

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES
CAMPUS PATOS DE MINAS

LORRANE ALVES ANTUNES REZENDE

EMPREGO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA VOLTADA PARA CASAS
POPULARES

PATOS DE MINAS

2018

LORRANE ALVES ANTUNES DE REZENDE

EMPREGO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA VOLTADA PARA CASAS
POPULARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para a conclusão do curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações pela Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas, em 2018.

Linha de pesquisa: Energia fotovoltaica.

Orientadora: Professora Dr^a. Elise Saraiva

PATOS DE MINAS

2018

LORRANE ALVES ANTUNES DE REZENDE

EMPREGO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA VOLTADA PARA CASAS
POPULARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para conclusão do curso de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações pela Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas, em 2018.

Linha de pesquisa: Energia fotovoltaica.

Orientadora: Professora Dr^a. Elise Saraiva

Patos de Minas, 6 de julho de 2018

BANCA EXAMINADORA

Professora Dr^a. Elise Saraiva FEELT/UFU

Professora Ms. Alexander Bento Melo FEELT/UFU

Professor Dr. Alexandre Coutinho Mateus FEELT/UFU

Aos meus filhos Túlio e Maria Elisa,
que foram minha energia
para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Se aqui estou hoje foi porque muitos estiveram do meu lado me apoiando. Não cheguei aqui sozinha. Devo agradecer mamãe e papai, Gislaine e Geraldo por sempre se preocuparem com meu futuro profissional e pessoal, me mostraram o caminho e a importância da formação acadêmica. Agradeço toda a família pelo apoio, incentivo, colaboração e pelo cuidado e paciência com meus pequenos Túlio e Maria Elisa obrigada pelo amor de vocês.

Devo também agradecer a toda família UFU *Campus* Patos de Minas nós crescemos juntos. Daqui levo grandes vivências e grandes amigos. Orientadora Elise, obrigada pela confiança depositada em mim e por toda a segurança que sempre me passou, esse trabalho é nosso.

Querido Deus, obrigada pela graça de mais uma vitória, minha força vem do Senhor.

“A energia solar traz a esperança de
se viver uma vida melhor, sem as
preocupações de comprar combustíveis
fósseis e sofrer problemas ecológicos.”

CARLOS HALBERT

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso desenvolve um projeto fotovoltaico para habitação popular, além de mostrar os benefícios que a geração de energia elétrica de fonte limpa e renovável proporciona para uma família de baixa renda. O principal objetivo é a sustentabilidade econômica que a família pode ter com o sistema de geração de energia fotovoltaico instalado na sua casa própria, como consequência destaca-se a redução do valor da conta mensal paga à distribuidora de energia, uma vez que tal valor é significativo para a referida família. Neste trabalho é apresentada toda a teoria que envolve o sistema fotovoltaico, o levantamento de demanda de consumo, o dimensionamento do projeto a ser instalado na residência para suprir as necessidades da moradia, com o devido cuidado para dimensionar também todos os equipamentos necessários para o funcionamento adequado do sistema. Também foi realizado um levantamento financeiro pra averiguar o custo do projeto. Este trabalho contribui com o crescimento da energia solar no Brasil, um país que possui uma grande disponibilidade do potencial energético solar.

Palavras-chaves: Energia fotovoltaica. Energia solar. Casa popular. Casa solar.

ABSTRACT

This undergraduate thesis develops a photovoltaic project for popular housing, in addition to showing the benefits that the generation of electric energy from clean and renewable source provides for a low-income family. The main objective is an economic sustainability that the family can have with the photovoltaic power generation system installed in their own home, as a consequence, the reduction of the value of the monthly payment paid to the energy distributor is highlighted, since such value is significant for the family. This paper presents the whole theory that involves the photovoltaic system, the survey of consumer demand, the design of the project to be installed in the residence to meet the needs of housing, with due care to also dimension all the equipment necessary for the operation system. A financial survey was also conducted to find out the cost of the project. This paper contributes to the growth of solar energy in Brazil, a country that has a great availability of solar energy potential.

Keywords: Photovoltaic energy. Solar energy. Popular house. Solar house.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino.
- Figura 2.2 – Sistema isolado autônomo.
- Figura 2.3 – Sistema isolado híbrido.
- Figura 2.4 – Sistema conectado à rede.
- Figura 2.5 – Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.
- Figura 2.6 – Representação do inversor.
- Figura 2.7 – Representação das estações do ano e do movimento da Terra em volta do Sol.
- Figura 3.1 – Radiação solar global, média anual em horas.
- Figura 3.2 – Interface escolher localidade do *software* RADIASOL2.
- Figura 4.1 – Casa Primavera.
- Figura 4.2 – Planta Ambientada.
- Figura 4.3 – Planta de Cobertura.
- Figura 4.4 – Corte Lateral AA.
- Figura 4.5 – Entrada de dados cenário 1.
- Figura 4.6 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 1.
- Figura 4.7 – Entrada de dados cenário 2.
- Figura 4.8 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 2.
- Figura 4.9 – Entrada de dados cenário 3.
- Figura 4.10 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 3.
- Figura 4.11 – Módulo fotovoltaico.
- Figura 4.12 – Inversor *grid tie*.
- Figura 4.13 – Caixa de Proteção.
- Figura 4.14 – Relógio bidirecional.

Figura 4.15 – Esquemático do projeto, para os cenários 1.

Figura 4.16 – Esquemático do projeto, para os cenários 2.

Figura 4.17 – Esquemático do projeto, para os cenários 3.

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Histórico de consumo.

Tabela 4.2 – Estimativa de consumo.

Tabela 4.3 – Cenários e características.

Tabela 4.4 – Irradiação média de cada mês do ano para os três cenários.

Tabela 4.5 – Irradiação média anual para os três cenários.

Tabela 4.6 – Principais especificações do módulo.

Tabela 4.7 – Principais especificações do inversor.

Tabela 4.8 – Principais especificações do relógio bidirecional.

Tabela 4.9 – Resultados da potência mínima.

Tabela 4.10 – Resultados do número de módulos.

Tabela 4.11 – Área ocupada pelo painel solar.

Tabela 4.12 – Levantamento financeiro para os cenários 1 e 3.

Tabela 4.13 – Levantamento financeiro para o cenário 2.

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais
CEPEL	Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
CRESESB	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sergio de Saulo Brito
FAR	Fundo de Arrendamento Residencial
FDS	Fundo de Desenvolvimento Social
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto de Metodologia, Qualidade e Tecnologia
MCMV	Minha Casa Minha Vida
SAS	Sistema de Aquecimento Solar
<i>SWERA</i>	<i>Solar and Wind Energy Resource Assessment</i>
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Motivação	16
1.2	Objetivo	16
1.3	Organização dos Capítulos	17
1.4	Considerações Finais	17
2	CONHECIMENTO BÁSICOS	17
2.1	Breve Histórico da Energia Solar	17
2.2	Sistema Fotovoltaico.....	18
2.2.1	Efeito Fotovoltaico	18
2.2.2	Célula Fotovoltaica.....	18
2.2.3	Classificação	19
2.2.3.1	Sistemas Isolados	19
2.2.3.1.1	Sistemas Isolados Autônomos	20
2.2.3.1.2	Sistemas Isolados Híbridos	20
2.2.3.2	Sistemas Conectados à Rede	21
2.2.3.2.1	Micro e Mine Geração	22
2.2.4	Equipamentos dos Sistemas Fotovoltaicos.....	23
2.2.4.1	Painel Fotovoltaico	23
2.2.4.2	Inversor	24
2.2.4.3	Baterias	24
2.2.4.4	Relógio Bidirecional	24
2.2.5	Fatores Solares que Influenciam a Eficiência do Sistema	25
2.2.5.1	Geometria Solar	25

2.2.5.2	Potencial Solar da Região.....	26
2.2.5.3	Orientação e Inclinação	26
2.3	Considerações finais	26
3	MATERIAIS E METODOS	27
3.1	Programa Minha Casa Minha Vida	27
3.2	Dados para o Dimensionamento	27
3.2.1	Avaliação do Recurso Solar	28
3.2.2	Características do Local	30
3.2.3	Levantamento de Demanda	30
3.3	Considerações Finais	30
4	RESULTADOS E DISCUÇÕES	31
4.1	Levantamento do consumo médio anual	31
4.1.1	Estimativa de consumo	32
4.2	Características físicas de uma casa popular	32
4.3	Dimensionamento do projeto	36
4.3.1	Potência mínima de consumo por dia (E_p)	36
4.3.2	Horas de Pico Solar	37
4.3.3	Escolha dos equipamentos	43
4.3.3.1	Módulo Fotovoltaico	43
4.3.3.2	Inversor e caixa de proteção	44
4.3.3.3	Relógio Bidirecional	46
4.3.4	Potência mínima do sistema (P)	47
4.3.5	Compensando a potência do módulo	47
4.3.6	Número de módulos (N)	48

4.3.7	Associação dos módulos	48
4.3.7.1	Associação em série	49
4.3.7.2	Associação em paralelo	49
4.3.8	Área ocupada pelo painel solar	49
4.3.9	Levantamento financeiro	50
4.3.10	Projeto Fotovoltaico de uma casa popular MCMV	51
4.3.10.1	Cenário 1	52
4.3.10.2	Cenário 2	53
4.3.10.3	Cenário 3	54
4.3.11	Registro CEMIG	55
4.4	Casos de Sucesso	55
4.5	Benefícios	56
4.6	Crescimento de Energia Solar	56
4.7	Considerações Finais	57
5	CONCLUSÕES, CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO E TRABALHOS FUTUROS	57
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A	62
	ANEXO B	63
	ANEXO C	65
	ANEXO D	67
	ANEXO E	68

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

O projeto fotovoltaico para casa popular, tem como principal motivação a sustentabilidade econômica. O projeto resultará na economia financeira da família moradora em uma unidade habitacional do programa federal Minha Casa Minha Vida (MCMV) [1]. O propósito é conseguir a máxima redução do valor da conta de energia da concessionária, pagando mensalmente apenas a taxa mínima, que é gerada pelo custo de disponibilidade do sistema elétrico, conforme artigo nº 98 da resolução Normativa Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) Nº 414 [2]. Aumentando o poder aquisitivo destas famílias, elas poderão investir essa economia, da conta de energia elétrica, em outro tipo de consumo, gerando mercado em outro ramo econômico ou ainda pagando a parcela do financiamento da moradia [3] [4].

A partir do ano de 2018 as unidades habitacionais do programa MCMV serão adquiridas já com o projeto fotovoltaico instalado pela empresa de construção civil (construtoras) com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e contratação de operações com recursos transferidos ao Fundo de Desenvolvimento Social (FDS) [5].

O segundo motivo é a sustentabilidade ambiental, uma vez que é a energia solar é uma energia limpa, ou seja, não há emissão de poluentes durante sua produção, e nem ruídos. A energia solar prove de uma fonte renovável, inesgotável e é uma das alternativas sustentáveis para prover energia necessária para o desenvolvimento humano [6].

Outro motivo é a geração de empregos e consequentemente de renda que as instalações dos projetos fotovoltaicos geram. As instalações dos sistemas demandam profissionais capacitados, gerando assim oportunidade para trabalhadores de operação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos [7]. Promovendo, desta forma, um movimento de mercado econômico na região das moradias populares.

1.2 Objetivo

Especificar um sistema de energia fotovoltaica para alimentação de unidade habitacional do programa Minha Casa Minha Vida, indicando os benefícios de sua utilização.

1.3 Organização dos Capítulos

O primeiro capítulo apresenta uma rápida introdução da motivação e objetivo, bem como a importância social, econômica e sustentável do projeto. No capítulo 2 expõe-se a teoria necessária para o desenvolvimento dos sistemas fotovoltaico. No capítulo 3 descreve-se os materiais e métodos necessários para a realização deste trabalho. No capítulo 4 são apresentados resultados, discussões sobre o assunto abordado e o projeto fotovoltaico para uma casa popular. O último capítulo, 5 apresenta-se a conclusão deste projeto.

1.4 Considerações Finais

O capítulo introdutório apresentou a motivação do projeto, o objetivo e a organização dos capítulos. O próximo capítulo é referente à teoria necessária para desenvolver e projetar o sistema fotovoltaico.

2 CONHECIMENTO BÁSICO

Este capítulo apresenta a teoria básica de sistemas fotovoltaicos como fundamento para desenvolvimento do trabalho. Aborda-se o surgimento e um breve histórico da energia solar, a definição do sistema solar, seus principais componentes e classificação, e os fatores que afetam a eficiência do projeto.

2.1 Breve Histórico da Energia Solar

A primeira descoberta na área foi o efeito fotovoltaico que aconteceu em 1839, pelo francês Alexandre-Edmond Becquerel em um experimento onde um feixe de luz incidindo em uma célula eletroquímica, resultou em uma diferença de potencial, devido a absorção da luz. Em 1876 apareceu o primeiro aparato fotovoltaico, mas apenas em 1956 iniciaram a produção industrial de células fotovoltaicas [8].

A tecnologia foi se aperfeiçoando, por necessidades, advindas da área de telecomunicação, para conseguir instalar sistemas em áreas remotas, e na área espacial, sendo a energia mais adequada para alimentação de equipamentos eletrônicos espaciais [9].

Com o passar dos anos a produção das células fotovoltaicas ganhou espaço no mercado industrial e a tecnologia dos materiais se aperfeiçoando. O custo das placas sempre foi um desafio para o mercado, atualmente o preço da energia solar está cada vez mais acessível [10]. Possibilitando o crescimento mundial da energia solar [11].

2.2 Sistema Fotovoltaico

O sistema fotovoltaico aproveita a radiação solar como fonte de energia transformando-a em energia elétrica. Para consumir a energia gerada pelos sistemas é necessário um conjunto de equipamentos, destacando-se inicialmente a célula fotovoltaica, pois é a protagonista no sistema. A célula absorve as partículas de luz e através do efeito fotovoltaico transforma energia solar em energia elétrica que para ser consumida na residência, necessita passar por outro equipamento, chamado inversor de frequência. O sistema também conta com uma caixa de proteção entre o painel e o inversor. A energia gerada pode diretamente ser consumida nos equipamentos, armazenada em banco de baterias, ou ainda ser direcionada à rede de distribuição pública de energia [9].

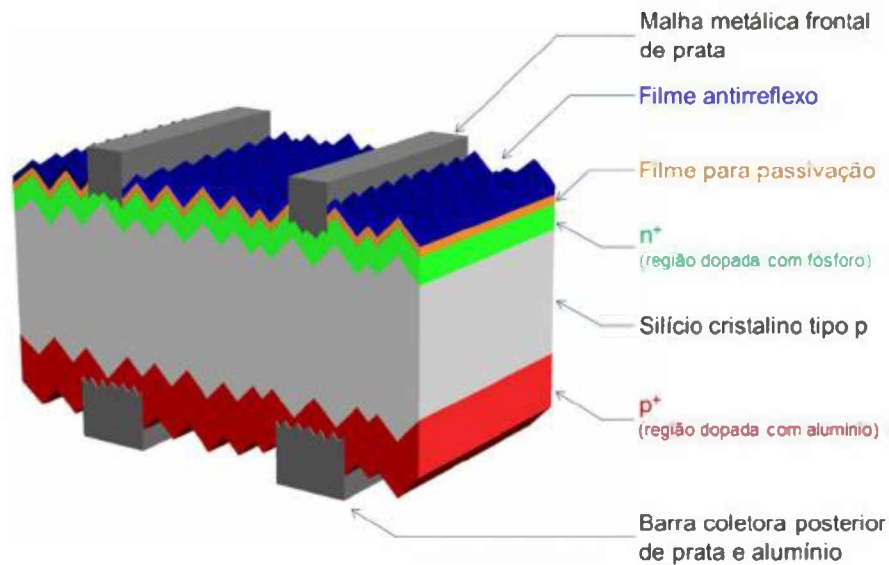
2.2.1 Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é o responsável por transformar diretamente fótons em corrente elétrica. Ele acontece nas células produzidas com materiais semicondutores dopados que, devido as propriedades semicondutoras, existe a formação da junção pn , separando elétrons (cargas negativas) de lacunas (cargas positivas). Essa separação gera uma diferença de potencial. Os fótons absorvidos possuem uma energia suficiente que será doada aos elétrons, que são acelerados para o lado n e as lacunas para o lado p , gerando assim fluxo de elétrons e uma diferença de potencial, e com um circuito interligado gera corrente elétrica [9]. A corrente gerada é variável de acordo com a intensidade de fótons absorvidos pelo material, não havendo geração de energia quando não tem incidência de luz [12].

