de projeto, fornecimento de equipamentos e instalação de sistema fotovoltaico no município de São José dos Pinhais/PR.  
Planta de 9,90 kWp.

Agradecendo pela oportunidade apresentamos proposta no que diz respeito à economia de custos com energia elétrica, através da instalação de sistema solar fotovoltaico em seu estabelecimento passando a gerar a própria energia, limpa e renovável.

Adiantando alguns dados e explicações, para dimensionarmos o Sistema nos baseamos no consumo médio mensal extraído da fatura de energia que nos disponibilizou, de 1.160 kWh. Para suprir essa demanda de energia, nosso cálculo mostrou serem suficientes 30 módulos fotovoltaicos de 330 W cada, que tem a dimensão aproximada de 2m x 1m, ou seja, precisaremos de aproximadamente 60 m<sup>2</sup> de área sobre o telhado, para instalação das placas observando que elas são fixadas na estrutura e não nas telhas.

Se futuramente houver necessidade de uma geração ainda maior de energia, como o Sistema é modular, poderemos a qualquer tempo ampliar o mesmo apenas acrescentando painéis solares e inversor com potência correspondente a esta nova necessidade.

Quanto as condições de pagamento temos como fazer pela empresa em até 3 vezes sem juros ou se preferir maior número de parcelas podemos auxiliar na obtenção de financiamento com taxas menores que as regulares dos bancos convencionais, através do Sicredi ou da BV Financeira que financia projetos de energias renováveis no Brasil todo (PF e PJ) e é muito ágil no processo de cadastramento e liberação.

Enfatizamos que só trabalhamos com as melhores e mais conhecidas marcas de produtos no mercado brasileiro, todas com garantia e certificação do Inmetro. Alguns detalhes para instalação do Sistema precisaremos verificar, mas os faremos após sua sinalização para seguirmos em frente com o projeto.

Demais informações na sequência. Ficamos ao inteiro dispor e no aguardo de seu pronunciamento favorável.

Atenciosamente

**Eduardo Moreti Campitelli - Diretor**  
**TECSUL Energias**



#### VANTAGENS DO INVESTIMENTO:

- Redução significativa na fatura de energia;
- Valor do kWh fixo, independente de aumento de tarifa;
- Valorização da propriedade;
- Utilização do espaço disponível no telhado;
- Possibilidade de aumento da capacidade de geração;
- Alta durabilidade, vida útil superior a 25 anos;
- Baixa manutenção;
- Redução da perda elétrica no sistema de transmissão;
- Não emite CO2 na atmosfera;
- Fonte de energia renovável;
- Selo Verde de sustentabilidade.



#### ESCOPO DAS ATIVIDADES

O escopo desta proposta consiste de:

- Elaboração dos documentos necessários para apresentação junto à Concessionária de energia elétrica, contendo memorial descritivo, solicitação de acesso e demais projetos para obtenção do parecer de acesso;
- Fornecimento e instalação do sistema de monitoramento do sistema fotovoltaico, possibilitando visualização da produção instantânea e histórica através de tablet, celular e computadores;
- Instalação e teste do sistema fotovoltaico,
- Faturamento direto pelos fornecedores dos Equipamentos e Materiais - Kit Fotovoltaico.

#### DIMENSIONAMENTO

Para elaboração do estudo, consideramos os seguintes parâmetros:

#### CARACTERÍSTICAS DO LOCAL DE INSTALAÇÃO

TIPO DE INSTALAÇÃO	TIPO DE PADRÃO	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh/mês)	VALOR MÉDIO DAS FATURAS (R\$)	DEMANDA CONTRATADA (kW)
RURAL	TRIFÁSICO	1.160 (*)	661,00	N/A (**)

(\*) Consumo médio extraído da fatura de energia.

(\*\*) Demanda contratada com a Copel. Não aplicável neste caso.



### CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA FOTOVOLTAICO PROPOSTO

Com base nas informações obtidas e estudos realizados, dimensionamos o sistema fotovoltaico com as seguintes características:

SISTEMA FOTOVOLTAICO	QUANTIDADE DE MÓDULOS FV	INVERSOR (W)	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA MÉDIA MENSAL (kWh)
9,90 kWp	30 x 330 W	1 x 8.200	1.060 (*)

(\*) Previsão de geração nas condições ideais (norte geográfico – inclinação 25º)

Equipamentos previstos neste orçamento:

- 30 Módulos Fotovoltaicos de 330 W podendo ser marca Canadian, Jinko, Qcells ou similar de mesma qualidade, conforme disponibilidade nas principais distribuidoras do país, quando da confirmação do pedido;
- 01 Inversor para conversão da corrente DC/AC; podendo ser marca Fronius ou similar de mesmo padrão, conforme disponibilidade nas principais distribuidoras do país, quando da confirmação do pedido;
- Estrutura de suporte e fixação no telhado (ganchos e perfis em alumínio, parafusos em aço inox), padrão no mercado;
- Cabeamento solar especial com condutores e conectores padronizados no mercado;
- Sistema de proteção elétrica contra surto (StringBox);
- Sistema de Monitoramento para acesso via internet (PC/Celular);

### GARANTIAS

INVERSORES	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	
	Defeitos de fabricação	Performance (80%)
5 Anos	10 Anos	25 Anos

### EXCLUSÕES DA PROPOSTA

Não estão inclusas em nossa proposta as seguintes atividades, se necessárias:

- Execução de escopo além do especificado no item acima.
- Adequações em obra civil, infraestrutura mecânica ou infraestrutura elétrica no local da instalação do sistema fotovoltaico.
- Realização de limpeza para início dos trabalhos. A Contratante deve deixar a frente de serviço livre e em condições para início dos trabalhos.
- Adequação no padrão de entrada de energia elétrica da Contratante.
- Execução de aterramento adicional ao existente na instalação da Contratante.



**PRAZO DE EXECUÇÃO: 60 dias, sendo:**

- a. Visita técnica: de imediato;
- b. Elaboração dos documentos necessários para apresentação da solicitação de acesso à micro ou mini geração de energia junto à Concessionária de energia elétrica: em até 5 dias após a visita técnica;
- c. Processo de obtenção do parecer de acesso da Concessionária: 30 dias (aproximadamente);
- d. Entrega dos equipamentos: 15 dias após recebimento do parecer de acesso aprovado pela Concessionária de energia;
- e. Instalação e teste do sistema instalado: em até 10 dias após recebimento dos equipamentos no local.

**CONDIÇÕES COMERCIAIS**

**PREÇO DA PROPOSTA**

O preço total da proposta, para o escopo acima citado, é de:

**R\$ 41.580,00 (Quarenta e um mil quinhentos e oitenta reais)**

**CONDIÇÕES DE PAGAMENTO:**

Poderão ser: via Consórcio, em até 3x sem juros direto pela empresa, em mais parcelas através do Sicredi ou BV Financeira e ainda, através do seu próprio Banco de melhor relacionamento, podendo contar com nosso apoio na intermediação.

**VALIDADE DA PROPOSTA: 10 dias**



## Anexo 2 – Empresa Fator Solar

**PROPOSTA COMERCIAL****SISTEMA FOTOVOLTAICO**

	Opção A
<b>POTÊNCIA:</b>	9,90 kWp
<b>ENERGIA PRODUZIDA:</b>	1.095 kWh

**CLIENTE:**

Rafael Vaz  
05/11/2019



## NOSSA EMPRESA

A Fator Solar Energias Renováveis é uma empresa brasileira dedicada ao desenvolvimento e proposta de soluções e projetos completos para o uso de energias renováveis, com foco na energia solar. Somos uma empresa jovem, com ideias jovens e um único propósito: resolver problemas dos clientes! Nós acreditamos em um futuro mais sustentável onde residências e empresas possam usufruir da energia solar, uma fonte renovável e infinita.

**MISSÃO:** Fornecer aos seus clientes acesso a produtos inovadores e de qualidade na área de energias limpas e renováveis através da prestação de serviços customizados e com atendimento diferenciado.

**VISÃO:** Ser a maior integradora de fontes renováveis de Curitiba e uma das 5 maiores da Região Sul do País até 2020, sendo reconhecida como referência na qualidade do atendimento e de seus serviços prestados.

**VALORES:** Foco no cliente, flexibilidade, sustentabilidade.

Nossa equipe conta com profissionais experientes e qualificados com conhecimento de toda a cadeia de valor da indústria e da regulamentação brasileira mais atual. Adicionalmente, contamos com parcerias estratégicas que nos garantem estarmos em contato com as mais recentes atualizações tecnológicas, oferecendo aos nossos clientes soluções inovadoras e eficientes.

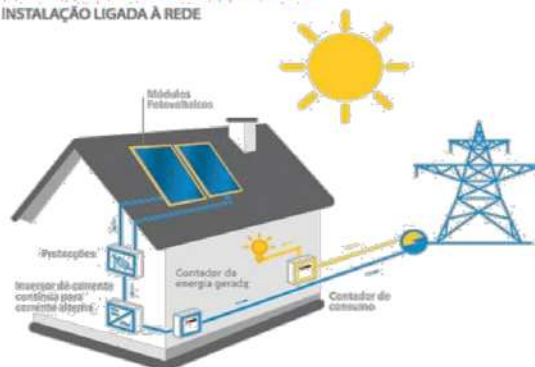
Estamos preparados para fazer análise de viabilidade técnica e financeira do seu empreendimento, elaborando projetos, adquirindo e instalando equipamentos, passando por toda documentação e registro do seu sistema junto à concessionária de energia local.

## A ENERGIA FOTOVOLTAICA

### Aplicações

Os equipamentos oferecidos nesta proposta permitem que qualquer pessoa produza sua própria energia elétrica em sua própria casa, comércio ou indústria, bastando apenas instalar painéis solares no telhado ou quintal. É uma fonte de energia limpa e renovável. Além de contribuir com a natureza, sua usina vai trazer grande benefício financeiro. De imediato, sua usina vai valorizar seu imóvel na mesma proporção do valor investido, e que traz uma grande economia mensal para o seu bolso!

### ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA INSTALAÇÃO LIGADA À REDE



#### Regulamentação no Brasil

A Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 (posteriormente modernizada pela Resolução Normativa nº 687/2015) define o Sistema de Compensação como um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro geração ou mini geração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade. Esse sistema é também conhecido pelo termo em inglês *net metering*.

Nele, um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade. Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses. Há ainda a possibilidade de o consumidor fazer a geração compartilhada (reunião de consumidores em consórcio ou cooperativa com divisão de energia gerada entre eles), geração em condomínios (repartição de energia conforme porcentagem definida entre os interessados) e autoconsumo remoto (geração de energia em lugares remotos e distantes do ponto de consumo).

Veja na última página da nossa Proposta Comercial alguns comentários sobre a geração fotovoltaica. Qualquer dúvida, entre em contato conosco - nossa equipe terá prazer em ajudar!





#### POR QUE CONTRATAR A FATOR SOLAR?

- ✓ Nós somos especialistas em energias renováveis.
- ✓ Você está construindo ou reformando? Nós fornecemos assistência gratuita durante todas as etapas da sua obra, garantindo uma usina mais bonita e mais eficiente.
- ✓ Melhor qualidade do atendimento, comprovada através das nossas pesquisas: 100% de recomendação e 100% de satisfação com nosso atendimento, segundo nossos clientes.
- ✓ Nossas instalações são executadas com o devido rigor técnico: nossa equipe é inteiramente composta por engenheiros.
- ✓ Optamos por trabalhar com marcas de primeiríssima linha. Para uma usina que vai durar pelo menos 25 anos, isto significa melhor desempenho, segurança e tranquilidade para você.
- ✓ Oferecemos a melhor relação custo / benefício para o seu investimento.
- ✓ Nossas instalações possuem garantia de instalação de 24 meses. É mais tranquilidade para você!
- ✓ Seguro para cobertura de acidentes na instalação: você não vai precisar, mas caso ocorra algum acidente, o seu patrimônio está seguro por uma apólice de seguro de Responsabilidade Civil.
- ✓ Seguro grátis durante um ano para o kit fotovoltaico: além da ampla garantia dos equipamentos, nossos clientes também ficam tranquilos se acontecer algum evento de causa externa que danifique seu kit gerador.



#### SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE (SFCR)

##### Processo

Nós somos o seu provedor completo para soluções em energia solar. Todas as etapas abaixo serão coordenadas por nós.

	ETAPA	PRAZO CONCESSIONÁRIA	PRAZO FATOR SOLAR
1	Assinatura do contrato	-	-
2	Fazer Solicitação de Acesso		15 dias
3	Emitir Parecer de Acesso	15 dias	
4	Compra e instalação dos equipamentos		30 dias
5	Realização Vistoria	7 dias	
6	Regularizar aspectos técnicos (se necessário)		imediate
7	Aprovar e efetivar ponto de conexão	7 dias	

Os prazos acima podem variar em função da complexidade do sistema. Ao final do projeto você receberá uma Pesquisa de Satisfação para avaliar a qualidade do nosso serviço prestado durante as etapas acima.

#### Objetivo da Proposta

O sistema em questão foi dimensionado a partir da média de consumo de energia elétrica informada pelo cliente. As tabelas abaixo mostram o resumo da usina proposta e seus dados técnicos.

#### Caracterização da Unidade Consumidora (UC)

DESCRIÇÃO	DADOS PRELIMINARES (Grupo B)
Local do projeto (região)	São José dos Pinhais/PR
Tipo de telhado	Telhas coloniais
Tipo de construção	Residência
Ligação	Trifásica
Consumo médio mensal	1161 kWh
Tarifa de energia	R\$ 0,560 / kWh
Conta de energia atual (média)	R\$ 650
Taxa mensal mínima	100 kWh

(e Iluminação Pública Municipal)

#### ESCOPO DA PROPOSTA

##### Equipamentos e marcas ofertados

DESCRIÇÃO	OPÇÃO A
Característica da Usina	Atendim. integral
Potência da Usina Fotovoltaica	9,90 kWp
Inversor Interativo (com wi-fi)	8,20 kWp
Módulos Fotovoltaicos	30 de 330 Wp
Área Necessária (aprox.)	61 m <sup>2</sup>
Stringbox (proteção lado CC)	Incluso
Estrutura de Fixação	Estrutura em aço e alumínio (suficiente para o arranjo proposto)
Insumos Diversos	Canaletas e conduítes aparentes, conectores, etiquetas de identificação, cabos CC (com proteção UV), cabos CA, DPS's, disjuntores, quadro, etc.

JA SOLAR



Seu projeto prevê equipamentos de primeira linha. Caso prefira, podemos propor-lhe outras marcas. Também podemos simular usinas com outras potências conforme sua necessidade ou interesse – basta nos solicitar! Esta proposta se baseia no formato *turnkey*, o que significa que você receberá sua usina funcionando ao final do projeto.