2.2.2 Célula Fotovoltaica

A célula fotovoltaica é um dispositivo semicondutor responsável pela transformação da radiação solar em energia elétrica. É nela que acontece o efeito fotovoltaico [12]. A figura 2.1 resume a estrutura básica de uma célula fotovoltaica constituída pelas camadas: malha metálica frontal fabricada com prata, filme antirreflexo, filme para passivação, região n^+ dopada com fósforo, lâmina de silício cristalino tipo p dopada com boro, região p^+ dopada com alumínio, barras coletoras ou malha metálica traseira de alumínio-prata [9].

Figura 2.1 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino.



Fonte: Manual de engenharia de sistemas fotovoltaico [9].

As células são constituídas de semicondutores, em sua maioria de silício por sua maior abundância no planeta. O silício usado na sua fabricação pode ser mono cristalino, poli cristalino ou silício amorfo. Sendo as células fabricadas com silício poli cristalino com maior eficiência e com maior custo [14].

Sua maior eficiência é em horário de maior insolação. As células não armazenam energia elétrica, o fluxo de corrente elétrica é interrompido quando não há luz. A energia gerada durante o dia deve ser consumida imediatamente nas cargas ou armazenada [6].

2.2.3 Classificação

Os sistemas fotovoltaicos são classificados de acordo com a disponibilidade de recursos energéticos, podendo ser combinados com outra fonte de energia renovável ou com a rede. É dito um sistema isolado quando não possui associação com outra fonte, híbrido quando é vinculado a outra fonte também renovável e se precisam de algum tipo de armazenamento. Sistemas conectados à rede estão associados a rede de distribuição de energia [9].

2.2.3.1 Sistemas Isolados

Os sistemas isolados ou também chamados de *Off Grid*, são sistemas especiais ou sistemas fora da rede. Sistemas instalados que não possui distribuição pública disponível ou, por precisar ter

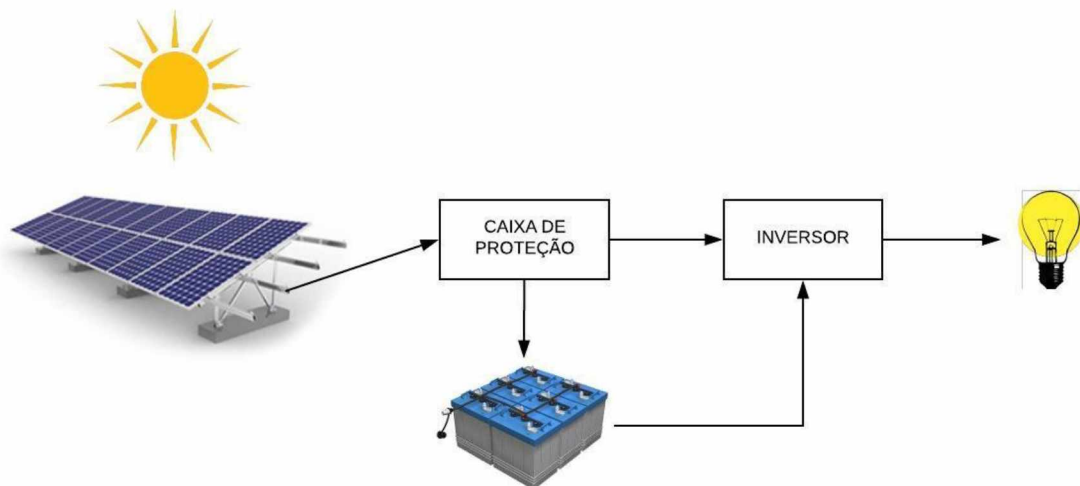
uma segurança em projetos que não pode haver falta de energia. Esses sistemas fotovoltaicos são conectados diretamente nas cargas ou alimentam baterias. Tem o objetivo de suprir demandas pequenas e específicas [6].

2.2.3.1.1 Sistemas Isolados - Autônomos

São sistemas que não possuem outra forma de geração de energia conectada a eles, sua única fonte é a energia solar em horas de sol. A energia gerada deve ser conectada em cargas ou em baterias. Quando conectado em baterias, a energia gerada é armazenada em acumuladores que fazem parte do dimensionamento e do projeto de energia fotovoltaico, e é utilizada quando há a necessidade. Para o caso de não existir tais baterias, a energia gerada já é conectada diretamente a carga, sendo utilizada no momento da sua geração. A energia pode ser acumulada de outra forma. Exemplo deste tipo de sistemas são bombas d'água, que usam a energia fotovoltaica para armazenar água no reservatório [9].

A figura 2.2 mostra um sistema isolado autônomo, este é composto pelo painel solar, caixa de proteção, banco de baterias e inversor, conectado nas cargas.

Figura 2.2 – Sistema isolado autônomo.



Fonte: Figura criada pela autora.

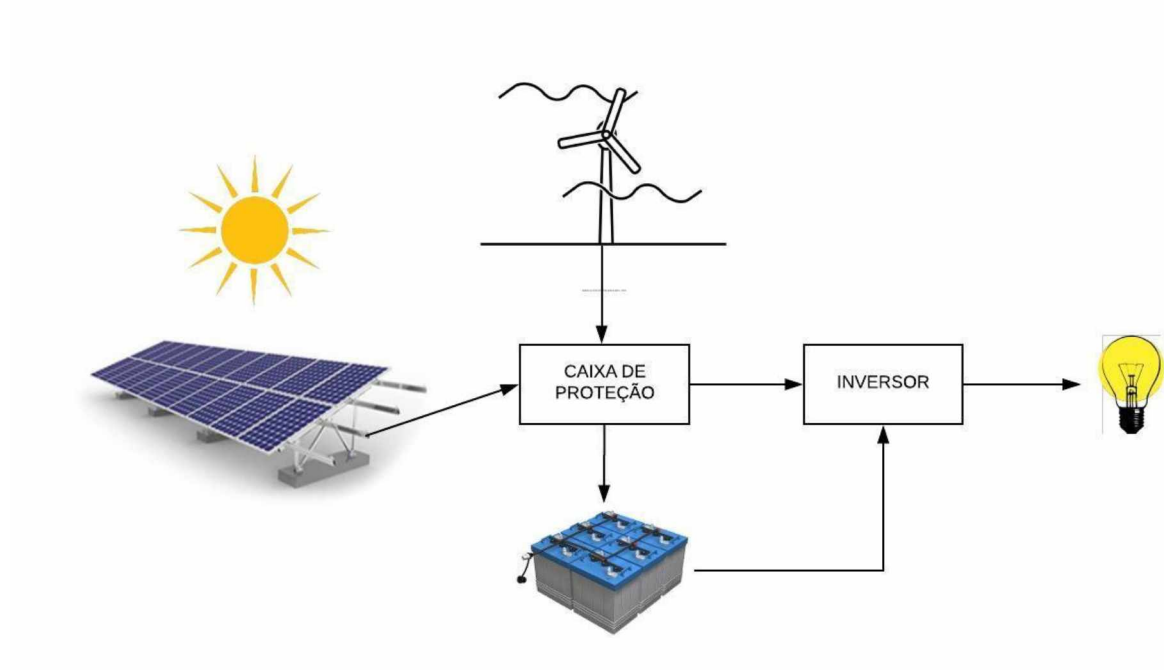
2.2.3.1.2 Sistemas Isolados - Híbridos

Sistemas conectados a outra fonte de energia além da energia fotovoltaica, que alimentam o mesmo banco de baterias ou cargas elétricas. Alguns sistemas são: o Solar com Eólica; e Solar

com Gerador Diesel. São mais complexos por precisarem de um controle maior sobre os dois tipos de geradores [9].

Observa-se a figura 2.3 um sistema isolado híbrido, diferente do autônomo, este possui duas fontes de geração de energia renovável, a Eólica e a Solar.

Figura 2.3 – Sistema isolado híbrido.



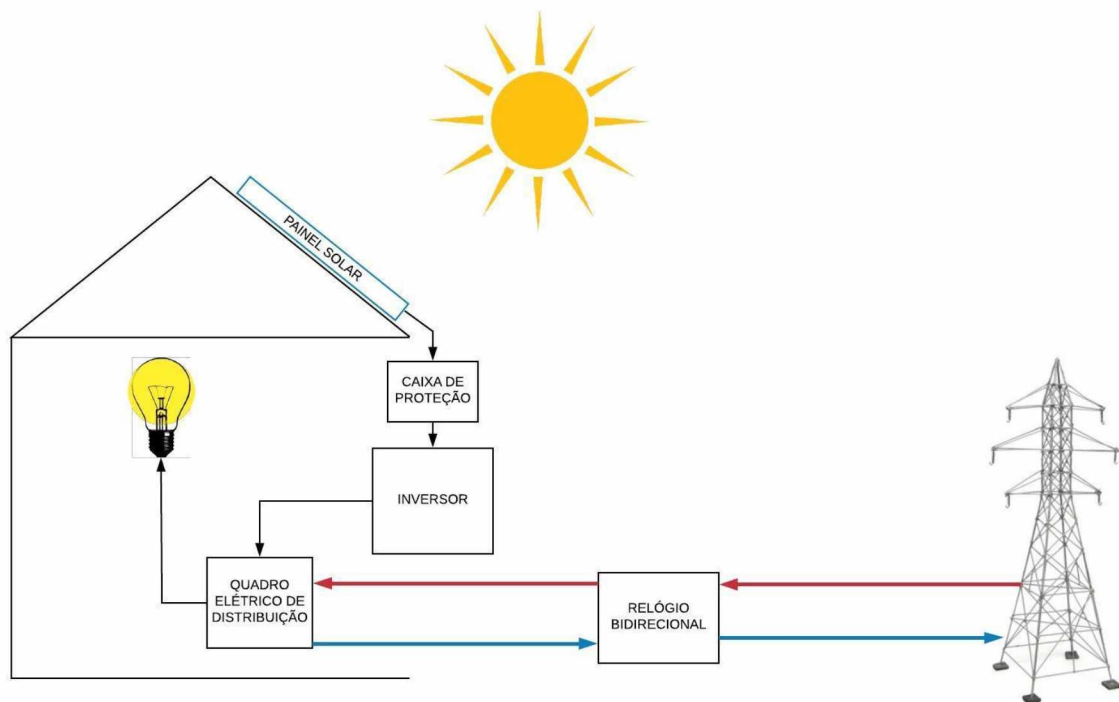
Fonte: Figura criada pela autora.

2.2.3.2 Sistemas Conectados à Rede

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede, também chamados de sistemas *OnGrid*, possuem ligação direta com a rede pública de distribuição de energia. Precisam fornecer energia elétrica nas mesmas características do sistema da rede conectada, e devem cumprir exigências de qualidade e segurança [15]. São sistemas que não usam baterias para armazenar a energia gerada, como em micro e mine geração, a energia gerada durante as horas de sol é imediatamente utilizada na unidade instalada, e, seu excedente é fornecido para a rede de distribuição [9].

A figura 2.4 apresenta um sistema *OnGrid* com seus equipamentos e etapas da geração. Mostra também o fluxo da energia, sendo, em vermelho a energia fornecida pela rede e em azul a energia gerada e injetada na rede, essa última por sua vez sendo responsável pela geração dos créditos energéticos.

Figura 2.4 – Sistema conectado à rede.



Fonte: Figura criada pela autora.

2.2.3.2.1 Micro e Mine Geração

A classificação do sistema, se deve a quantidade de kW produzido pelo projeto, e se a energia produzida durante as horas de sol é consumida no próprio local de geração. A geração máxima as horas de pico gera um excedente para compensar o consumo noturno, sendo este injetado na rede. O equipamento responsável pelo registro e contabilização da geração e do gasto é o relógio bidirecional. A energia injetada na rede se transforma em créditos energéticos, que são descontados nas futuras contas de luz. Os créditos têm validade de 60 meses. Esses sistemas foram regulamentados pela ANEEL pela Resolução Normativa nº 482, possibilitando a mine e micro geração distribuída de energia [15].

A micro geração possui uma potência instalada menor ou igual a 75kW, sistemas que possuem em média 1 a 270 painéis solares. E a mine geração produz uma potência maior que 75kW e menor ou igual 5MW, e possuem até, aproximadamente, 19.900 painéis [6] [16].

2.2.4 Equipamentos dos Sistemas Fotovoltaicos

Os componentes do sistema são diferentes para cada projeto fotovoltaico, com a intenção de satisfazer da melhor forma possível os requisitos específicos de cada projeto, de maneira a atender a demanda de consumo do local que foi instalado.

2.2.4.1 Paineis Fotovoltaicos

As células são montadas em módulos, encapsuladas e associadas, formando os painéis fotovoltaicos. Os painéis são capazes de produzir tensão e corrente durante a geração de energia. O encapsulamento feito com material adequado tem função de proteger as células mecanicamente, e contra intempéries, proporcionando um aumento da vida útil dos módulos [14].

Cada sistema possui uma quantidade particular de módulos, e uma associação diferente para formar o painel, série e/ou paralelo, especificada para cada projeto, de acordo com a demanda de energia de cada sistema e possuem um desempenho diferente [17]. As associações permitem a expansão de um projeto após instalado, e, num futuro pode-se conectar novos módulos e aumentar a capacidade de geração do sistema [6].

A figura 2.5 ilustra a formação dos painéis, mostra-se a célula isolada, a formação do módulo com várias células e a associação dos módulos formando assim um painel solar.

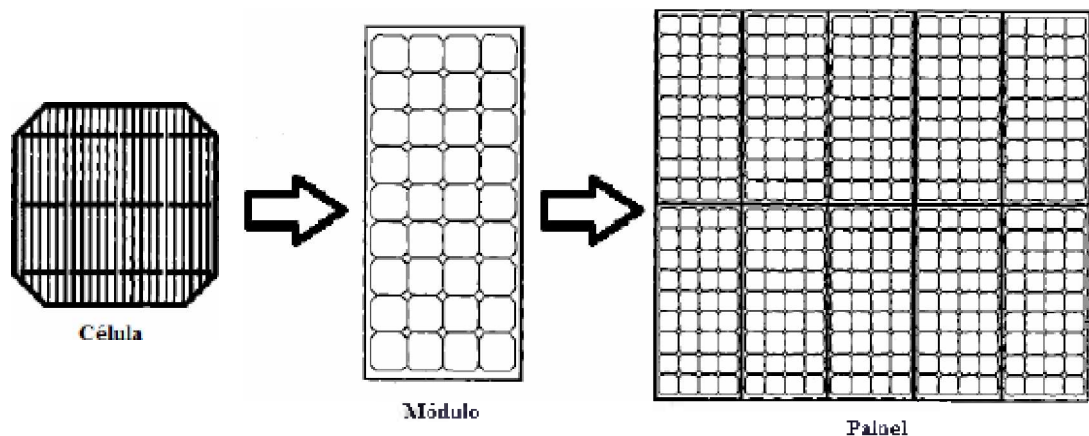


Figura 2.5 – Representação de célula, módulo e painel fotovoltaico.

Fonte: (RIBEIRO, 2012) [14].

2.2.4.2 Inversor

É o equipamento responsável em tornar a energia, gerada ou armazenada, própria para o uso em aparelhos elétricos dentro da residência. Atualmente os equipamentos domésticos usam energia elétrica em corrente alternada, e o sistema fotovoltaico fornece em corrente contínua, desta forma, o equipamento responsável por fazer essa transformação é o inversor.