### Desempenho previsto

OPÇÃO A	
Expectativa de Energia Solar produzida (média)	1.095 kWh/mês
Redução da conta de energia	87%
Energia mensal excedente (crédito 60 meses)	34 kWh
Redução anual líquida GEE	763 Kg de CO <sub>2</sub>

### Comparação de fatura

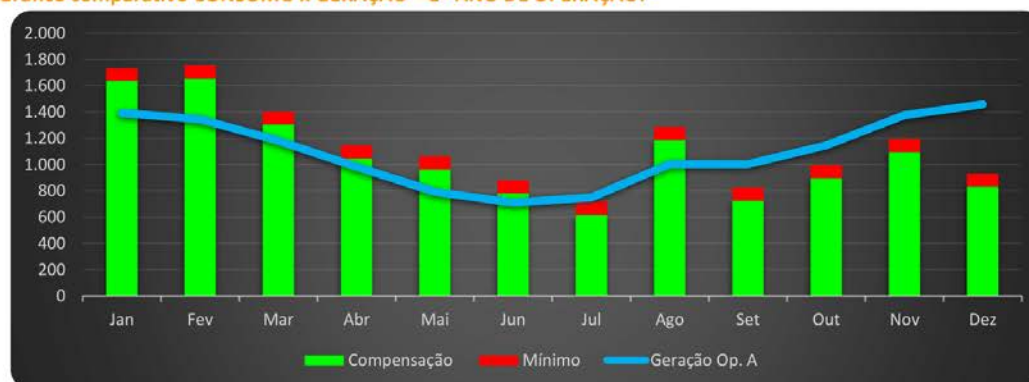


### Análise de emissões

Sua usina vai gerar energia limpa e renovável e você deixará de utilizar fontes de energia que sujam nosso meio-ambiente. Com ela, você estará fazendo uma redução anual líquida de emissões de GEE (Gases de Efeito Estufa) indicado acima. Pense verde e reduza o tamanho da sua pegada – o planeta agradece!



### Gráfico comparativo CONSUMO x GERAÇÃO – 1º ANO DE OPERAÇÃO:





O desempenho previsto para sua usina fotovoltaica é baseado em dados estatísticos (fornecidos pelo CRESESB para a sua cidade) e, portanto, não representa promessa de produção futura, visto que o comportamento climatológico poderá ser diferente da série histórica. O uso de outras bases de dados poderá resultar valores divergentes.

#### Exclusões

- Obras civis no padrão de entrada relacionadas à adequação;
- Investimentos no ramal de distribuição para eventual aumento de carga do sistema;
- Relógio medidor de energia (a ser fornecido gratuitamente pela concessionária);
- Adequações para a sua obra (conforme acima);
- Instalação de sistema de aterramento no local da usina;
- Para usinas ao solo, despesas com o licenciamento ambiental (taxas públicas e Relatório de Impacto Ambiental), e
- Qualquer produto ou serviço que não esteja claramente descrito nesta Proposta.

#### Garantias

- Módulos fotovoltaicos: 10 anos contra defeitos de fabricação e 25 anos de garantia de potência para até 80% da eficiência;
- Inversores Fronius: 7 anos;
- Inversores ABB, WEG, SMA, Canadian, Refusol e Sungrow: 5 anos;
- Microinversores GoodWee: 10 anos;
- Microinversores Renovigi e APSsystems: 15 anos;
- Cabos e conectores: 5 anos;
- Estrutura de fixação dos painéis: 10 anos, e
- Serviço de montagem dos equipamentos: 24 meses.

Os módulos fotovoltaicos possuem vida-útil estimada em mais de 25 anos (pois há considerável perda de eficiência após o 25º ano) – hoje há instalações com 35 anos em operação! Observar que o sistema terá uma contínua (e prevista) perda de eficiência, na ordem de 1,2% no primeiro ano e 0,7% a partir do segundo ano, devidamente levada em consideração na Análise Econômica. Estão excluídos da garantia problemas decorrentes de intempéries da natureza como raios, granizos e efeitos atmosféricos. A garantia dos equipamentos é fornecida pelos respectivos fabricantes.



### Revisões / Manutenção preventiva

O seu sistema terá uma baixa manutenção, mas revisões anuais deverão ser programadas para garantir a sua segurança, durabilidade dos componentes e a máxima eficiência energética da sua usina. Nas revisões anuais, os seguintes itens serão verificados (serviço contratado a parte):

- Condição das instalações elétricas (aperto geral das conexões, condição física dos cabos, funcionamento dispositivos de proteção, condição do aterramento, etc.);
- Eficiência energética da usina, e
- Limpeza dos módulos solares.



### Nossas responsabilidades:

- Projeto básico do sistema com ART;
- Fornecimento e instalação dos equipamentos;
- Supervisão da instalação, comissionamento e *startup* da usina;
- Gerenciamento do projeto e instalação;
- Configuração do aplicativo de monitoramento do sistema (onde se aplicar);
- Memorial descritivo da instalação com as especificações técnicas dos equipamentos a serem utilizados;
- Diagrama unifilar básico, e
- Documentação e registro do projeto junto a concessionária de energia responsável.

### Suas responsabilidades:

- Fornecer todas as informações necessárias e disponíveis para execução do projeto em meio digital (contas de energia, plantas e projeto do local da instalação, sondagem do terreno, etc);
- Receber antecipadamente em seu endereço os equipamentos a serem instalados, responsabilizando-se pela sua guarda até a conclusão da instalação;
- Fornecer sinal wi-fi de internet (ou cabo WLAN disponível no local do inversor) para o sistema de monitoramento de dados (esta funcionalidade é opcional);
- Garantir correto aterramento da sua instalação elétrica atual;
- Indicar uma pessoa responsável pelo gerenciamento do projeto que possa tomar todas as decisões relativas ao mesmo, e
- Efetuar os pagamentos em dia conforme acordado em contrato.



### Seguro fotovoltaico grátis

Seu sistema fotovoltaico contará com a proteção de uma apólice de seguro *all risks* (todos os riscos) gratuita durante um ano (com a possibilidade de renovação após este período), protegendo os módulos fotovoltaicos, inversores e demais componentes elétricos de:

- Incêndio
- Queda de raios, vendaval e granizo
- Explosão
- Impacto de veículos terrestres ou queda de aeronaves
- Desmoronamento
- Roubo ou furto qualificado
- Danos elétricos (limitado a 30% do valor do kit fotovoltaico)



Entre outros, não há cobertura para lucro cessante, desgaste natural, ferrugem/oxidação, alagamento e furtos simples. Em caso de sinistro, está prevista a participação do segurado em 10% do valor dos prejuízos com o mínimo de R\$3.000 por sinistro.

O seguro é válido para sistemas fotovoltaicos de solo ou em altura, em área urbana ou rural, para Pessoa Física ou Pessoa Jurídica. A cobertura é garantida pela Liberty Seguros. Consulte condições específicas.

### CONDIÇÕES COMERCIAIS

#### Investimento proposto

DESCRIÇÃO	OPÇÃO A
Potência da Usina	9,9 kWp
Valor total à Vista	R\$ 39.217
	(em até 3 vezes)
Parcelamento	10 x R\$4519
Financiamento (BV Fin)	60 x R\$1040
Cartão de Crédito	6 x R\$7090
Validade da Proposta	7 dias a partir da data desta Proposta



### Condições de pagamento

Nós procuramos facilitar o seu pagamento, oferecendo as seguintes possibilidades:

- Preço a vista em até 3 vezes
- Temos outras formas de pagamento; consulte informações!
  - Cartão BNDES
  - Financiamento BNDES, BRDE ou Fomento Paraná
  - Carta de Crédito Consórcio



### Financiamento

Seguem algumas outras possibilidades de linhas de crédito para financiar o seu projeto:

#### Pessoa Física:

- BV Financeira
- Banco Santander
- CEF
- Banco do Brasil
- Sicredi / Sicoob

#### Pessoa Jurídica:

- BRDE
- BNDES
- Fomento Paraná
- Banco do Brasil
- Bradesco

Consulte nossa equipe para avaliarmos qual é a melhor linha de crédito para o seu caso. Avalie também o banco com o qual você atualmente já trabalha, pois possivelmente ele terá uma linha de crédito pré-aprovada para você!

A Fator Solar possui fornecedores credenciados junto ao BNDES para financiamento de projetos com conteúdo nacional. Solicite a cotação de um projeto específico para esta linha de crédito.

### Consórcios

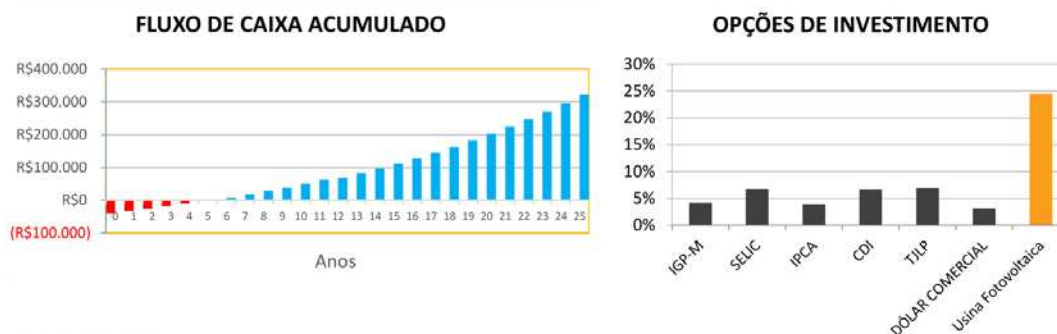
A Fator Solar oferece a possibilidade de você (Pessoa Física ou Jurídica) adquirir seu projeto sustentável através de consórcio sem pagar juros. Trabalhamos com as opções de consórcios através do Grupo HERVAL ou Consórcio Ademilar, cada um com suas particularidades e perfil de clientes. Consulte-nos para simulações com outros prazos ou Carta de Crédito com valor diferente.

### ANÁLISE ECONÔMICA

Além de contribuir com a natureza, sua usina vai trazer grande benefício financeiro. De imediato, sua usina vai valorizar seu imóvel na mesma proporção do valor investido. Além disto, os dados abaixo mostram alguns indicadores da análise econômica da sua usina (na proposta de pagamento à vista), comprovando o retorno do investimento que você está prestes a fazer – se tiver alguma dúvida, estamos disponíveis para ajudá-lo a compreender a viabilidade econômica da sua usina:

OPÇÃO A	
Economia anual (1º ano)	R\$ 7.455
TIR - Taxa Interna Retorno (anual)	24%
VPL - Valor Presente Líquido	R\$ 147.855
ROI - Retorno do Investimento	5,3 anos

### Gráficos da Opção A



### OBSERVAÇÕES:

1. Nesta análise financeira foi levada em consideração a estimativa do custo de substituição do inversor no 12º ano do projeto;
2. Não foram levadas em conta as bandeiras tarifárias nesta análise financeira (se consideradas, o investimento teria um retorno financeiro ainda melhor);
3. Embora os módulos solares devam durar mais de 25 anos, nesta simulação considerou-se apenas este horizonte de tempo;
4. Estes cálculos de rentabilidade foram elaborados considerando-se o preço à vista do projeto;
5. As taxas das opções de investimento são baseadas nas projeções futuras da equipe econômica do Bradesco;
6. O cálculo do ROI apresentado acima é o *payback* simples (nominal);
7. Na energia injetada haverá cobrança de ICMS sobre a TUSD (não levada em conta nesta análise pois, dependendo do perfil de consumo do cliente, este impacto poderá ser muito pequeno), e
8. Solicite qualquer outra simulação financeira específica que você deseje ou precise.





### CONDIÇÕES DE FORNECIMENTO

**Local de Entrega:** CIF (ou seja, no seu local de instalação).

**Prazo do Projeto:** conforme tabela da Página 4, podendo variar em função da disponibilidade dos equipamentos e das condições meteorológicas.

**Dados para cadastro:**

**FATOR SOLAR ENERGIAS RENOVÁVEIS LTDA – ME**

CNPJ: 19.576.052/0001-39

Inscrição Municipal: 17 12 685.647-6

Inscrição Estadual: 90713691-42

Dados Bancários: Banco Bradesco S.A. (banco 237)

Agência 5760, Conta Corrente 39797-0

### SELO SOLAR

O Selo Solar foi criado para dar forma a algo que não se vê: a eletricidade. Consumir eletricidade produzida a partir do sol é uma atitude inovadora. Para que aqueles que hoje já apostam na energia do futuro possam ser reconhecidos pela sociedade, o Instituto Ideal oferece o Selo Solar, buscando também incentivar que novos projetos sejam colocados em prática. O Selo Solar é concedido para empresas, instituições públicas e privadas e proprietários de edificações que consumam um valor mínimo anual de eletricidade solar por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Mais informações em [www.selosolar.com.br](http://www.selosolar.com.br) ou diretamente conosco.



### COMPARATIVO DAS PROPOSTAS

Sabemos o quanto o custo da sua usina representa para você ou sua empresa. É um investimento que deverá ser analisado a fundo de modo a ser feito com plena consciência dos seus benefícios. Desta maneira, é normal que você queira comparar a nossa proposta com a de outros fornecedores igualmente capacitados. Você deve fazer isto, inclusive, para confirmar que a nossa proposta é a melhor.

Porém, uma comparação somente é justa e correta se:

- as usinas apresentarem as mesmas potências (em kWp),
- as marcas dos equipamentos forem a mesma,
- o concorrente possuir a mesma experiência e qualidade de instalação que a Fator Solar, e
- a outra proposta apresentar garantia de 24 meses, seguro de instalação e seguro dos equipamentos.




#### VISITA ou ANÁLISE TÉCNICA

Esta proposta é uma estimativa inicial. Para elaborarmos uma Proposta Comercial final, nós precisaremos ir até o local de instalação ou obter com você informações técnicas necessárias para nos permitir apresentar-lhe condições comerciais mais justas e corretas. Havendo interesse em prosseguir com o seu projeto.

#### CONTATOS

Sua Proposta Comercial foi elaborada pela nossa Equipe exclusivamente para atender a sua necessidade. É importante que você tire todas as suas dúvidas, ligando ou escrevendo a qualquer hora.

[contato@fatorsolar.eco.br](mailto:contato@fatorsolar.eco.br), 41-3205-5667 ou  41-99769-0268

Acompanhe no nosso website e em nossas redes sociais as novidades, informações, curiosidades e últimas notícias sobre energias renováveis!



Venha visitar nosso escritório e conhecer nosso showroom em pleno funcionamento, com dados de produção disponíveis em <https://goo.gl/OAD0gg> ou no QR code ao lado.



Quer saber qual é a opinião dos nossos clientes? Veja depoimentos sobre a experiência com a Fator Solar na primeira página do nosso website. E caso queira visitar estas usinas ou obter referências sobre nossos produtos ou serviços, basta solicitar!