A qualidade, e consequentemente o custo do inversor, é definida pela sua forma de onda e sua eficiência. As principais características de um inversor para sistemas fotovoltaicos são: forma de onda e distorção harmônica, eficiência na conversão de potência, potência nominal de saída, potência de surto, taxa de utilização, tensão de entrada, tensão de saída, regulação de saída, frequência da tensão de saída, fator de potência, consumo de potência sem carga, modularidade, temperatura e umidade do ambiente, compatibilidade eletromagnética, grau de proteção e proteções [9].

A figura 2.6 mostra uma simples representação da função do inversor, ele alterna a corrente e tensão CC para AC, essa é uma das funções do inversor.

Figura 2.6 – Representação do inversor.



Fonte: Figura criada pela autora.

2.2.4.3 Baterias

Usadas em sistemas autônomos, é responsável pelo maior custo desses tipos de projetos. Sua função é armazenar energia gerada durante os momentos de luz solar para ser usada quando o sistema fotovoltaico não estiver em funcionamento. As baterias acumulam energia em forma de energia química [14].

2.2.4.4 Relógio Bidirecional

Esse equipamento é necessário em sistemas conectados à rede de distribuição de energia. É responsável pela medição de energia injetada e, pela quantidade de energia utilizada da rede. A contabilidade é necessária para gerar créditos energéticos quando o sistema solar gerou

excedente, e para debitar os créditos sobre a energia consumida da rede. Usa-se um medidor bidirecional ou dois medidores unidirecionais [18].

2.2.5 Fatores Solares que Influenciam a Eficiência do Sistema Fotovoltaico

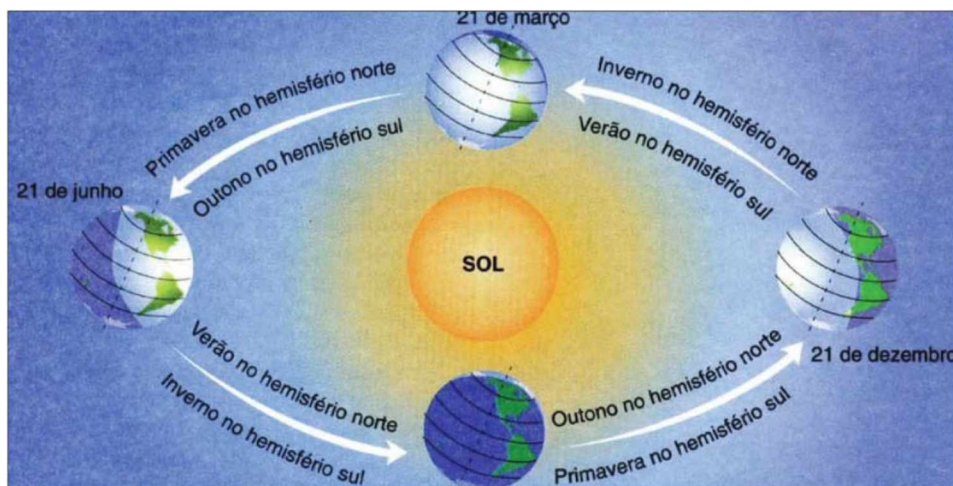
Mesmo o sol sendo uma fonte renovável e inesgotável, sua luminosidade incidente e variação temporal da radiação (ciclo diurno e noturno), geram alguns fatores que interferem diretamente no rendimento do sistema fotovoltaico. Além das condições atmosféricas como nebulosidade, a quantidade de radiação do sol juntamente com as informações do sistema fotovoltaico, como, posicionamento, elevação, inclinação e as mudanças climáticas que ocorrem ao longo do ano, influenciam diretamente na produção de energia solar [19].

2.2.5.1 Geometria Solar

A quantidade de radiação solar sobre a Terra é diferente em cada localização geográfica, nas horas do dia e estações do ano. Essas características dependem da inclinação do eixo imaginário do planeta, sua rotação e sua trajetória de translação ao redor do sol. Ao longo do ano os dias sofrem alterações de duração solar do dia [20].

A figura 2.7 mostra quatro posições do planeta Terra ao longo do ano, pode-se perceber as diferentes áreas iluminadas pelo sol e as sombras que modificam a duração dos dias e noites. Os tópicos da Terra são mais atingidos com as grandes variações e as regiões próximas da linha do Equador sofrem poucas alterações. As declinações definem as estações do ano, que são diferentes em cada hemisfério [19].

Figura 2.7 – Representação das estações do ano e do movimento da Terra em volta do Sol.



Fonte: (MAGNOLI 1998) [20].

O Brasil tem uma localização que beneficia a geração de energia fotovoltaica, está em maior parte próximo a linha do Equador, em que sofre menos variação solar do dia [19].

2.2.5.2 Potencial Solar da Região

A quantidade de radiação solar é um fator que influencia a produção de energia fotovoltaica, desta forma, sempre deve ser realizado um estudo sobre a radiação solar na região que se pretende instalar o sistema [6]. A variação da radiação durante o dia e o tempo de maior intensidade solar (horas de pico), determina quando o painel estará em máxima geração e interfere no dimensionamento do projeto [9].

As horas de pico, também chamada de horas de sol pleno, é considerada as horas por dia em que a radiação solar atinge 1.000 W/m^2 permanecendo constante. Do nascer ao pôr do sol, a radiação começa mínima, atinge o máximo no meio dia do solar e volta ao mínimo. As horas de pico possuem radiação em que o sistema solar gera sua máxima capacidade. Fatores climáticos, como a nebulosidade podem afetar a radiação direta nos painéis [6] [9].

2.2.5.3 Orientação e Inclinação

Além de observar a região de instalação do sistema outro fator que auxilia na maior absorção da radiação do sol é ajustar a posição dos painéis solares. Para evitar sombreamentos e garantir aproveitamento máximo da radiação nos painéis. Independentemente de onde os painéis são instalados, sobre telhados de casas, prédios ou no solo, as condições ideais para os sistemas fotovoltaicos instalados no Brasil são: orientação para o Norte e ângulo de inclinação similar ao da latitude do local [19].

2.3 Considerações Finais

Este capítulo apresenta a teoria que envolve a energia solar e os equipamentos utilizados em um projeto fotovoltaico juntamente com a classificação. Onde foram destacados a célula fotovoltaica, os painéis solares, inversor, baterias e o relógio bidirecional. Também os fatores que influenciam a eficiência da geração de energia. No próximo capítulo serão apresentados os materiais e métodos para realização do projeto de energia fotovoltaica em casas populares.

3 MATERIAS E MÉTODOS

Para a realização do trabalho é necessário seguir alguns métodos, e utilizar alguns materiais com o objetivo de desenvolver o projeto de energia fotovoltaica para casas populares. Algumas informações são essenciais para realizar o dimensionamento do gerador de energia solar.

3.1 Programa Minha Casa Minha Vida

O programa do governo federal criado na Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, onde beneficia famílias de baixa renda a terem facilidade em financiamentos para adquirir a casa própria. Já foram entregues mais de 4,2 milhões de casas MCMV [4]. As casas podem ser em meio urbano ou rural. Existem quatro classificações de faixas de renda com diferentes vantagens como taxas, prazos, subsídios. Famílias com renda de R\$1.800,00 até R\$7.000,00 podem participar do programa, onde existem condições e avaliações a serem obedecidas [1] [4].

Em 13 de novembro de 2017 foi aprovada a Portaria Nº 643, em que as casas do programa MCMV a partir de 01 de janeiro de 2018 devem ter, obrigatoriamente sistemas fotovoltaicos instalados, que podem ser substituídos por outro tipo de sistema de energia renovável. Com recursos advindos da integralização de cotas no FAR e contratação de operações com recursos transferidos ao FD [5]. Os sistemas devem atender todos os requisitos presentes na Portaria, algumas como: sistema conectado à rede em perfeito funcionamento; equipamentos certificados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO); possuir no mínimo capacidade de geração de 800kWh anual e garantia de performance por 25 anos.

3.2 Dados para o Dimensionamento

Para o sistema fotovoltaico gerar energia suficiente, para o consumo dos moradores da casa, o projeto precisa ser determinado de acordo com o consumo da família, as necessidades do dia a dia dos moradores e, o consumo médio anual. As características do imóvel, onde serão instalados os painéis, são também de suma importância, e os detalhes construtivos devem ser observados, uma vez que, geralmente é feita a instalação no telhado, por estética, e um dos fatores que influenciam na eficiência da geração é a inclinação e orientação do telhado. A disponibilidade do recurso solar da região é outro fator importante e que deve ser levado em consideração.

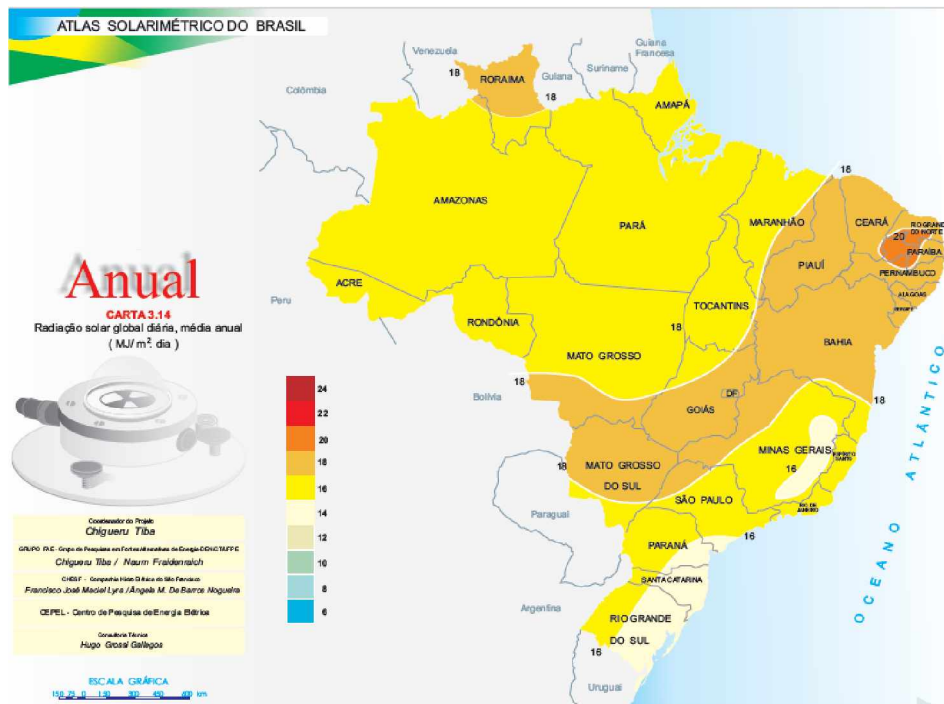
3.2.1 Avaliação do Recurso Solar

Para analisar a viabilização da utilização da luz solar para geração de energia, é preciso verificar a disponibilidade de incidência solar na área de instalação do sistema, além das horas de pico para estimar a máxima geração de energia [19].

A radiação solar pode ser consultada em estudos que mostram a radiação captada na superfície do território brasileiro ao longo de um ano, e neste caso, destaca-se o Atlas Solarimétrico do Brasil que é produzido pela Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) com parceria com o Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito (CRESESB) do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL); e o Atlas Brasileiro de Energia Solar produzido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) juntamente com o programa *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA) das nações unidas [6] [19][21] [22].

A figura 3.1 apresenta a média anual de radiação solar sobre o Brasil retirado do Atlas Solarimétrico do Brasil [22]. Todo o território brasileiro apresenta de médio a alto índice de radiação, assim, o Brasil possui um grande potencial de aproveitamento energético para geração de energia solar [19].

Figura 3.1— Radiação solar global, média anual em horas.

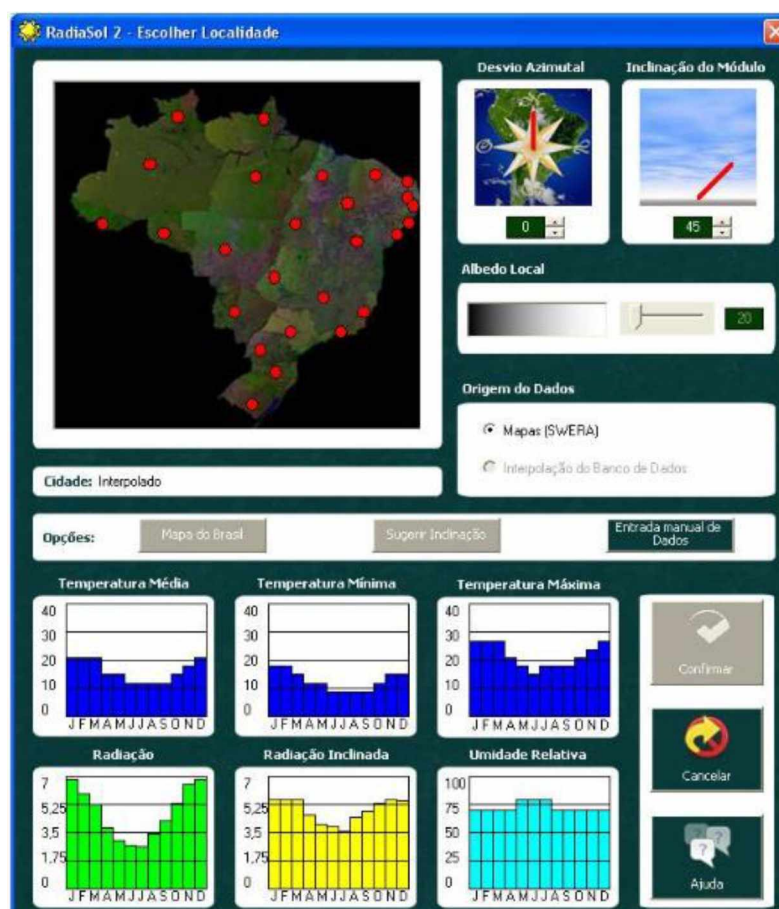


Fonte: ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2000. Pág 59 [22].

Para facilitar o cálculo da radiação incidente sobre o painel, com sua devida orientação e inclinação, pode-se utilizar *softwares* que gera os dados da radiação solar [23]. Um deles, e gratuito, é o RADIASOL 2, desenvolvido pelo Laboratório de Energia Solar (LABSOL) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) [24]. O usuário localiza a região geográfica, seleciona o método de obtenção dos dados climáticos médios e informa os dados das configurações do sistema, inclinação e orientação. As informações mostradas pelo RADIASOL 2 incluem gráficos de barras e tabelas que apresentam, as irradiações médias mensais para todos os meses do ano. É possível gerar planilhas com os dados meteorológicos [19] [24].

A figura 3.2 apresenta a interface inicial do RADIASOL2, onde é possível escolher a localidade desejada para se obter as informações de radiação. Para iniciar o programa é preciso clicar em um círculo vermelho selecionando um estado brasileiro.

Figura 3.2 – Interface escolher localidade do *software* RADIASOL2.



Fonte: RADIASOL2 - SOFTWARE PARA SINTETIZAR DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR [24].

3.2.2 Características do Local

O local que é instalado o sistema influencia na produção de energia solar. As condições consideradas ideais para o Brasil é a orientação para o norte, inclinação igual à latitude do local e não possuir sombreamento no local de instalação do painel [19]. Porém, às vezes, a única disponibilidade para instalações das placas é nos telhados das casas ou prédios. Assim, deve-se considerar a orientação e inclinação do telhado para estimar a geração de energia, e se existe algo próximo que possa provocar sombra. A solução é fornecer uma estrutura para receber o painel com o objetivo de criar as melhores condições, com a intenção de se aproximar às condições ideais. Para sistemas instalados no solo utilizando uma estrutura específica, consegue-se as condições ideais para a maior eficiência da geração.