#### CONSIDERAÇÕES SOBRE A GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA:

- 1) De acordo com a legislação atual, sua conta nunca chegará a zero; independente da energia gerada, sempre haverá um pagamento mínimo a ser feito. Observe no escopo desta proposta o seu tipo de ligação e o valor mínimo a ser pago. Além deste valor mínimo, a taxa de iluminação pública também será cobrada (além deste mínimo informado). Nesta simulação, para fins de cálculo da tributação incidente no retorno da energia injetada, consideramos que haverá 60% de consumo instantâneo no local de geração durante as horas de produção de energia (sendo, portanto, o saldo excedente todo injetado na rede para compensação futura). Os valores mínimos podem variar de acordo com o perfil de consumo de cada cliente e são apenas orientativos.
- 2) No caso de apagões na rede da sua concessionária e mesmo que a sua usina esteja produzindo energia neste momento, por questões de segurança o seu sistema também será automaticamente desligado e, portanto, você também sofrerá o corte de energia. Seu sistema voltará automaticamente a produzir energia tão logo sua concessionária retorne o fornecimento de energia.
- 3) O seu relógio medidor atual precisará ser substituído por outro (a ser feito pela própria concessionária no final do processo - gratuito para clientes do Grupo B e com custo a confirmar para clientes do Grupo A).
- 4) A geração de créditos funciona como uma conta corrente. Se nas primeiras semanas de funcionamento da sua usina não houver condições climáticas favoráveis (por exemplo, muita chuva), a(s) primeira(s) conta(s) de energia poderá(ão) não trazer todo o benefício esperado. Isto é normal e você deverá esperar acumular créditos positivos junto à sua concessionária.
- 5) A regulamentação atual prevê outros modos de geração distribuída envolvendo condôminos e cooperados, além do autoconsumo remoto. Estas modalidades são boas opções para você compartilhar custos de instalação, reduzindo o valor do seu investimento. Entre em contato conosco para obter maiores detalhes.
- 6) A potência máxima a ser injetada na rede é aquela limitada pelo inversor (e não pela potência dos módulos solares) – observe no escopo da proposta sua potência.
- 7) A potência máxima do sistema somente será atingida durante o solstício de verão e se os módulos estiverem limpos, orientados para o Norte e na inclinação correta para a sua localidade.
- 8) Para instalações na Região Metropolitana de Curitiba está inclusa uma revisão gratuita no 12º mês. Você deverá entrar em contato conosco entre o 11º e o 13º mês (após a troca do relógio medidor ou realização da Vistoria Técnica pela concessionária) para agendá-la. Em alguns casos específicos, a garantia do serviço poderá ser de 12 meses e sem a revisão gratuita.
- 9) A apólice de seguros dos equipamentos será fornecida por uma corretora parceira, sem vínculo direto com a Fator Solar. Consulte condições específicas das coberturas e exclusões previstas.

## Anexo 3 – Empresa ENGIE



---

### Proposta Técnica Comercial

Ref. 01.03.19003653-19-303-GDR-PR-00

Elab.: GC

### Sistema Solar Fotovoltaico Solução Integrada

---

Preparado para:

RAFAEL VAZ

8 de novembro de 2019

---

[contato@minhaenergiasolar.com.br](mailto:contato@minhaenergiasolar.com.br) - 0800 602 5999



## QUEM SOMOS?



A ENGIE, maior produtora independente de energia do mundo com mais de 150.000 colaboradores espalhados em 70 países, ingressou no mercado de geração solar distribuída através da ENGIE Solar. Desenvolvemos nossos negócios baseados em um modelo de crescimento sustentável, enfrentando os maiores desafios da transição energética para uma economia de baixo carbono: o acesso à energia sustentável, a mitigação e adaptação às mudanças climáticas, a segurança de suprimento e, acima de tudo, o uso racional dos recursos naturais.

## O GRUPO ENGIE EM NÚMEROS



**153.000**  
colaboradores em  
**70 países**

Mais de  
**120.000**  
clientes  
atendidos

Receitas de  
**€ 65 Bilhões**  
em 2017

**1.000**  
Pesquisadores e  
Especialistas em 11  
centros  
de P&D

A ENGIE Solar simplifica a energia fotovoltaica, oferecendo serviços completos de engenharia, seleção de equipamentos e instalação para a entrega do sistema em operação. Nossos clientes experimentam um processo de implantação coordenado, enquanto nossa equipe gerencia todos os aspectos do projeto, entregando um sistema completo e inteiramente integrado ao local de instalação.



## 1. APRESENTAÇÃO



A ENGIE Solar tem o prazer de oferecer a seguinte proposta para a instalação de um sistema de energia solar fotovoltaica.

Essa proposta é oferecida para: **RAFAEL VAZ**

O sistema será implantado no município de: **São José dos Pinhais/PR**

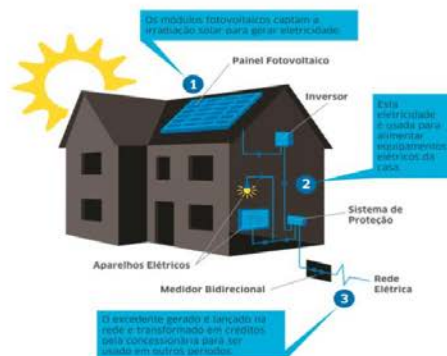
Quem investe em um sistema fotovoltaico da ENGIE Solar adquire benefícios econômicos significativos imediatos, sendo uma forma de produção de energia limpa, sem ruídos e sustentável. Abaixo indicamos mais alguns benefícios:

- Rápida instalação;
- Valorização do imóvel;
- Operação do sistema com obrigações mínimas de manutenção;
- Recurso natural e fonte inesgotável de energia: o Sol.

Esperamos que você se junte às empresas e consumidores ao redor do Brasil que selecionaram os profissionais da ENGIE Solar para fornecer serviços em energia solar, através de uma solução na forma mais eficiente e econômica possível.

Na tabela a seguir, seguem algumas características da proposta e um modelo básico de funcionamento do sistema fotovoltaico. Na sequência do documento serão apresentadas as demais especificações. Como os sistemas fotovoltaicos tem característica modular, é possível oferecermos propostas opcionais, as quais terão características parciais ou múltiplas de potência e geração, bem como área ocupada.

Potência
<b>12,42 kWp</b>
Geração Mensal
<b>1.156 kWh</b>



## 2. PROJETO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO



### 2.1 Detalhes do local de instalação

As áreas consideradas para a atual proposta não foram precisamente especificadas, desta forma tomou-se como premissa que a área disponível é adequada para a instalação.

A alocação prevista será feita diretamente no solo, com estrutura de suporte metálica com configuração padrão, atendendo as devidas normas de engenharia.

Perfuração do solo:	A consultar
Vento:	Classificado na zona de 100 km/h

### 2.2 Consumo de energia e estimativa de geração do sistema fotovoltaico

O sistema solar proposto será projetado de forma customizada de acordo com as características da área disponível no local e o consumo de energia do estabelecimento. O sombreamento sobre os módulos fotovoltaicos será mínimo, garantindo que o sistema de geração esteja a maior parte do tempo operando em capacidade máxima.

Segue na tabela a seguir a capacidade de geração de eletricidade proposta:

Produção estimada anual de energia <sup>1</sup> :	13.871 kWh/ano
Potência Instalada:	12,42 kWp
Consumo atendido <sup>2</sup> :	96%

<sup>1</sup> A produção de eletricidade é uma estimativa baseada em um banco de dados de Energia Solar (INPE), com médias históricas de irradiação no plano inclinado com ângulo igual a latitude do local. A atual performance pode variar.

<sup>2</sup> De acordo com o consumo médio informado pelo cliente nos últimos 12 meses (1200 kWh).

A geração de energia ocorre de maneira sazonal, sendo superior no verão e inferior durante o inverno. Em alguns períodos, a geração pode superar o consumo de energia. Neste período, o usuário acumula créditos que podem ser compensados em até 60 meses. Este sistema de compensação de energia elétrica (*net-metering*) foi regularizado em abril de 2012 pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Todas as regras sobre Micro e Minigeração distribuída no Brasil estão contempladas na Resolução Normativa n° 482/2012.

### 2.3 Especificações do sistema fotovoltaico

Nossa solução utiliza tecnologia de alto nível e fabricantes sólidos no mercado com garantia dos produtos. Desta forma, assegura-se que a energia é gerada com confiabilidade em longo prazo, maximizando a economia do sistema. Na tabela a seguir são descritas as principais características técnicas do projeto.

Capacidade Total Instalada:	12,42 kWp
Módulos Fotovoltaicos:	36 x 345 Wp
Inversor:	Incluso
Estrutura de Suporte:	Alumínio e Aço Galvanizado

Os módulos fotovoltaicos utilizados no projeto possuem 345 Watts de potência, dimensões de 1,0 x 2,03 m e são fabricados com a tecnologia mais consolidada no mundo (silício multicristalino).

O inversor (equipamento que sincroniza a energia gerada com o padrão da rede pública e controla a conexão do sistema) fica conectado aos módulos que, juntos, constituem os principais equipamentos do sistema.





## 2.4 Principais fornecedores

### 2.4.1 Módulos Fotovoltaicos

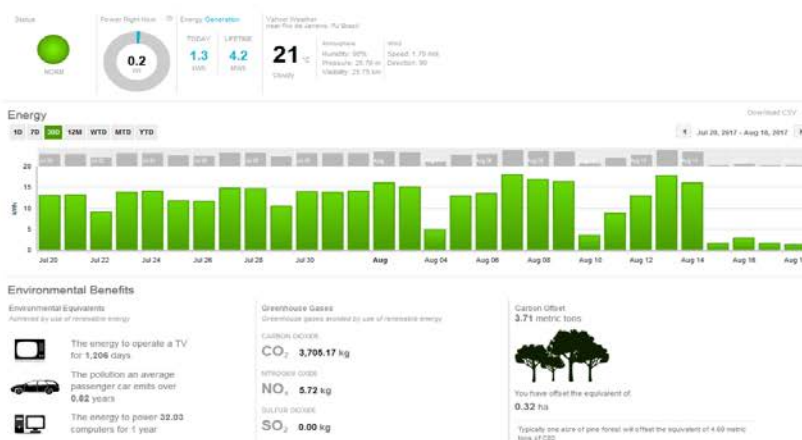
Trabalhamos com os principais líderes do segmento no mercado mundial, possuindo a mais alta tecnologia em referência de módulos fotovoltaicos no mundo. Todos os equipamentos possuem certificado "A" no INMETRO e são rigorosamente testados em nossos laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento.

### 2.4.2 Inversores

As marcas dos inversores que utilizamos são referências mundiais. Sua seleção será definida no processo de dimensionamento do sistema fotovoltaico. Todos os equipamentos são certificados no INMETRO e rigorosamente testados em nossos laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento.

### 2.4.3 Monitoramento

Com o software de monitoramento, dados do sistema fotovoltaico podem ser acessados a partir de qualquer PC ou dispositivo móvel com conexão à Internet. Sua facilidade de acesso ajuda o proprietário a visualizar se o sistema está funcionando corretamente e analisar a geração de energia do mesmo, tanto em formato gráfico ou através de um relatório de produção por e-mail. Os dados são gravados e armazenados através de informações captadas nos inversores.



Telas de monitoramento – Imagem ilustrativa

## GARANTIA DOS EQUIPAMENTOS

Módulos Fotovoltaicos	Performance	90% nos primeiros 12 anos / 80% em 25 anos
	Equipamento	10 anos
Inversores	Equipamento	5 anos
ENGIE Solar	Instalação	1 ano após a conclusão da instalação do Sistema





### 3. ESCOPO E IMPLANTAÇÃO DO PROJETO

A ENGIE Solar irá fornecer todos os componentes do sistema, incluindo materiais, equipamentos e mão de obra de instalação. Todo o trabalho irá cumprir com os requisitos previstos por todas as leis aplicáveis, normas, instruções e recomendações do fabricante, assim como os requisitos de segurança.

A ENGIE Solar realizará as seguintes tarefas na concretização do projeto:

#### Administração do Projeto

- Realizar análise de tecnologia para otimizar o preço e o desempenho do sistema;
- Proporcionar todos os serviços de engenharia, aquisição e construção;
- Gerenciamento dos processos e controle de prazos.

#### Escopo do projeto

- Abertura de Acessos Internos (somente raspagem do terreno)
- Abertura de Valas e Caixas de Passagem
- Instalação Sistema de Aterramento
- Fundações da Estrutura Metálica em Concreto ou Cravada
- Montagem Estrutura Metálica e demais Montagens Mecânicas
- Instalação dos Módulos
- Instalações Elétricas
- Instalação Iluminação (2 refletores)
- Comissionamento

#### Comissionamento do sistema e procedimentos finais

- Testar e verificar os componentes e produção do sistema FV;
- Obter aprovação final da interconexão e autorização da concessionária de energia;
- Fornecer manual do usuário.

#### Premissas

- O proprietário fornecerá acesso aos locais, incluindo o acesso a salas elétricas e painéis de serviços;
- Todos os painéis elétricos e os sistemas são acessíveis e estão em bom estado de funcionamento;
- O processo de instalação ocorrerá durante o horário comercial, salvo acordo entre as partes;
- O cliente fornecerá acesso ao abastecimento de água, energia elétrica e uma área de teste;
- O cliente deverá estar em conformidade com os padrões de entrada de energia da unidade consumidora a ser instalado o sistema;
- O proprietário fornecerá plantas de construção existentes;
- Para o dimensionamento do sistema foram considerados os seguintes aspectos: terreno com espaço físico livre suficiente, sem árvores, arbustos ou qualquer vegetação que impossibilite a instalação das estruturas metálicas. Também considera-se que não há nenhum tipo de obstáculo no entorno desta área que possa causar sombreamento nos módulos fotovoltaicos;
- A estrutura metálica desta instalação será 100% cravada em solo;
- A distância entre a instalação e o ponto de conexão com a rede elétrica não poderá ultrapassar 50 metros.

#### Exclusões

- Atualizações de infraestrutura elétrica, civil e mecânica;
- Monitor ou computador para monitoramento;
- Adequações do padrão de entrada de energia da unidade consumidora a ser instalado o sistema.
- Terraplenagem, drenagem ou qualquer outra movimentação de terra;
- Corte de árvores, arbustos, entre outros ou licenças ambientais para o corte.

#### Observações

- O tamanho do sistema instalado pode variar após o estudo técnico de engenharia ser realizado. Qualquer ajuste no tamanho do sistema pode afetar o preço (sujeito à aprovação do cliente).

## 4. CONDIÇÕES COMERCIAIS



### 4.1 Cadastro dos Equipamentos

A ENGIE Geração Solar Distribuída fornece Gerador Fotovoltaico. A Nota Fiscal será emitida com NCM de gerador, de acordo com a característica de potência para atender o projeto desta proposta:

Descrição conforme Convênio ICMS 93/01	NCM
Gerador fotovoltaico de potência superior a 750 W mas não superior a 75 kW	8501.32.20

Os termos desta proposta expiram em 10 dias.

### 4.2 Condições de pagamento

Valor do projeto à vista

**R\$ 58.760,00**

R\$/kWp: 4.731

Entrada de 15% e saldo em até 36 vezes

Ver tabela de Financiamento ENGIE / Santander

Sistema de pagamento com tabela Price

#### Financiamento via ENGIE:

\* Financiamento sujeito à aprovação de crédito

Condições de Pagamento	Entrada	Saldo
	Entrada: 15% <b>R\$ 8.814,00</b>	12 x 1,35% a.m.
	24 x 1,40% a.m.	<b>R\$ 2.464,65</b>
	36 x 1,45% a.m.	<b>R\$ 1.790,67</b>

Estão incluídos nos preços os valores obrigatórios de PIS, COFINS, IR e ISS, esse último quando devido, além de todos os encargos sociais e trabalhistas relativos à mão de obra da ENGIE Solar.

Serão emitidas notas fiscais de serviço com os devidos impostos incidentes, somente quando a proposta contemplar a prestação de serviço. Estão excluídos os impostos sobre operações financeiras (IOF).

\* Valor disponível enquanto durarem nossos estoques.

Dados para contrato e emissor da NF:  
ENGIE GERAÇÃO SOLAR DISTRIBUIDA S.A.  
CNPJ: 24.564.686/0002-92  
Rua Machado de Assis n° 95  
Jardim Eldorado - Palhoça - SC  
CEP: 88.133-380 Fone: 048 3027-5050

Cliente: **RAFAEL VAZ**  
CPF / CNPJ:

## 5. ANÁLISE FINANCEIRA DO INVESTIMENTO



Abaixo são exibidos alguns detalhes sobre o retorno financeiro obtido ao se investir em um Sistema Fotovoltaico.\*

### PAYBACK:

Seu sistema poderá se pagar em:

**entre 6 e 7 anos**

### Economia na Conta de Luz:

Você poderá deixar de pagar até:

**92%**

de sua Conta de Luz antiga.