3.2.3 Levantamento de Demanda

O levantamento de demanda é feito para estimar a geração necessária para atender adequadamente a necessidade da família. Pode ser realizado diretamente com as informações de consumo informadas na conta de luz, onde consta o consumo mensal de todos os meses do ano. E no caso de novas moradias estima-se os equipamentos que serão utilizados. Deve ser feito uma planilha com todos os equipamentos, sua potência e tempo de utilização por dia. As informações de potência dos equipamentos devem ser fornecidas pelo fabricante ou pelo INMETRO [19].

Este levantamento de potência consumida deve ser realizado de maneira eficiente, pois é com essa informação que será feito o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

3.3 Considerações Finais

Durante esse capítulo foi abordado a metodologia de como o trabalho foi realizado, passado por todo o estudo necessário para a base teórica do projeto até a aplicação da mesma, no dimensionamento e elaboração da planta do projeto fotovoltaico para uma casa popular. O próximo capítulo mostrará sobre o resultado deste trabalho de conclusão de curso e as discussões sobre o assunto abordado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados deste trabalho, com todo o embasamento apresentado sobre o assunto proposto, o projeto de um sistema fotovoltaico para uma casa popular foi elaborado. Serão apresentadas as configurações do sistema, assim como os equipamentos escolhidos e o levantamento financeiro, incluindo ainda discussões cabíveis sobre o projeto fotovoltaico.

4.1 Levantamento do consumo médio anual

Para realizar o levantamento de consumo de uma casa popular utilizou-se, como referência, uma conta de energia, apresentada no ANEXO A, de uma família composta por três pessoas, residentes em uma casa popular em Patos de Minas, no Condomínio Residencial Terra Nova, a qual foi adquirida pelo programa MCMV. A residência é atendida pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), com classe residencial bifásica. O histórico de consumo segue na tabela 4.1:

Tabela 4.1: Histórico de consumo.

Mês - Ano	Consumo (kW/h)	Média (kWh/dia)	Dias de Faturamento
MAIO - 2018	109	3,41	29
ABRIL - 2018	122	3,81	33
MARÇO - 2018	117	3,75	28
FEVEREIRO - 2018	138	3,41	31
JANEIRO - 2018	124	3,78	33
DEZEMBRO - 2017	112	3,46	28
NOVEMBRO - 2017	137	3,65	29
OUTUBRO - 2017	126	3,10	29
SETEMBRO - 2017	119	3,59	32
AGOSTO - 2017	107	3,61	31
JULHO - 2017	99	3,81	33
JUNHO - 2017	126	3,58	29

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados do ANEXO A.

O consumo anual é obtido a partir da soma do consumo de todos os meses, ou seja, para o caso empregado como exemplo, tem-se um valor de 1.436 kWh/ano.

Sendo esta informação de extrema importância para o dimensionamento do sistema fotovoltaico.

4.1.1 Estimativa de consumo

Uma outra alternativa, para a especificação do parâmetro consumo, poderia ser a estimativa na demanda, tendo como base equipamentos convencionais, levando-se em consideração o consumo individual. Entretanto, este caso deve ser aplicado quando não for possível o acesso a conta de energia ou quando é uma residência nova e encontra-se em fase de projeto. A tabela 4.2 apresenta valores típicos de consumo para alguns equipamentos empregados em residências, apresenta potência dos equipamento e estimativas de dias, horas e consumo médio mensal.

Tabela 4.2: Estimativa de consumo.

APARELHOS ELÉTRICOS	POTÊNCIA MÉDIA (W)	DIAS ESTIMADOS DE USO (dia/mês)	UTILIZAÇÃO MÉDIA (h/dia)	CONSUMO MÉDIO MENSAL (kWh/mês)
Geladeira	100	30	24	72
Chuveiro	4000	30	0.5	60
Ferro de passar roupa	1050	4	1	4.2
TV	200	30	2	12
Lâmpada 01	7	30	2	4.2
Lâmpada 02	7	30	2	4.2
Lâmpada 03	7	30	2	4.2
Lâmpada 04	7	30	2	4.2
Lâmpada 05	7	30	2	4.2
Lâmpada 06	7	30	2	4.2
Lâmpada 07	7	30	2	4.2
Lâmpada 08	7	30	2	4.2
CONSUMO TOTAL MENSAL (kWh/mês)				181.8

Fonte: Tabela feita pela autora.

Para dimensionamento do projeto deste trabalho usou-se o levantamento feito sobre a conta de energia.

4.2 Características físicas de uma casa popular

Outra informação importante para a realização do projeto para o emprego de energia fotovoltaica em casas populares, são as características físicas das mesmas, neste sentido, foi utilizada como modelo a Casa Primavera, tal modelo possui 66,15 m² de construção total, sendo um projeto realizado pelas empresas Plantar Empreendimentos e Produtos Florestais Ltda, Montana Química S.A. e baseada no modelo Sistema Construtivo Amaru Perfilado. Esse projeto propõem uma construção sustentável, que se utiliza material de fonte renovável, a

madeira Amaru Perfilado, possui baixo consumo de energia e baixa emissão de gás carbono na sua produção [25].

O modelo escolhido como base atende as especificações de área mínima construída de 36,00 m², especificados do programa MCMV que foram aprovadas pela Portaria nº 146 de 26 de abril de 2016 [26].

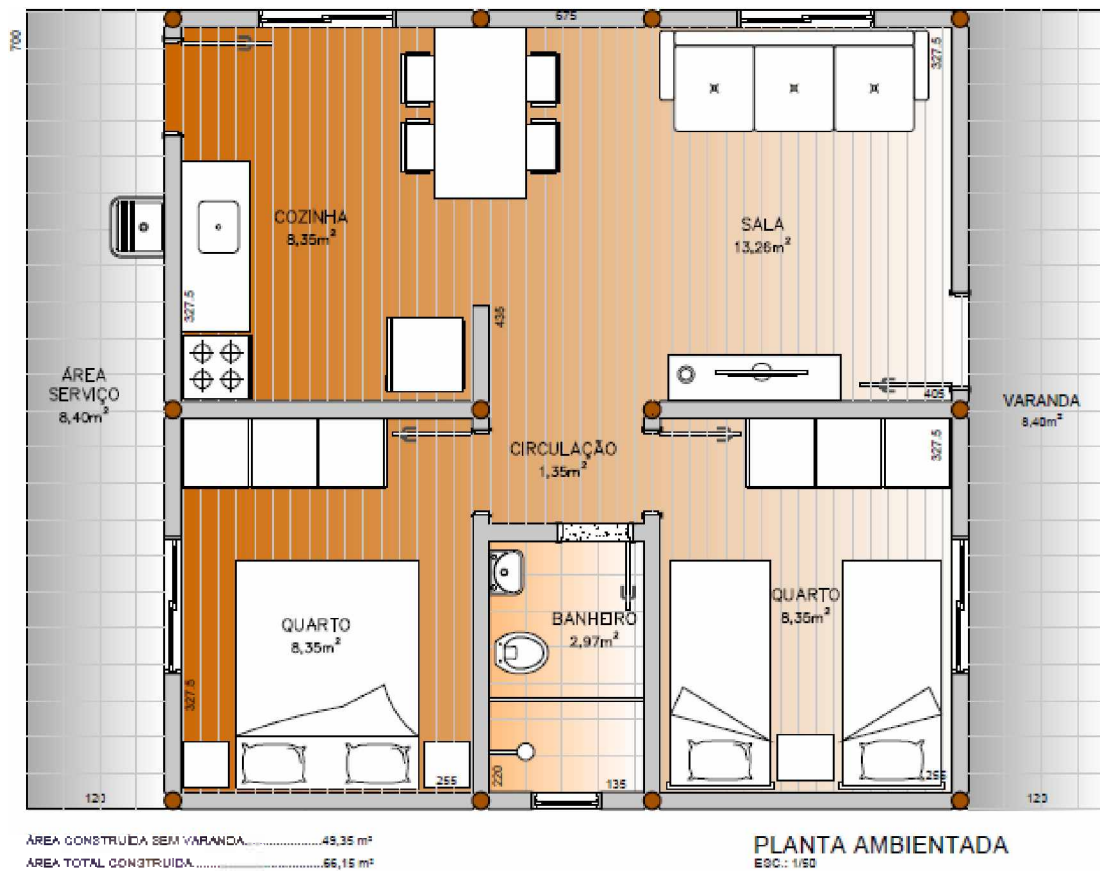
A figura 4.1 apresenta a Casa Primavera, e observa-se uma boa visibilidade do telhado para a instalação do sistema solar. A figura 4.2 apresenta a planta ambientada, onde pode-se ver a distribuição dos cômodos.

Figura 4.1 – Casa Primavera.



Fonte: Casa Primavera [25].

Figura 4.2 – Planta Ambientada.

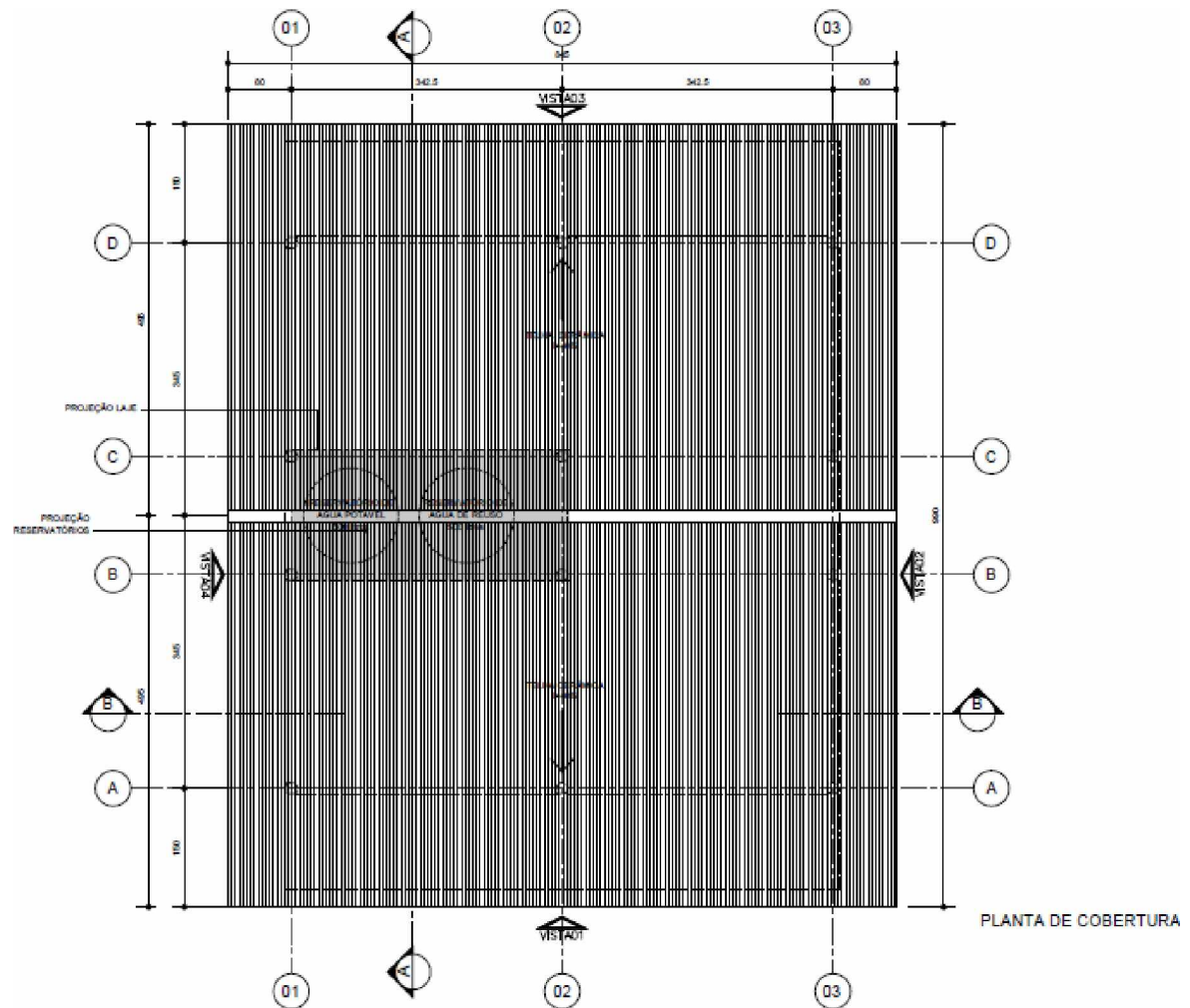


Fonte: Casa Primavera [25].

As próximas figuras, figura 4.3 e figura 4.4 apresentam informações importantes para o projeto do sistema fotovoltaico, como por exemplo, o espaço disponível para a instalação dos painéis solares e inclinação do telhado.

Na figura 4.3 apresenta a planta de cobertura do telhado e as informações de 990 cm de comprimento e 845 cm de largura do mesmo. Com essas informações, sabe-se que a área do telhado é de 83,65 m², área esta que pode ser ocupada pelas placas solares.

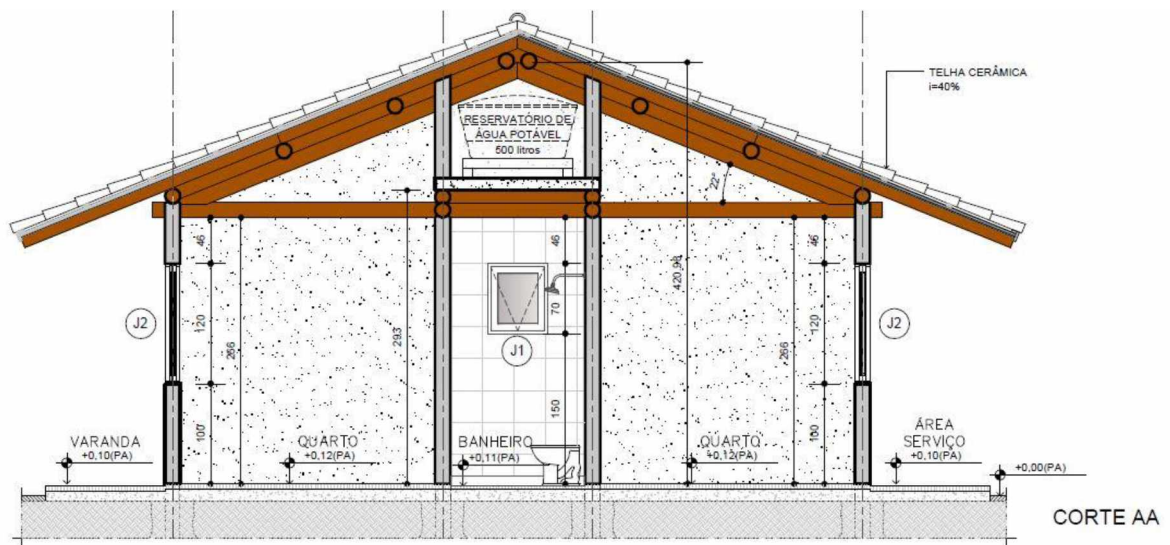
Figura 4.3 – Planta de Cobertura.



Fonte: Casa Primavera [25].

A figura 4.4 apresenta o corte AA da casa primavera, onde é possível visualizar a inclinação do telhado, sendo de 22° . Informação relevante para a eficiência e dimensionamento do sistema aqui proposto, uma vez que será utilizada como um dos dados de entrada no *software* RADIASOL 2.

Figura 4.4 – Corte AA.



Fonte: Casa Primavera [25].

4.3 Dimensionamento do projeto

Depois de reunir as informações básicas essenciais para o dimensionamento do projeto, foi realizado a tratativa das informações transformando-as em requisitos para escolha de equipamentos e configurações do projeto.

4.3.1 Potência mínima de consumo por dia (E_p)

A partir do valor de consumo anual obtém-se o valor médio de consumo mensal, dividindo pelos 12 meses do ano, chega-se a aproximadamente 120 kWh/mês.

Desse valor retira-se a taxa de distribuição de energia, que é obrigatoriamente paga mensalmente, pelo fato do sistema ser bifásico, a referida taxa é de 50 kWh/mês [2]. Neste sentido, obtém-se o valor de potência mínima de consumo à 70 kWh/mês, ou seja, esse valor será consumido pelos moradores utilizando o sistema fotovoltaico a ser instalado.

Multiplicando tal variável por 12 meses, obtém-se o valor de consumo anual que o projeto precisará suprir para atender os moradores, ou seja, 840 kWh/ano. Neste sentido, pode-se ainda dividir o último valor encontrado por 365 dias do ano para obter aproximadamente 2,30 kWh/dia, referente ao consumo por dia.

Desta forma, tem-se $E_p = 2,30$ kWh/dia, onde:

E_p – Potência mínima de consumo por dia.

4.3.2 Horas de Pico Solar (HSP)

Para calcular as HSP foi utilizado o programa RADIASOL 2, o qual possibilita encontrar a quantidade de irradiação média por dia na localidade especificada. Com a entrada de parâmetros corretos, o programa gera gráficos e tabelas com informações que viabiliza prosseguir com o dimensionamento do projeto fotovoltaico.

Para análise comparativa da eficiência do projeto, foram utilizados três cenários diferentes, e apresentados na tabela 4.3, a seguir:

Tabela 4.3: Cenários e características.

CENÁRIO	CIDADE	ORIENTAÇÃO	INCLINAÇÃO DO TELHADO
1	Patos de Minas	NORTE	22 °
2	Patos de Minas	SUL	22 °
3	Patos de Minas	LESTE	22 °

Fonte: Tabela feita pela autora.

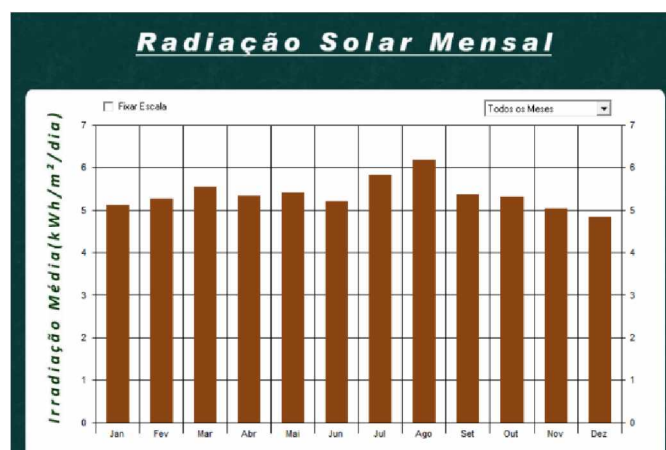
Ao iniciar o programa RADIASOL 2 é possível inserir os dados desejados, e inicialmente o cenário 1 foi simulado, primeiramente foi selecionada a cidade de Patos de Minas, na sequência foi inserido um desvio azimutal em 0 (zero), e considerou-se o painel solar em direção do Norte, indicando ainda a inclinação do telhado onde o painel será instalado. Após inserir os dados, a tela principal do programa, como mostra a figura 4.5, mostra em forma de gráficos de barras algumas informações sobre a localidade escolhida de acordo com os dados que foram inseridos, observa-se temperaturas, radiação e umidade relativa.

Figura 4.5 – Entrada de dados cenário 1.

Fonte: RADIASOL2 [23].

A figura 4.6, mostra o gráfico de barras, radiação solar mensal, gerado pelo programa, o qual indica a quantidade de irradiação média em cada mês do ano. Observa-se, para este primeiro cenário, uma sutil variação da radiação ao longo do ano, ou seja, a geração de energia será quase que constante durante todo o ano, destaca-se os meses de julho e agosto, que possuem uma radiação um pouco maior.

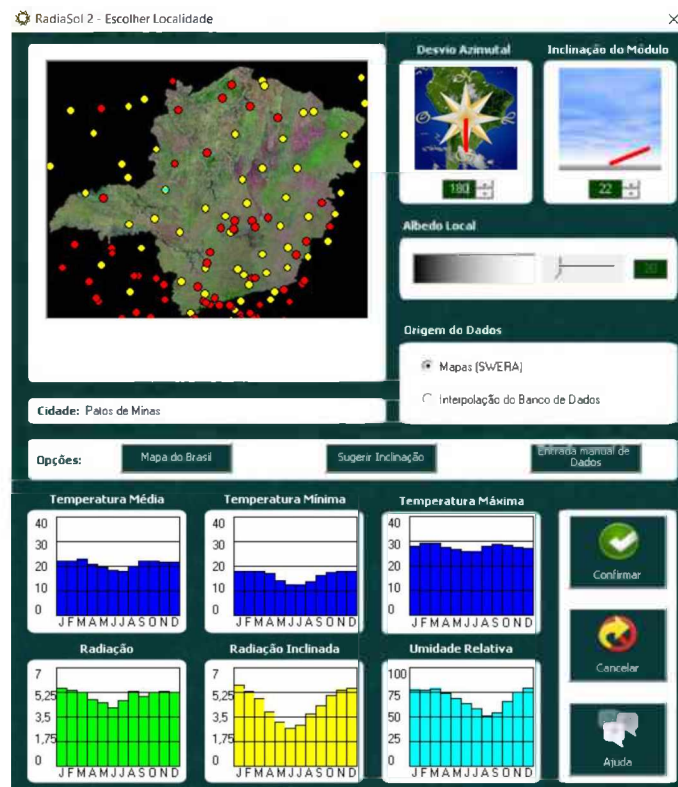
Figura 4.6 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 1.



Fonte: RADIASOL2 [23].

Na sequência do projeto, o cenário 2 foi ajustado, selecionada novamente a cidade de Patos de Minas, mudando o desvio azimutal para 180 (cento e oitenta), considerando agora o painel solar em direção do Sul e mantendo a inclinação do telhado empregada anteriormente. Observa-se na figura 4.7, a alteração de um dos gráficos da tela inicial, quando comparamos com a tela do primeiro cenário, tal alteração é devido a diferente configuração de desvio azimutal.

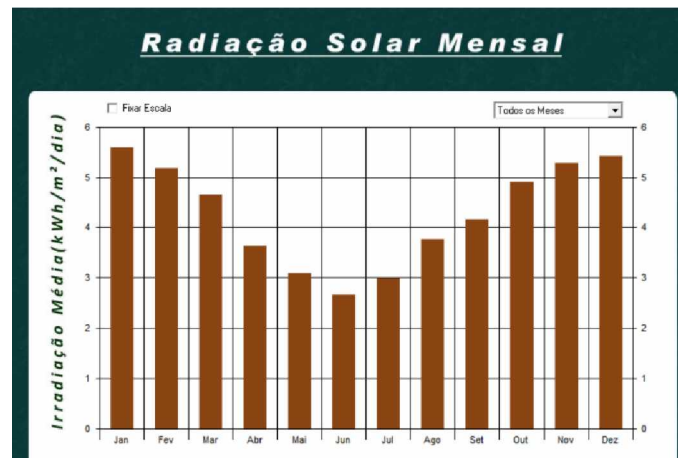
Figura 4.7 – Entrada de dados cenário 2.



Fonte: RADIASOL2 [23].

A figura 4.8 mostra o gráfico radiação solar mensal, gerado para o cenário 2, o qual indica a quantidade de irradiação média em cada mês do ano. Observa-se notoriamente a grande variação da radiação durante os meses do ano, com menores irradiações no mês de junho e maiores nos meses de janeiro e dezembro. Esta variação produz uma diferente geração de energia em cada mês do ano. Repara-se a diferença dos gráficos de barras dos cenários 1 e 2, cenários os quais, a orientação azimutal do painel solar são diferentes.

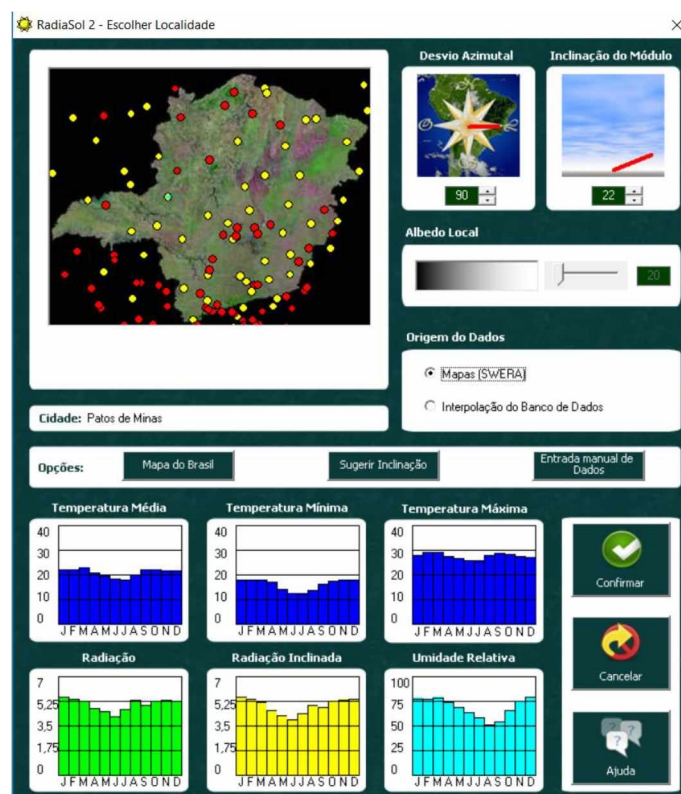
Figura 4.8 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 2.



Fonte: RADIASOL2 [23].

Finalmente, o cenário 3 foi simulado, neste caso, ainda mantendo a cidade de Patos de Minas, mudando o desvio azimutal para 90 (noventa), considerando o painel solar em direção do Leste e inclinação do telhado mantida a mesma. Na figura 4.9, nota-se que houve novamente alteração em um dos gráficos da tela, comparando com os cenários anteriores, devido a diferente posição do painel.

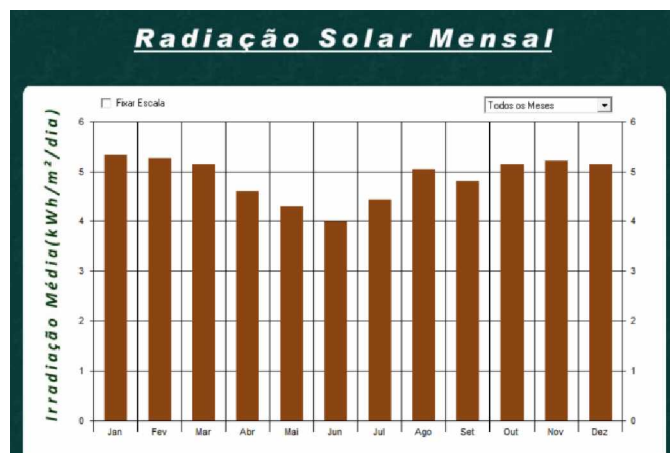
Figura 4.9 – Entrada de dados cenário 3.



Fonte: RADIASOL2 [23].

O gráfico de barras gerado para o cenário 3, também mostra a quantidade de irradiação média em cada mês do ano. Neste caso, observa-se uma variação considerável, não quanto ao cenário 2, mas ainda influenciará na diferente geração de energia em cada mês do ano. A figura 4.10 mostra a radiação solar mensal, onde o mês de junho possui a menor radiação e os meses de janeiro e fevereiro a maior radiação do ano.

Figura 4.10 – Gráfico de barras, Irradiação Média de todos os meses do ano do cenário 3.



Fonte: RADIASOL2 [23].

O programa RADIASOL 2 também gera tabelas com os dados de irradiação média por dia de cada mês do ano, as tabelas originadas do programa foram tratadas e transformadas em uma nova tabela, a tabela 4.4, esta mostra a irradiação de cada mês para os três cenários propostos. Nota-se no primeiro cenário uma pequena variação dos valores, uma variação média no cenário 3 e uma grande variação dos valores no cenário 2. Mais uma vez mostrando que a orientação do painel interfere na eficiência do sistema de energia fotovoltaica.

Tabela 4.4: Irradiação média de cada mês do ano para os três cenários.

MÊS	IRRADIAÇÃO CENÁRIO 1 (KWh/m ² /dia)	IRRADIAÇÃO CENÁRIO 2 (KWh/m ² /dia)	IRRADIAÇÃO CENÁRIO 3 (KWh/m ² /dia)
JANEIRO	5,11	5,6	5,32
FEVEREIRO	5,31	5,24	5,32
MARÇO	5,57	4,65	5,09
ABRIL	5,34	3,72	4,6
MAIO	5,4	3,1	4,23
JUNHO	5,22	2,68	3,96
JULHO	5,81	2,98	4,43
AGOSTO	6,19	3,79	5,06
SETEMBRO	5,38	4,15	4,81
OUTUBRO	5,33	4,94	5,15
NOVEMBRO	5,01	5,27	5,14
DEZEMBRO	4,84	5,41	5,18

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados do RADIASOL 2 [24].

As informações da tabela 4.4 possibilitou calcular a média anual da irradiação para os cenários sugeridos, sendo os dados mostrados da tabela 4.5. Houve uma grande variação da Hora Solar Pico diante os cenários, comprovando a importância da orientação azimutal do painel solar.

Tabela 4.4: Irradiação média anual para os três cenários.

CENÁRIO	HSP (KWh/m ² /dia)
1	5,38
2	4,29
3	4,86

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados da tabela 3.

Diante destas possibilidades, a escolha dos cenários deve-se ao que trará maior eficiência para o projeto, escolhe-se assim o cenário 1 que possui a melhor Hora Solar Pico, e uma amena variação na geração de energia durante o ano.

4.3.3 Escolha dos equipamentos

Além das especificações técnicas de cada equipamento um fator comum levado em consideração foi custo/benefício, não optando apenas pelo mais barato, e sim analisando a vida útil do equipamento, suporte e garantia. Foram levadas em considerações também as certificações que os equipamentos possuem, como, por exemplo, a certificação do INMETRO.

4.3.3.1 Módulo fotovoltaico

A escolha do módulo foi feita de acordo com as características e especificações técnicas, como eficiência, tensão máxima, corrente em máxima potência, variação de potência, coeficiente de temperatura, material utilizado na fabricação, dimensão. Neste sentido, o modelo foi escolhido, mostrado na figura 4.11. Tal módulo é fabricado com silício poli cristalino.

Figura 4.11 – Módulo fotovoltaico.



Fonte: Folha de especificações técnicas ANEXO B.

E a tabela 4.6 mostra as principais características do mesmo, sendo estas obtidas na ficha técnica do equipamento, que se encontra no ANEXO B.

Tabela 4.6: Principais especificações do módulo.

GRANDEZA	INICIAL
Potência Máxima (P_m)	330 W
Tensão para Potência Máxima (V_{mp})	37,2 V
Corrente para Potência Máxima (I_{mp})	8,88 A
Tensão de Curto-circuito (V_{oc})	45,6 V
Corrente de Curto-circuito (I_{sc})	9,45 A

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados do ANEXO B.

O módulo possui uma eficiência de 96%, a uma temperatura de $25^{\circ}C$, alterando a eficiência em regiões em que a temperatura é diferente. A variação da temperatura interfere na potência máxima do equipamento, havendo uma compensação de $-0.41\%/^{\circ}C$.

É importante mencionar que, este equipamento está na lista atualizada do INMETRO, possuindo homologação [27].

4.3.3.2 Inversor e caixa de proteção

A escolha do inversor foi feita de acordo com as especificações técnicas, sendo este dependente das características do sistema que será instalado. O inversor precisa atender a potência máxima de geração quando funcionando no momento de maior geração. Pelo fato do projeto de sistema fotovoltaico poder sofrer uma expansão futura, deve-se escolher um inversor que possua uma maior capacidade de potência suportada. Assim foi escolhido um modelo sendo este, do tipo *grid tie*, ou seja, específico para sistemas conectados à rede. A figura 4.12 mostra o equipamento supracitado.

Figura 4.12 – Inversor *grid tie*.

Fonte: Folha de especificações técnicas ANEXO C, modificada pela autora.

As principais características do inversor são apresentadas na tabela 4.7. Destaca-se, a eficiência de 95,9%, e, novamente tomou-se o cuidado de constatar se o referido equipamento está na lista de certificação do INMETRO [27].

Tabela 4.7: Principais especificações do inversor.

GRANDEZA	VALOR
Tensão Máxima de entrada (V_{ip})	420 V
Corrente Máxima de entrada (I_{im})	13,3 A
Tensão de entrada nominal (U_{id})	260 V
Tensão Nominal de entrada (V_{ie})	420 V
Potência nominal AC (P_{iac})	1,5 W
Potência máxima de saída (P_{is})	1,5 VA
Corrente de saída AC (I_{is})	6,5 A
Faixa de Frequência (F_i)	45 - 65 Hz

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados do ANEXO C.

A caixa de proteção é o equipamento utilizado para proteger o sistema, precisa-se de caixa de proteção de corrente contínua para proteção do inversor, nela chega todo o circuito de corrente continua vinda do painel fotovoltaico que é conectado ao inversor. E caixa de proteção de corrente alternada para proteger o circuito elétrico interno da moradia. As caixas de proteção possuem chaves seccionadoras, fusíveis, disjuntores e dispositivos contra surtos. A escolha de marca e modelo do equipamento se deve as características e configurações dos dispositivos de proteção que a *stringbox* possui.

A figura 4.13, mostra uma caixa de proteção de corrente contínua.

Figura 4.13 – Caixa de Proteção.



Fonte: Folha de especificações técnicas ANEXO D, modificada pela autora.

4.3.3.3 Relógio bidirecional

O relógio bidirecional é o registrador da energia injetada na rede e da energia que é utilizada da concessionária, a escolha deste equipamento é realizada de acordo com as especificações técnicas como tensão nominal e máxima corrente. A responsabilidade da troca do equipamento das residências geralmente é da concessionária de energia.

A figura 4.14 mostra um modelo de relógio bidirecional.

Figura 4.14 – Relógio bidirecional.



Fonte: Folha de especificações técnicas ANEXO E, modificada pela autora.

A tabela 4.8 indica algumas das principais informações técnicas do equipamento.

Tabela 4.8: Principais especificações do relógio bidirecional.

GRANDEZA	VALOR
Tensão Nominal	230 - 240 V
Corrente Máxima	1 x 63 A
Consumo de Energia	1,5 W

Fonte: Tabela feita pela autora, dados retirados do ANEXO E.

4.3.4 Potência mínima do sistema (P)

A potência mínima de geração do projeto é a potência necessária para suprir o consumo da família, com a intenção de não precisar consumir energia da distribuidora.

A potência mínima do sistema é encontrada dividindo a potência mínima de consumo E_p pela quantidade de horas de pico solar HSP multiplicada pela eficiência global do sistema. A tabela 4.9 apresenta os resultados para os três cenários propostos.

Tabela 4.9: Resultados da potência mínima.

CENÁRIO	E_p (kWh/dia)	HSP (kWh/m ² /dia)	P (kW _p)
1	2,3	5,38	0,57
2	2,3	4,29	0,71
3	2,3	4,86	0,63

Fonte: Tabela feita pela autora.

4.3.5 Compensando a potência do módulo

Para um dimensionamento mais eficiente precisa-se compensar os valores dos equipamentos informados nas folhas de especificações técnicas, cujo valores são encontrados em laboratórios em condições ideais ou próximas das ideias. Quando o sistema está em operação, geralmente durante as horas de pico solar a temperatura ambiente se encontra em máxima temperatura ambiente, considera-se então para os cálculos de compensação a temperatura ambiente máxima da região de onde o sistema solar será instalado.

A potência do módulo fotovoltaico informada na folha de especificações técnicas foi obtida em temperatura de 25°C , quando o sistema está em operação existe a variação da potência devido a diferença de temperatura ambiente.

Consultando o banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), obteve-se a temperatura ambiente máxima da cidade de Patos de Minas, a temperatura máxima é de 29°C [28]. Observa-se a diferença de 4°C .

Fazendo a compensação de $-0.4\%/^{\circ}\text{C}$, informação que se encontra na folha de especificações técnicas do módulo, presente no ANEXO B.

Para uma $P_m = 0,330\text{kW}$. Obteve-se $P_{cm} = 0,325\text{ kW}$.

4.3.6 Números de módulos (N)

O numero de módulos fotovoltaicos que formam o painel do sistema de energia renovável, são obtidos pela divisão da potência mínima de geração P , pela potência compensada do modulo P_{cm} .

Os cálculos foram realizados para os três cenários e apresentados da tabela 4.10. Fazendo uma aproximação dos resultados, teremos $N = 2$ nos cenários 1 e 3, dois módulos serão suficientes para suprir a demanda de consumo da residência popular. E para o cenário 2 teremos $N = 3$, será preciso uma placa a mais em comparação aos demais cenários para suprir as demandas de consumo, isso se deve a orientação dos painéis, onde estão direcionados para o Sul e as horas de pico solar é menor.

Tabela 4.10: Resultados do número de módulos.

CENÁRIO	P (kW _p)	P_{cm}	N
1	0,57	0,325	1,75
2	0,71	0,325	2,18
3	0,63	0,325	1,94

Fonte: Tabela feita pela autora.

4.3.7 Associação dos módulos

O circuito pode ser organizado em série, paralelo ou série e paralelo, obtendo níveis de tensão e corrente dentro do limite das características do inversor [9].

4.3.7.1 Associação em série

A associação em série deve atender o limite de tensão do inversor, tensão máxima do inversor V_{ip} . É possível identificar a quantidade máxima de módulos em série dividindo a máxima tensão de entrada do inversor pela máxima tensão de curto-circuito V_{oc} compensada do módulo.

A variação da temperatura interfere também na V_{oc} do módulo, havendo uma compensação de $-0,31\%/^{\circ}C$, valor encontrado na folha de especificações técnicas, ANEXO C. Para o cálculo foi usado o valor de tensão de curto circuito $V_{oc} = 45,6 V$ do módulo e utilizando novamente a temperatura máxima é de $29^{\circ}C$.

O valor compensado da máxima tensão de curto-circuito é $V_{oc} = 45,03 V$.

Então utilizaremos $V_{ip} = 420 V$ dividido por $V_{oc} = 45,03 V$, o número máximo de módulos em série calculado é aproximadamente 9.

4.3.7.2 Associação em paralelo

Para a associação em paralelo agora deve-se observar o limite de corrente do inversor. Identifica-se a quantidade máxima de associações em paralelo dividindo a máxima corrente de curto-circuito I_m do inversor pela corrente de curto-circuito I_{sc} compensada do módulo.

A variação da temperatura interfere também na I_{sc} do módulo, havendo uma compensação de $-0,053\%/^{\circ}C$, valor também encontrado na folha de especificações técnicas, ANEXO C. Para o cálculo foi usado o valor de tensão de curto circuito $I_{sc} = 9,45 A$ e utilizando novamente a temperatura média anual é de $29^{\circ}C$.

O valor compensado da corrente de curto-circuito é $I_{sc} = 8,43 A$.

Então utilizaremos $I_m = 20 A$, dividido por $I_{sc} = 8,43 A$, o número máximo de associações em paralelo calculado é aproximadamente 2.

Com os valores máximos de associações pode-se definir a configuração do circuito para o projeto, os três cenários propostos não atingem o valor máximo de associações em série, uma vez que se tem o projeto com 2 (dois) módulos para os cenários 1 e 3, e 3 (três) módulos para os cenário 2, então foi definido associações em série para o projeto.

4.3.8 Área ocupada pelo painel solar

Precisa-se saber a área ocupada pelo painel para verificar se a área do telhado da residência popular que é de 83,65 m², irá comportar a quantidade de módulos solares definida pelo projeto. As informações de dimensões de cada modulo encontra-se na folha de especificação técnica, ANEXO B, com essas informações calcularemos a área de cada placa. A tabela 4.11, mostra a área ocupada por cada cenário. Conclui-se que existe área disponível pra o painel.

Tabela 4.11: Área ocupada pelo painel solar.

CENÁRIO	QUANTIDADE DE MÓDULOS	ÁREA DO MÓDULO (m ²)	ÁREA TOTAL (m ²)
1	2	1,9	3,8
2	3	1,9	5,7
3	2	1,9	3,8

Fonte: Tabela feita pela autora.

4.3.9 Levantamento financeiro

Para complementar o trabalho proposto foi feito uma pesquisa de mercado para realizar o levantamento financeiro deste projeto. Lembrando que o intuito do trabalho é um projeto para construtoras, onde fornecem casas populares do programa MCMV, já com o sistema fotovoltaico instalado e não para o cliente final, no caso o morador da casa popular, investir em um sistema solar.

As cotações foram feitas em distribuidores das marcas escolhidas. A tabela 4.12, mostra o levantamento financeiro para o cenário 1 e 3, cujo possuem a mesma quantidade de equipamentos, os valores de cada equipamento são especificados, valor estimado de 25% do valor do projeto para mão de obra, instalação e configuração do sistema solar, e finalmente, o valor total do projeto para o cenário 1 e 3.

Tabela 4.12: Levantamento financeiro para os cenários 1 e 3.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	SUB TOTAL
Modulo fotovoltaico	2	R\$ 739,00	R\$ 1.478,00
Inversor	1	R\$ 2.499,00	R\$ 2.499,00
Caixa de proteção	2	R\$ 174,00	R\$ 348,00
MDO, Instalação e Conf	1	R\$ 1.081,25	R\$ 1.081,25
VALOR TOTAL			R\$ 5.406,25

Fonte: Tabela feita pela autora.

A tabela 4.13, mostra o levantamento financeiro para o cenário 2, os valores de cada equipamento são mostrados, juntamente com o valor estimado de 25% do valor do projeto para mão de obra, instalação e configuração, e finalmente, o valor total do projeto para o cenário 2.

Tabela 4.13: Levantamento financeiro para o cenário 2.

EQUIPAMENTO	QUANTIDADE	VALOR UNITÁRIO	SUB TOTAL
Modulo fotovoltaico	3	R\$ 739,00	R\$ 2.217,00
Inversor	1	R\$ 2.499,00	R\$ 2.499,00
Caixa de proteção	2	R\$ 174,00	R\$ 348,00
MDO, Instalação e Conf.	1	R\$ 1.266,00	R\$ 1.266,00
VALOR TOTAL			R\$ 6.330,00

Fonte: Tabela feita pela autora.

Ressalta-se que os equipamentos de cada projeto são alterados de acordo com a demanda, ou do local a ser instalado. O valor apresentado, aqui neste trabalho, é uma estimativa, podendo assim haver muitas possibilidades de equipamentos e custos para outros projetos.

Neste trabalho não será realizado o tempo de retorno do investimento do sistema solar, pois não se trata do investimento do morador.

4.3.10 Projeto Fotovoltaico de uma casa popular do Programa MCMV

Finalmente o dimensionamento do projeto foi realizado, a escolha dos equipamentos foi feita, assim como as associações dos módulos e o levantamento financeiro. A figura 4.15, 4.16 e 4.17 apresentam o esquema dos equipamentos e das ligações do projeto de energia solar para uma casa popular do programa MCMV.

4.3.10.1 Cenário 1

O projeto fotovoltaico diante deste primeiro cenário é composto pela configuração:

Cidade: Patos de Minas.

Inclinação: 22° .

Orientação: NORTE.

Equipamentos:

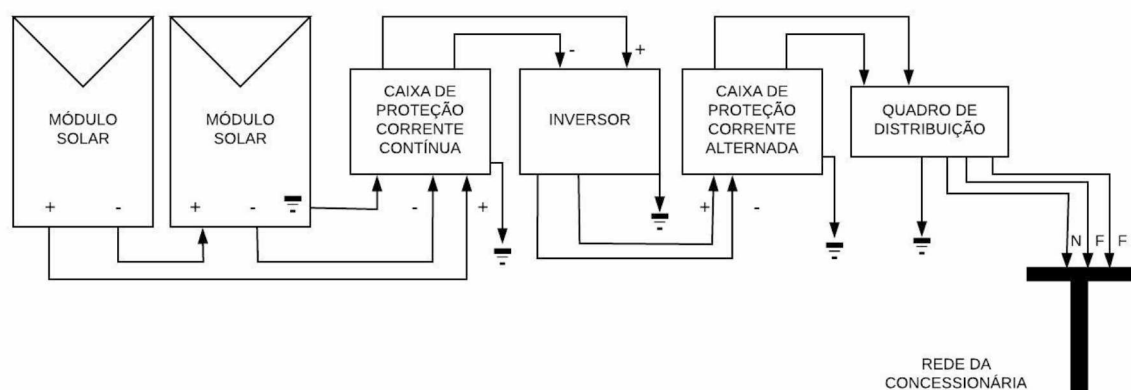
- 2 módulos solar policristalino, 330W;
- 1 inversor 1,5kW;
- 1 *stringbox* corrente contínua e 1 *stringbox* corrente alternada.

Associação: Associação em série.

Valor do projeto: R\$ 5.406,25.

Esquemático definido na figura 4.15.

Figura 4.15 – Esquemático do projeto, para o cenário 1.



Fonte: Figura feita pela autora.

4.3.10.2 Cenário 2

O projeto fotovoltaico para o cenário 2 é composto pela configuração:

Cidade: Patos de Minas.

Inclinação: 22°.

Orientação: SUL.

Equipamentos:

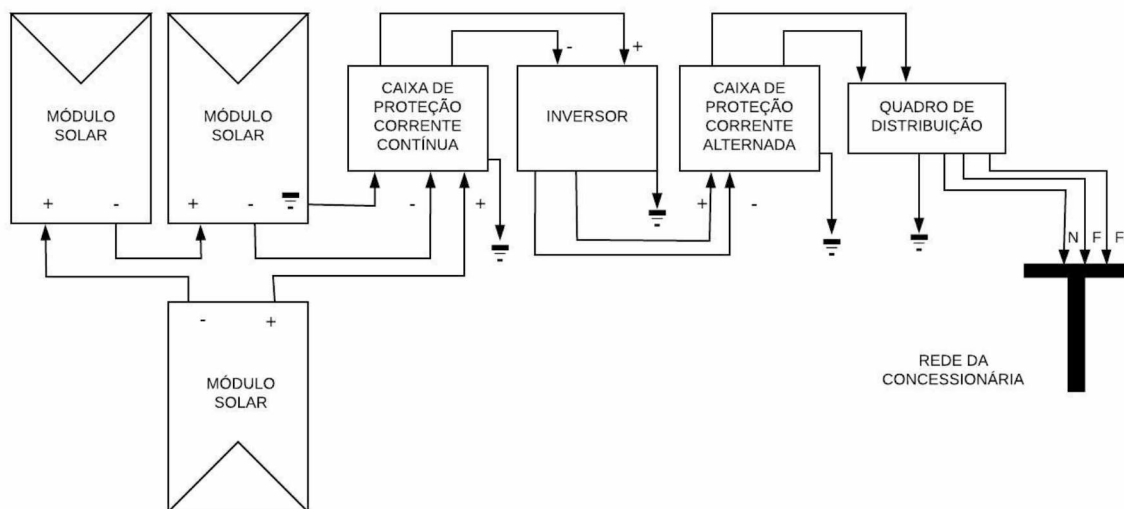
- 3 módulos solar policristalino, 330W;
- 1 inversor 1,5kW;
- 1 *stringbox* corrente contínua e 1 *stringbox* corrente alternada.

Associação: Associação em série.

Valor do projeto: R\$ 6.330,00.

Esquemático definido na figura 4.16.

Figura 4.16 – Esquemático do projeto, para os cenários 2.



Fonte: Figura feita pela autora.

4.3.10.3 Cenário 3

O projeto fotovoltaico para o cenário 3 é composto pela configuração:

Cidade: Patos de Minas.

Inclinação: 22°.

Orientação: LESTE.

Equipamentos:

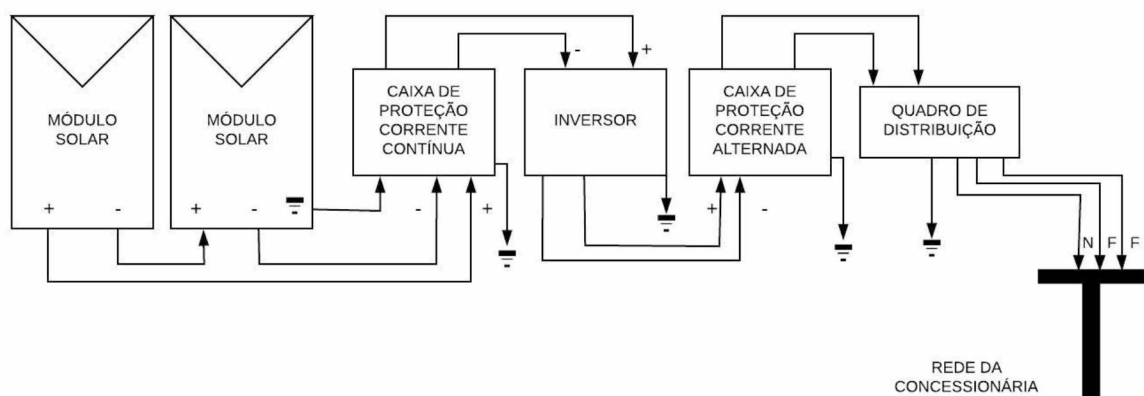
- 2 módulos solar policristalino, 330W;
- 1 inversor 1,5kW;
- 1 *stringbox* corrente contínua e 1 *stringbox* corrente alternada.

Associação: Associação em série.

Valor do projeto: R\$ 5.406,25.

Esquemático definido na figura 4.17.

Figura 4.17 – Esquemático do projeto, para os cenários 3.



Fonte: Figura feita pela autora.

4.3.11 Registro CEMIG

Após o sistema instalado na casa, em sistemas conectados à rede, *On Grid*, precisa-se fazer a conexão com a rede de distribuição de energia local. Para conectar o sistema solar à rede, precisa ser realizado um requerimento a concessionária da cidade, é solicitado documentações sobre o projeto, um responsável da concessionária visita ao local, o projeto sendo aprovado é feito a ligação à rede. [29]

Na cidade de Patos de Minas, a concessionária é a CEMIG, esta requiere a solicitação de Geração Distribuída. A primeira fase é o formulário preenchido no site da CEMIG, informando dados pessoais do proprietário, o tipo de geração, documentação do projeto e solicitam um profissional registrado no Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA), como responsável pelo projeto.

Alguns dos documentos solicitados são: formulário para cadastro da instalação receptora de créditos, formulário informações básicas de geração distribuída, memorial descritivo do sistema.

4.4 Casos de sucesso

O Programa Casa Solar da Agência Goiana de Habitação incorporou tecnologia e sustentabilidade nas casas populares dos participantes dos programas habitacionais realizado pelo Estado do Goiás. O Estado Goiano foi o primeiro dos estados brasileiros a ter um conjunto habitacional com energia solar. Os moradores receberam suas casas com o sistema fotovoltaico instalado. Inicialmente foram 149 moradias e a meta é 1.200 moradias entregues até o final do ano em todo o Estado. A economia da conta de luz dos moradores pode chegar a 70%. Além de oferecer economia e sustentabilidade o programa Casa Solar oferece capacitação técnica certificada de instalação e manutenção de painéis fotovoltaicos, promovendo a inclusão social. E também a conscientização dos moradores com palestras estimulando-os a terem práticas sustentáveis. [29]. Devido ao seu grande sucesso o programa se tornou referência no Brasil e foi modelo para o governo federal criar a Portaria Nº 643 que exige geração de energia solar nas casas do programa MCMV [31].

Outro caso de sucesso foram dois condomínios vizinhos formados por conjuntos habitacionais do programa MCMV, em Juazeiro no estado da Bahia, com aproximadamente 5 mil moradores, o qual recebeu um sistema fotovoltaico que se transformou na maior micro usina de geração de energia solar do país. Os benefícios devido a geração de energia, que as famílias receberam

foram inúmeros, ressalta-se as melhorias nos condomínios, como criação de um centro comunitários para os moradores com aulas de informática, atendimento médico e odontológico e extinção da taxa de condomínio. Outro benefício foi a oportunidade de trabalho para os moradores na instalação do sistema solar [32].

4.5 Benefícios

Entre os principais benefícios que a energia solar oferece se destaca a economia financeira. A geração durante o dia da própria energia de consumo e a geração do excedente para compensar o uso quando não há luz solar gera créditos energéticos que reduz o valor da conta de luz. Muito importante é um projeto bem elaborado, feito com dimensionamento eficiente para atender corretamente as necessidades de consumo de energia elétrica da residência.

A energia solar é uma energia renovável, sustentável, limpa e barata. É proveniente de um elemento da natureza o sol, ele está sempre disponível e se renovando a cada dia. Gera energia sem resíduos, nenhum dano ao meio ambiente e não provoca poluição. Seus benefícios continuam colaborando com o futuro garantindo qualidade de vida a médio e longo prazo. O gasto com o sistema fotovoltaico é apenas o investimento inicial em equipamentos e não há gastos futuros com manutenção.

Em 2016 as energias renováveis empregaram de 9.8 milhões de pessoas, a energia solar foi a energia renovável que mais empregou, foram quase 3,1 bilhões de empregos gerados, apresentou um crescimento de 12%. O Brasil junto com outros cinco países foi citado entre os que mais geraram empregos [33].

No Brasil, há uma grande demanda do sistema nacional de energia que podem gerar algumas crises energéticas. E como a matriz energética do país é composta pela maior parte de hidrelétricas que também são atingidas com crises hidrológicas a energia solar é uma alternativa segura para gerar energia [3] [34].

4.6 Crescimento da Energia Fotovoltaica

No ano de 2016 houve um crescimento mundial significativo da energia renovável, o crescimento foi maior que outras fontes de energia. A energia solar teve um crescimento de 50% atingindo 74GW. Esse crescimento gera previsões otimistas em atingir 740GW até 2022 [35].

Parte desse crescimento se deve a redução de custo dos sistemas onde também há previsão de reduções contínuas devido a competitividade de mercado e aos avanços tecnológicos, gerando-se a previsão de um maior crescimento futuro no setor [10] [11].

No Brasil aconteceu um crescimento de 300%, atualmente há 15mil casa e prédios com sistemas fotovoltaicos. E a previsão é de fechar o ano de 2017 com 1MW instalados e um crescimento de 325% [36].

Um dos principais fatores que contribui com o crescimento da energia solar no Brasil é o incentivo governamental principalmente em âmbito federal, melhorando condições de financiamento, criando programas específicos, incentivos fiscais, incentivando a população a instalarem sistemas solares em suas residências [34].

4.7 Considerações finais

Este capítulo mostrou os resultados, as discussões do trabalho apresentando, o projeto de energia fotovoltaica para uma casa popular em três cenários distintos, casos de sucesso, benefícios e crescimento da energia solar no mundo e no Brasil. O próximo e último capítulo aborda a conclusão, contribuições deste trabalho e os trabalhos futuros.

5 CONCLUSÃO, CONTRIBUIÇÕES DESTE TRABALHO E TRABALHOS FUTUROS

Neste trabalho foi apresentado o projeto fotovoltaico direcionado a uma habitação popular, a utilização da energia solar é uma oportunidade de consumo sustentável e econômico. O conhecimento básico que envolve sistemas fotovoltaicos foi apresentado, assim como os materiais e métodos necessários para o dimensionamento do projeto. Resultados do projeto foram apresentados juntamente com as discussões sobre o assunto abordado.

O objetivo deste trabalho é especificar um sistema de energia fotovoltaica para alimentação de unidade habitacional do programa MCMV, indicando os benefícios de sua utilização. O objetivo foi concluído,

Para desenvolvimento do trabalho foi proposto a elaboração de três projetos com configurações diferentes para uma mesma residência. Assim foi possível analisar diferentes situações para a escolha do projeto que levaria a uma melhor viabilidade econômica e eficiência para a auto geração de energia solar. Entre as situações propostas no trabalho, observamos que o cenário ideal é utilizar a orientação Norte, assim garante o melhor aproveitamento do sistema fotovoltaico para geração de energia.

Foi realizado o estudo dos equipamentos, analisando suas funções e importância de cada um. A escolha destes, para atender a demanda especificada, foi realizada analisando a qualidade, custo-benefício, dados técnicos e certificações do INMETRO. Diferentes marcas e modelos podem ser escolhidas afetando diretamente o custo financeiro do projeto.

O custo financeiro foi elaborado utilizando cotações de distribuidores das marcas escolhidas, foi exposto o valor de cada equipamento e uma estimativa de mão de obra e instalação do sistema. O tempo de retorno do investimento não foi apresentado por se tratar de um investimento para as construtoras de casas populares, a intenção é do morador adquirir sua casa com o sistema de energia solar em funcionamento.

O projeto foi desenvolvido da melhor forma para atender a família moradora da casa popular garantindo a eles usufruir de todos os benefícios que o sistema pode proporcionar. Vale ressaltar que será viável às famílias de baixa renda adquirirem a sua casa própria com a energia fotovoltaica instalada.

Para trabalhos futuros sugiro um estudo sobre o projeto de circuito elétrico de uma residência popular com geração de energia solar. Outra sugestão, seria o estudo de uma rede elétrica para condomínios ou bairros, composto por casas populares geradoras de energia solar, prevendo se a rede da distribuidora suporta a potência de geração dessas casas durante o horário de pico.

Este trabalho tem o intuito de colaborar com o crescimento da energia solar no Brasil, com o incentivo do governo e do programa MCMV. A demanda de instalações dos sistemas fotovoltaicos voltado para casas populares movimentará o mercado de energia solar colaborando com o crescimento da energia renovável.

REFERÊNCIAS

- [1] Programa Minha Casa Minha Vida - MCMV Disponível em: <<https://www.minhacasaminhavidagov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcmv>> Acesso em 02 Nov. 2017.
- [2] ANEEL – Agencia Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>> Acesso em 01 Out. 2017.
- [3] Autoridades Discutem Projeto de Implantação de Energia Solar em Casas Populares de São Paulo, AMBIENTE ENERGIA. Disponível em: <<https://www.ambienteenergia.com.br/index.php/2017/04/autoridades-discutem-projeto-de-implantacao-de-sistema-de-energia-solar-em-casas-populares-de-sao-paulo/31520>> Acesso em 08 Out. 2017.
- [4] Em Sete Anos Minha Casa Minha Vida Entrega mais de 1.000 casas por dia. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/03/em-sete-anos-minha-casa-minha-vida-entrega-mais-de-1-000-casas-por-dia>> Acesso em: 20 Out. 2017.
- [5] PORTARIA Nº 643, DE 13 DE NOVEMBRO DE 2017 - Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009.
- [6] BlueSol Energia Solar, INTRODUÇÃO A ENERGIA SOLAR. Disponível em: <www.blue-sol.com> Acesso em 28 Set. 2017.
- [7] Renováveis, CRESCE EMPREGO NA ÁREA DE ENERGIA RENOVÁVEIS. Revista Setor Elétrico, Ano 11, Ed.126, julho 2016. Pg 53.
- [8] FERREIRA, Maria Julita Guerra. INSERCAO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL. 1993. Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. (FERREIRA 1993)
- [9] Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, CRESESB. MANUAL DE ENGENHARIA PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS. Edição Revisada e Atualizada. Rio de Janeiro, 2004.
- [10] Portal solar – PLACA SOLAR PREÇO. Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/placa-solar-preco.html>> Acesso em 01 Out. 2017.
- [11] *International Renewable Energy Agency (IRENA). Letting in the Light - How Solar Photovoltaics will Revolutionise the Electricity System, 2016.*
- [12] DO NASCIMENTO, Cássio Araújo. PRINCÍPIO DE FUNCIONAMENTO DA CÉLULA FOTOVOLTAICA. 2004. Tese de Doutorado. Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2004. (DO NASCIMENTO 2004).
- [13] *International Energy Agency – IEA. TECHNOLOGY ROADMAP - SOLAR PHOTOVOLTAIC ENERGY, OECD Publishing, Paris, 2010.*
- [14] RIBEIRO, César Henrique Maciel. IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA. 2012. Monografia de graduação em Engenharia de Controle e Automação – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, julho 2012. (RIBEIRO 2012).
- [15] Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015. - altera Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012 – atualizada em 25 de maio de 2017. Agencia Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

- [16] Resolução Normativa Nº 482, de 17 de abril de 2012 – atualizada em 25 de maio de 2017. Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.
- [17] HECKTHEUER, Lúcio Almeida. ANÁLISE DE ASSOCIAÇÕES DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. 2001.
- [18] OLIVEIRA, Dalcione Marcos de; SANTOS, Erika Helen dos; SILIDONIO JUNIOR, Luiz Carlos. IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL GRID TIE. 2017.
- [19] Atlas de Energia do Brasil - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - 2ª Ed, Brasília, 2005.
- [20] MAGNOLI, D.; SCALZARETTO, R. Geografia, espaço, cultura e cidadania. São Paulo: Moderna, 1998. v. 1
- [21] CRESESB - Centro de Referência em Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata&>> Acesso em 01 Out. 2007.
- [22] ATLAS Solarimétrico do Brasil. Recife : Editora Universitária da UFPE, 2000.
- [23] RIBEIRO, Gustavo Feyh. Sistema computacional para geração de dados horários de radiação solar. Salão de Iniciação Científica (17.: 2005: Porto Alegre, RS). Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 2005.
- [24] RADIASOL2 - SOFTWARE PARA SINTETIZAR DADOS DE RADIAÇÃO SOLAR, KRENZINGER, Arno. CARVALHO, Rodrigo Bugs. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Energia Solar/PROMEC. IV *Conferencia Latino Americana de Energía Solar (IV ISES CLA)* y XVII *Simpósio Peruano de Energía Solar (XVII –SPES)*, Cuzco, 1-5.11.2010.
- [25] CASA PRIMAVERA, Arquiteta Elaudia Dan, Arquiteta Elisangela Fantin, Engenheiro Alan Dias, Arquiteto Rodrigo Queiroz Cabral. Plantar Empreendimentos e Produtos Florestais Ltda e Montana Química S.A. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/Publicacoes2/Sistema-Contrutivo-Amaru/Projetos/Casa-Primavera>> Acesso em 03 Nov. 2017.
- [26] Especificações Técnicas do MCMV - Portaria nº 146 de 26 de abril de 2016. Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/233108-empresendimentos-destinados-u-aquisiuuo-e-alienauuo-com-recursos-advindos-da-integralizauuo-de-cotas-no-fundo-de-arrendamento-residencial-far-e-contratauu-de-operaues-com-recursos-transfe.html>> Acesso em: 03 Nov. 2017.
- [27] Modelos de equipamentos fotovoltaicos etiquetados pelo INMETRO. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/sistema-fotovoltaico.asp>> Acesso em 10 Mai. 2018.
- [28] Normais Climatológicas do Brasil, Temperaturas Máximas, INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>> Acesso em: 26 de Abr. 2018.
- [29] Manual de Geração Distribuída, Tutorial de Acesso de Serviço de Micro/Minegeração da Agência Virtual CEMIG Atende. Disponível em: <http://www.cemig.com.br/pt-br/atendimento/corporativo/Paginas/micro_minigeracao.aspx> Acesso em 28 Mai. 2018.
- [30] Programa Casa Solar, Agência Goiana de Habitação. Disponível em: <<http://goiassolar.secima.go.gov.br>> Acesso em: 16 Nov. 2017.

- [31] Casa Solar é modelo para o Minha Casa Minha Vida. Disponível em: <<http://www.goiasagora.go.gov.br/casa-solar-e-modelo-para-o-minha-casa-minha-vida-do-governo-federal/>> Acesso em: 23 Nov. 2017.
- [32] Energia solar financia melhorias em condomínios do Minha Casa Minha Vida. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/09/energia-solar-financia-melhorias-em-condominios-do-minha-casa-minha-vida>> Acesso em: 08 Nov. 2017.
- [33] *International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Energy and Employment - Annual Review, 2017.*
- [34] DA ROSA, Antonio Robson Oliveira; GASPARIN, Fabiano Perin. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 7, n. 2, p. 140-147, 2017.
- [35] *Renewables 2017. A new era for solar power; IEA International Energy Agency.*
- [36] Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, ABSOLAR. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/captacao-de-energia-solar-cresce-300-em-ano-de-crise.html>> Acesso em: 14 Nov. 2017.

ANEXO A – Conta de luz utilizada como exemplo para levantamento de consumo.



Cemig Distribuição S.A. CNPJ 06.961.160/0001-16 / Ins. Estadual 062.322.136.0087
Av. Barbacena, 1.200 – 17º andar – Ala A1 – CEP 30150-121 – Belo Horizonte – MG

Acesse o Cemig Atende
www.cemigatende.com.br

Fale com a Cemig 116 | Cemig Torpedo 29810
Tarifa Social de Energia Elétrica - TSEE foi criada pela
Lei nº 10.438, de 20 de abril de 2002

CONDOMÍNIO RESIDENCIAL TERRA NOVA 36700-000 PATOS DE MINAS, MG	Nº DO CLIENTE	Nº DA INSTALAÇÃO
	Referente a MAI/2018	Vencimento 17/06/2018
		Valor a pagar (R\$) 96,74

2ª VIA - CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA

Classe	Subclasse	Modalidade Tarifária	Datas de Leitura			Data de Emissão
Residencial	Residencial	Convencional B1	Anterior	Atual	Próxima	25/05/2018
Bifásico			25/04	25/05	25/06	

Informações Técnicas					
Tipo de Medição	Medição	Leitura Anterior	Leitura Atual	Constante de Multiplicação	Consumo kWh
Energia kWh	APD126095345	7.190	7.299	1	109

Informações Gerais		Valores Faturados			
Tarifa vigente conforme Res Anel nº 2.248, de 23/05/2017. O pagamento desta conta não quita débitos anteriores. Para estes, estão sujeitas penalidades legais vigentes (multas) e/ou atualização financeira (juros) baseadas no vencimento das mesmas. É dever do consumidor manter os dados cadastrais sempre atualizados e informar alterações da atividade exercida no local. Faça sua adesão para recebimento da conta de energia por e-mail acessando www.cemig.com.br . Leitura realizada conforme calendário de faturamento.		Descrição	Quantidade	Tarifa/Preço (R\$)	Valor (R\$)
		Energia Elétrica kWh	109	0,75616754	82,40
		Encargos/Cobranças			
		Contrib Ilum Publica Municipal			11,27
		Multa 2% conta de 04/2018 sobre R\$ 153,84			3,07
		Tarifas Aplicadas (sem impostos)			
		Energia Elétrica kWh		0,50247333	
		Adicional Bandeiras - Já incluído no Valor a Pagar			
		Bandeira Amarela			1,34

NOTIFICAÇÃO DE DÉBITO(S)	
Até 25/05/2018 constava(m) o(s) seguinte(s) débito(s) vencido(s):	
Mês/Ano	Valor (R\$)
A rejeição estará condicionada à inexistência de débitos vencidos na unidade consumidora.	

Histórico de Consumo			
MÊS/ANO	CONSUMO kWh	MÉDIA kWh/Dia	Dias
MAI/18	109	3,63	30
ABR/18	122	4,06	30
MAR/18	117	4,17	28
FEV/18	138	4,31	32
JAN/18	124	4,27	29
DEZ/17	112	3,86	29
NOV/17	137	4,15	33
OUT/17	126	4,34	29
SET/17	119	3,96	30
AGO/17	107	3,24	33
JUL/17	99	3,41	29
JUN/17	126	3,81	33
MAI/17	105	3,75	28

Reservado ao Fisco		
SEM VALOR FISCAL		
Base de cálculo (R\$)	Alíquota (%)	Valor (R\$)
ICMS	-	-
PASEP	-	-
COFINS	-	-

Ouvedoria CEMIG: 0800 726 3838 - Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL - Telefone: 167 - Ligação gratuita de telefones fixos e móveis

Código de Débito Automático 008027498297	Instalação 3011718341	Vencimento 17/06/2018	Total a pagar R\$96,74
83620000000-5 96740138002-7 71051514833-0 08027498297-6			Maio/2018



ANEXO B – Folha de especificações técnicas do módulo solar, alterado pela autora.



MAXPOWER

CS6U- 315 | 320 | 325 | 330P

Os novos módulos policristalinos MAXPOWER da **First Solar** usam a mais recente tecnologia inovadora de célula de cinco barras, aumentando a saída de potência do módulo e a confiabilidade do sistema.

PRINCIPAIS RECURSOS

-  Confiabilidade aprimorada com a tecnologia de célula de 5 barras
-  Eficiência da célula de até 18,8%
-  Excepcional desempenho de baixa irradiação: 96%
-  Caixa de derivação IP67, resistência de longo prazo ao clima
-  Carga de neve pesada até 5.400 Pa, carga de vento até 2.400 Pa



de garantia de saída de potência linear



de garantia do produto em materiais e mão de obra

CERTIFICADOS DE SISTEMA DE GESTÃO*

ISO 9001:2008/Sistema de gestão da qualidade
 ISO/TS 16949:2009/O sistema de gestão de qualidade do setor automotivo
 ISO 14001:2004/Padrões para sistema de gestão ambiental
 OHSAS 18001:2007/Padrões internacionais para saúde e segurança no trabalho

CERTIFICADOS DO PRODUTO*

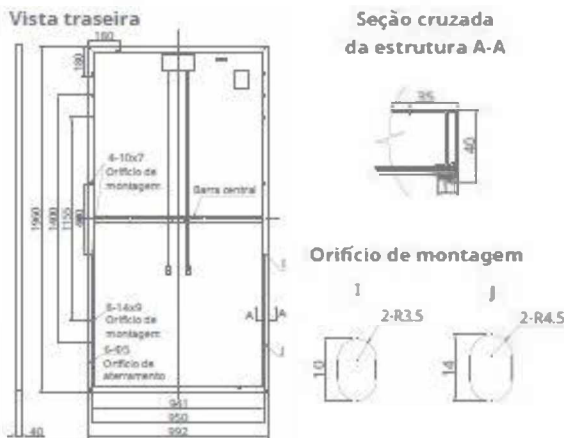
IEC 61215/IEC 61730: VDE/CE
 UL 1703: CSA/IEC 61701 ED2: VDE/IEC 62716: VDE/Take-e-way



* As exigências de certificação são diferentes em cada mercado, portanto solicite a seu representante de vendas local da **First Solar** os certificados válidos para os produtos na região em que eles serão usados.

A **First Solar** **INC.** está comprometida a fornecer produtos solares, soluções de sistemas solares e serviços de alta qualidade para clientes em todo o mundo. Como desenvolvedora de projetos fotovoltaicos e fabricante líder de módulos solares com mais de 15 GW instalados em todo o mundo desde 2001, a **First Solar** **Inc.** (NASDAQ: CSIQ) é uma das empresas de energia solar mais lucrativas do mundo.

DESENHOS DE ENGENHARIA (mm)



DADOS ELÉTRICOS/STC*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Potência nominal máx. (P _{máx})	315 W	320 W	325 W	330 W
Tensão operacional ideal (V _{mp})	36,6 V	36,8 V	37,0 V	37,2 V
Corrente operacional ideal (I _{mp})	8,61 A	8,69 A	8,78 A	8,88 A
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	45,1 V	45,3 V	45,5 V	45,6 V
Corrente de curto-circuito (I _{sc})	9,18 A	9,26 A	9,34 A	9,45 A
Eficiência do módulo	16,20%	16,46%	16,72%	16,97%
Temperatura operacional	-40 °C ~ +85 °C			
Tensão máxima do sistema	1.000 V (IEC) ou 1.000 V (UL)			
Desempenho do módulo contra incêndio	TIPO 1 (UL 1703) ou CLASSE C (IEC 61730)			
Classificação máx. de fusíveis da série	15 A			
Classificação da aplicação	Classe A			
Tolerância de potência	0 ~ + 5 W			

* Sob condições de teste padrão (STC) de irradiação de 1.000 W/m², espectro AM de 1,5 e temperatura de célula de 25 °C.

DADOS ELÉTRICOS/NOCT*

CS6U	315P	320P	325P	330P
Potência nominal máx. (P _{máx})	228 W	232 W	236 W	239 W
Tensão operacional ideal (V _{mp})	33,4 V	33,6 V	33,7 V	33,9 V
Corrente operacional ideal (I _{mp})	6,84 A	6,91 A	6,98 A	7,05 A
Tensão de circuito aberto (V _{oc})	41,5 V	41,6 V	41,8 V	41,9 V
Corrente de curto-circuito (I _{sc})	7,44 A	7,50 A	7,57 A	7,66 A

* Sob temperatura operacional normal da célula (NOCT), irradiação de 800 W/m², espectro AM de 1,5, temperatura ambiente de 20 °C, velocidade do vento de 1 m/s.

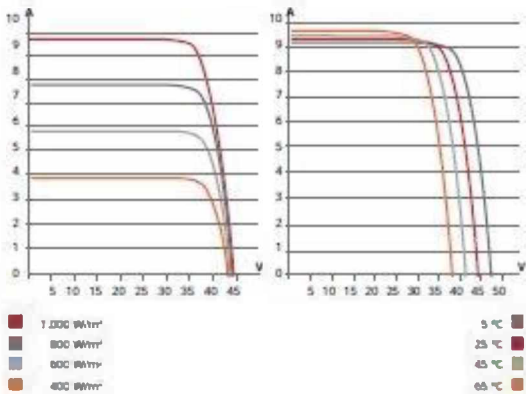
DESEMPENHO A BAIXA IRRADIAÇÃO

Desempenho excepcional em ambientes de baixa irradiação, eficiência média relativa de 96% a partir de uma irradiação de 1.000 W/m² a 200 W/m² (AM 1.5, 25 °C).

A especificação e os principais recursos descritos nesta ficha técnica podem ser um pouco diferentes e não estão garantidos. Devido à contínua inovação, pesquisa e melhoria de produtos, a Inc. reserva-se o direito de fazer modificações nas informações descritas neste documento a qualquer momento e sem aviso prévio. Sempre adquira a versão mais recente da ficha técnica, que deve ser devidamente incorporada ao contrato legal firmado pelas partes regulamentando todas as transações relativas à compra e à venda dos produtos aqui descritos.

Atenção: Apenas para uso profissional. A instalação e o manuseio de módulos fotovoltaicos requerem habilidades profissionais. Apenas profissionais qualificados devem realizá-los. Leia as instruções de segurança e instalação antes de usar os módulos.

CS6U-320P | CURVAS I-V



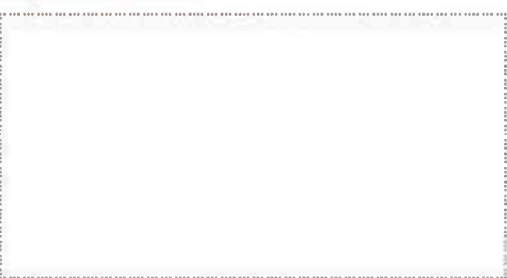
DADOS MECÂNICOS

Especificação	Dados
Tipo de célula	Policristalino, 6 polegadas
Organização das células	72 (6 x 12)
Dimensões	1.960 x 992 x 40 mm (77,2 x 39,1 x 1,57 pol.)
Peso	22,4 kg (49,4 lb)
Tampa dianteira	Vidro temperado de 3,2 mm
Material da estrutura	Liga de alumínio anodizado
Caixa de derivação	IP67, 3 diodos
Cabo	4 mm² (IEC) ou 4 mm² e 12 AWG 1.000 V (UL), 1.160 mm (45,7 pol.)
Conectores	T4 (IEC/UL)
Por palete	26 peças
Por contêiner (40' HQ)	572 peças

CARACTERÍSTICAS DE TEMPERATURA

Especificação	Dados
Coefficiente de temperatura (P _{máx})	-0,41%/°C
Coefficiente de temperatura (V _{oc})	-0,31%/°C
Coefficiente de temperatura (I _{sc})	0,053%/°C
Temperatura operacional nominal da célula	45±2 °C

SEÇÃO DO PARCEIRO



ANEXO C – Folha de especificações técnicas do inversor, modificado pela autora.

Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

SHIFTING THE LIMITS

O inversor para pequenas instalações de autoconsumo, preparado para o futuro

Tecnologia Snap/Monocri
Conexão de transformador AF
Comunicação de dados integrada
Smart Grid Ready

O é o inversor monofásico com transformador de alta frequência, com uma gama de potência nominal entre 1,5 e 3,1 kW, perfeito para vivendas e especialmente adequado para sistemas de autoconsumo. O relé integrado de gestão de energia, permite a maximização do autoconsumo. Isto junto com outras características, fazem do um inversor preparado o futuro: registo de dados integrado, conexão wifi à Internet ou tecnologia "plug & play" para acrescentar funções adicionais no futuro.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO

DADOS DE ENTRADA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Corrente máxima de entrada ($I_{in,max}$)	13,3 A	17,8 A	18,6 A	19,8 A	20,7 A
Corrente máxima de curto-circuito em série PV	20,0 A	26,8 A	24,8 A	29,8 A	31,0 A
Tensão mínima de entrada ($U_{in,min}$)	120 V			165 V	
Alimentação DC de arranque inicial ($U_{in,arranque}$)	140 V			185 V	
Tensão de entrada nominal ($U_{in,nom}$)	260 V			330 V	
Tensão de entrada máxima ($U_{in,max}$)	420 V			550 V	
Intervalo de tensão do MPPT ($U_{app,max} - U_{app,min}$)	120 - 335 V			165 - 440 V	
Número de seguidores MPPT			1		
Número de entradas DC			3		

DADOS DE SAÍDA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Potência nominal AC (P_{ac})	1.500 W	2.000 W	2.500 W	3.000 W	3.100 W
Potência máxima de saída	1.500 VA	2.000 VA	2.500 VA	3.000 VA	3.100 VA
Corrente de saída AC ($I_{ac,max}$)	6,5 A	8,7 A	10,9 A	13,0 A	13,5 A
Ligação à rede (gama de tensão)			1 - NPE 230 V (+17 % / -20 %)		
Frequência			50 Hz / 60 Hz		
Gama de frequências ($f_{min} - f_{max}$)			45 - 65 Hz		
Distorção harmónica			< 4 %		
Factor de potência (cos ϕ_{ref})			0,85 - 1 ind. / cap.		

DADOS GERAIS	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Dimensões (altura x largura x profundidade)			645 x 431 x 204 mm		
Peso		16,4 kg		16,8 kg	
Tipo de proteção			IP 65		
Classe de proteção			I		
Categoria de sobretensão (DC/AC) ²⁾			2 / 3		
Consumo máximo			< 1 W		
Conceito de inversor			Transformador de alta frequência (AF)		
Refrigeração			Refrigeração a ar controlada		
Instalação			Instalação interior e exterior		
Intervalo de temperatura ambiente			-25 - +50 °C		
Humidade de ar admissível			0 - 100 %		
Máxima altitude		2.000 m / 3.500 m (gama de tensão max; ventilação / sem ventilação)			
Tecnologia de ligação DC			Ligação de terminais rosca 2,5 mm ² - 16 mm ²		
Tecnologia de ligação principal AC			Ligação de terminais rosca 2,5 mm ² - 16 mm ²		
Certificados e cumprimento de normas			OVE / ONORM E 8001-4-712, AS 4777-2, AS 4777-3, AS3100, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1-2, IEC 62116, IEC 61727, CER 06-190, CEI 0-21, EN 50438, G83, G59, NRS 097		

¹⁾ Disponível nos países onde se aplica a restrição de 3 kW. ²⁾ Testado com IEC 62109-1.
Mais informação sobre a disponibilidade de inversores no seu país em www.fronius.es.