Você poderá economizar aproximadamente

**R\$ 7.700**

apenas no primeiro ano de operação.

Na tabela seguinte, constam os dados utilizados para o cálculo do Fluxo de Caixa do investimento.

Ano	Consumo (em kWh)	Produção do Sistema Fotovoltaico (em kWh)	Consumo sem Sistema Fotovoltaico (em R\$)	Consumo com Sistema Fotovoltaico (em R\$)	Benefício (R\$)	Desconto ICMS (R\$)	Investimento (em R\$)	Fluxo de Caixa Acumulado (em R\$)
1	14.421	13.871	R\$ 8.661	R\$ 721	R\$ 7.713 -R\$ 227	-R\$ 58.760	-R\$	-51.047
2	14.421	13.593	R\$ 8.921	R\$ 742	R\$ 7.956 -R\$ 222	R\$	-R\$	43.091
3	14.421	13.505	R\$ 9.629	R\$ 801	R\$ 8.591 -R\$ 236	R\$	-R\$	34.500
4	14.421	13.417	R\$ 10.375	R\$ 863	R\$ 9.262 -R\$ 250	R\$	-R\$	25.238
5	14.421	13.330	R\$ 11.152	R\$ 928	R\$ 9.960 -R\$ 264	R\$	-R\$	15.278
6	14.421	13.243	R\$ 11.949	R\$ 994	R\$ 10.676 -R\$ 278	R\$	-R\$	4.601
7	14.421	13.157	R\$ 12.786	R\$ 1.120	R\$ 11.373 -R\$ 292	R\$	R\$ 6.772	
8	14.421	13.072	R\$ 13.681	R\$ 1.280	R\$ 12.094 -R\$ 307	R\$	R\$ 18.866	
9	14.421	12.987	R\$ 14.640	R\$ 1.456	R\$ 12.861 -R\$ 323	R\$	R\$ 31.727	
10	14.421	12.902	R\$ 15.665	R\$ 1.650	R\$ 13.676 -R\$ 339	R\$	R\$ 45.403	
11	14.421	12.818	R\$ 16.763	R\$ 1.863	R\$ 14.543 -R\$ 356	R\$	R\$ 59.946	
12	14.421	12.735	R\$ 17.937	R\$ 2.097	R\$ 15.466 -R\$ 374	R\$	R\$ 75.412	
13	14.421	12.652	R\$ 19.193	R\$ 2.354	R\$ 16.446 -R\$ 393	R\$	R\$ 91.858	
14	14.421	12.570	R\$ 20.537	R\$ 2.636	R\$ 17.489 -R\$ 413	R\$	R\$ 109.347	
15	14.421	12.488	R\$ 21.976	R\$ 2.945	R\$ 18.598 -R\$ 433	R\$	R\$ 127.945	
16	14.421	12.407	R\$ 23.515	R\$ 3.284	R\$ 19.777 -R\$ 454	-R\$ 12.288	R\$ 135.434	
17	14.421	12.327	R\$ 25.162	R\$ 3.654	R\$ 21.031 -R\$ 476	R\$	R\$ 156.465	
18	14.421	12.246	R\$ 26.924	R\$ 4.060	R\$ 22.365 -R\$ 500	R\$	R\$ 178.829	
19	14.421	12.167	R\$ 28.810	R\$ 4.503	R\$ 23.783 -R\$ 524	R\$	R\$ 202.613	
20	14.421	12.088	R\$ 30.830	R\$ 4.988	R\$ 25.293 -R\$ 549	R\$	R\$ 227.906	
21	14.421	12.009	R\$ 32.991	R\$ 5.517	R\$ 26.899 -R\$ 575	R\$	R\$ 254.804	
22	14.421	11.931	R\$ 35.304	R\$ 6.095	R\$ 28.606 -R\$ 602	R\$	R\$ 283.410	
23	14.421	11.854	R\$ 37.778	R\$ 6.726	R\$ 30.422 -R\$ 631	R\$	R\$ 313.832	
24	14.421	11.777	R\$ 40.427	R\$ 7.413	R\$ 32.353 -R\$ 660	R\$	R\$ 346.185	
25	14.421	11.700	R\$ 43.261	R\$ 8.162	R\$ 34.407 -R\$ 691	R\$	R\$ 380.592	

Após 15 anos de operação, é recomendada a troca dos Inversores, com custo equivalente à aprox. 15% do valor total do investimento à época.

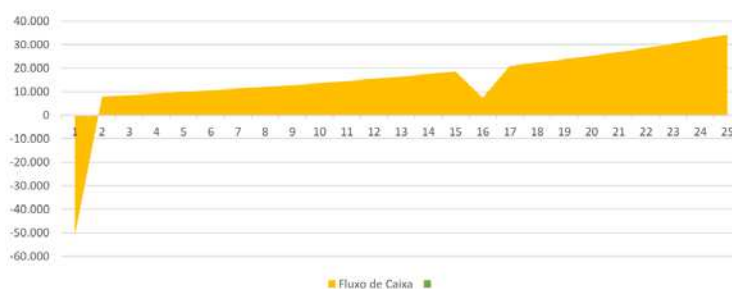


Figura 2 - Comparativo antes e após o sistema de energia solar fotovoltaico

\* Os dados da Análise Econômica apresentados são uma simulação baseada em projeções tarifárias e de cenários macroeconômicos. Portanto, são de caráter ilustrativo e não representam uma garantia de economia obtida pelo sistema tampouco possuem validade legal.

### Outros valores:

Taxa Interna de Retorno (TIR):

**21,67%**

A TIR de um investimento pode ser entendida, para fins comparativos, como a taxa de juros de uma aplicação financeira.

Valor Presente Líquido (VPL):

**R\$ 122.798**

O VPL representa o valor líquido obtido por um investimento considerando o valor do dinheiro no tempo, a uma taxa de desconto de 10%.

## Anexo 4 – Empresa EGNEX



Proposta Comercial EGNEX: 101596  
 Data da proposta: 11/11/2019  
 Responsável: Janio Denis Gabriel  
 E-mail: janio.gabriel@egnex.com

### Cliente: Karin Scopel

Endereço: Est Roseira. . São José dos Pinhais - PR. 83075-01

A/C.: Karin Scopel

e-mail:

Telefone: (41) 99605-9353

### SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE COM POTÊNCIA DE 9,52 kWp



\*Imagens ilustrativas.

#### SOLUÇÃO COMPLETA:

- ✓ 28 x Painéis solares Jinko/340W
- ✓ 1 x Inversor solar Fronius/Primo 8.2
- ✓ Stringbox: proteção para energia solar
- ✓ Estrutura de fixação dos painéis
- ✓ Aplicativo de monitoramento WiFi
- ✓ Frete, projeto com ART, instalação e regularização inclusos

**Valor Total: R\$ 46.800,00**

Proposta válida por 30 dias.

#### Características do Sistema:



#### Condições de pagamento:



#### Garantias:



EGNEX. The Next Energy  
[www.egnex.com.br](http://www.egnex.com.br) - (41) 3156-3331 - CNPJ: 19.114.316/0001-32  
 Rua Estevam Monastier, 513. Bairro: Xaxim.  
 Curitiba - PR - Brasil CEP: 81810-170

Página 1





Proposta Comercial EGNEX: 101596  
 Data da proposta: 11/11/2019  
 Responsável: Janio Denis Gabriel  
 E-mail: janio.gabriel@egnex.com

## ESCOPO DETALHADO DE FORNECIMENTO E VALORES

### DESCRIÇÃO GERAL

Fornecimento, instalação e regularização de um sistema fotovoltaico com potência de 9,52 kWp a ser instalado em cobertura na cidade de São José dos Pinhais - PR.

### MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

A lista com os principais equipamentos que compreendem o sistema fotovoltaico e suas quantidades estão relacionados na tabela abaixo:

EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO (MARCA/MODELO)	QTDE
<b>Painel Fotovoltaico</b>	Jinko/340W	28
<b>Inversor</b>	Fronius/Primo 8.2	1
<b>Estruturas Metálicas</b>	Kit Fixação p/ 28 módulos em cobertura	1
<b>Proteção de Inversores e String</b>	Kit Proteção DC e AC	1
<b>Materiais de instalação</b>	Cabo solar, conectores, quadro, eletrodutos e demais materiais de infraestrutura para conexão sistema fotovoltaico no circuito do quadro geral.	1

**Total de Materiais e Equipamentos: R\$ 35.100,00**

Em virtude da disponibilidade de mercado no momento da contratação, alguns modelos de equipamentos apresentados nessa proposta podem ser substituídos por modelos equivalentes ou superiores a especificação apresentada nessa proposta, mediante acordo com o cliente.

### SERVIÇOS

- Elaboração de projeto elétrico do sistema fotovoltaico;
- Instalação dos painéis fotovoltaicos, equipamentos e infraestrutura de elétrica necessária;
- Configuração do sistema de monitoramento de geração;
- Emissão de ART de projeto e execução;
- Procedimento de regularização da instalação na concessionária de energia;
- Acompanhamento da vistoria da concessionária;
- Suporte e acompanhamento da compensação na fatura de energia do cliente.

**Total de Serviços: R\$ 11.700,00**



Proposta Comercial EGNEX: 101596  
Data da proposta: 11/11/2019  
Responsável: Janio Denis Gabriel  
E-mail: janio.gabriel@egnex.com

## VALOR DA PROPOSTA

**VALOR TOTAL: R\$ 46.800,00**

## TERMOS DE PAGAMENTO

### CONDIÇÕES DE PAGAMENTO

- À vista antecipado com 5% de desconto;
- 1 + 4 vezes sem juros;
- Outras opções de financiamento sob consulta.

### FORMAS DE PAGAMENTO

Os pagamentos serão aceitos via boleto ou depósito bancário nas seguintes contas:

Banco: Itaú (341)

Gerente: Rafel Zottis

Agência: 5650

Tel: (41) 98817-0389

Conta: 19114-0

Razão Social: EGNEX ELÉTRICA LTDA - ME

CNPJ: 19.114.316/0001-32

Enviar comprovantes para o seguinte e-mail: financeiro@egnex.com

## TERMOS GERAIS

### PRAZO DE EXECUÇÃO

O prazo de entrega dos equipamentos e instalação é de até 60 dias. A **EGNEX** compromete-se em alinhar suas atividades com a disponibilidade do cliente para execução da obra. As atividades iniciarão logo após a confirmação do pedido, na assinatura do contrato com o cliente.

### EXCLUSÕES DA PROPOSTA

Os preços apresentados não consideram custos adicionais por eventuais adequações da entrada de energia exigidas pela concessionária, execução de obra civil, outros serviços e produtos não especificados nessa proposta. Também não estão inclusos custos de peças e equipamentos de reposição.



Proposta Comercial EGNEX: 101596  
Data da proposta: 11/11/2019  
Responsável: Janio Denis Gabriel  
E-mail: janio.gabriel@egnex.com

**VALIDADE DA PROPOSTA**

- 30 dias da data do documento.

**CONFIRMAÇÃO DO PEDIDO**

O pedido se dá pela assinatura do presente orçamento, concordando com o preço e os termos, ou confirmação por e-mail para o responsável ou para: [orcamento@egnex.com](mailto:orcamento@egnex.com)

**EGNEX.** The Next Energy**KARIN SCOPEL**

M.Sc. Eng. Janio Denis Gabriel  
CREA PR-143287/DS  
**SÓCIO DIRETOR**

Karin Scopel  
**CPF:**  
**DATA:**

## RETORNO DE INVESTIMENTO

### CONSIDERAÇÕES

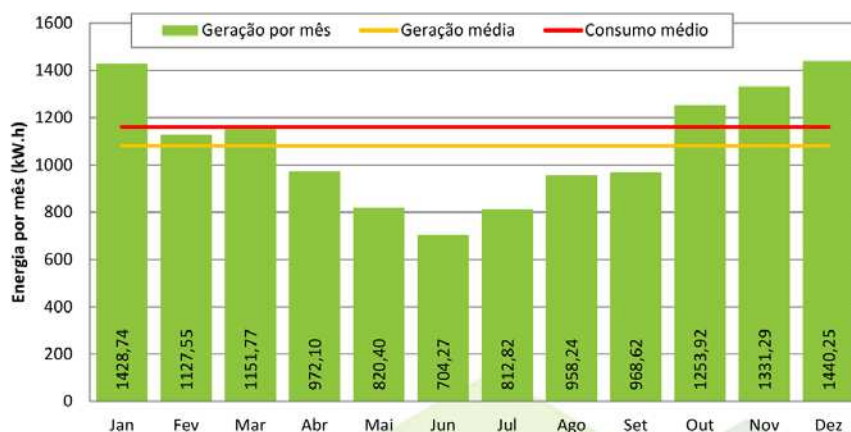
O potencial de geração de energia é calculado utilizando uma média dos valores de radiação solar próximos à região de instalação, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 - RADIAÇÃO MÉDIA NO PLANO HORIZONTAL

IRRADIAÇÃO SOLAR DIÁRIA E MENSAL												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Radiação Global 0° N [kWh/m <sup>2</sup> .dia]	5,79	5,06	4,67	4,07	3,32	<b>2,95</b>	3,29	3,88	4,06	5,08	5,57	<b>5,84</b>
Radiação Global [kWh/m <sup>2</sup> .mês]	179,47	141,64	144,68	122,11	103,05	88,47	102,10	120,37	121,67	157,51	167,23	180,92

FONTE: INPE, NASA, NREL E SUNDATA

O valor médio da radiação no plano horizontal é igual à 4,47 kWh/(m<sup>2</sup>.dia). As perdas sistêmicas em função da temperatura nos painéis, posição e inclinação dos painéis, eficiência dos equipamentos, entre outros, somam ao todo 16,50%. Com esses valores, é possível calcular o valor de energia gerada por mês.



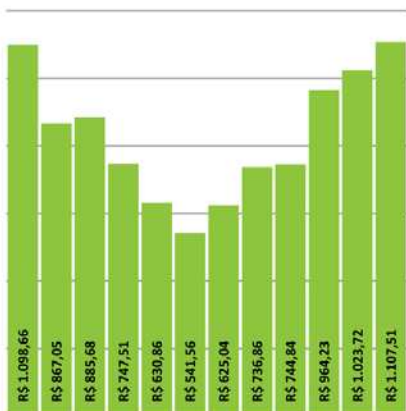
Para calcular a economia devido a geração de energia ao longo dos anos deve-se considerar custos de manutenção e substituição de equipamentos defeituoso, perdas sistêmicas, perdas de eficiência dos equipamentos com o passar do tempo e os aumentos da energia. Para manutenção e troca de equipamentos futuros, considera-se o custo igual à 1% ao do valor investido inicialmente. A perda de eficiência dos painéis é de 0,75% ao ano na potência nominal. O aumento anual da tarifa de energia considerado é igual à 6,7%.



**RETORNO DE INVESTIMENTO**

Os gráficos abaixo apresentam informações sobre cálculo de tempo de retorno de investimento baseado nas considerações acima.

Valores máximos e mínimos de economia gerada pelo sistema:



Jan Feb Mar Abr Mai Jun Jul Ago Set Out Nov Dez

Payback simples ao longo de 25 considerando valor máximo de economia:



O rendimento acumulado no final de 25 anos é 10 vezes maior do que o valor investido.



Payback descontado ao longo de 25 anos com taxa mínima de atratividade de 10% ao ano:

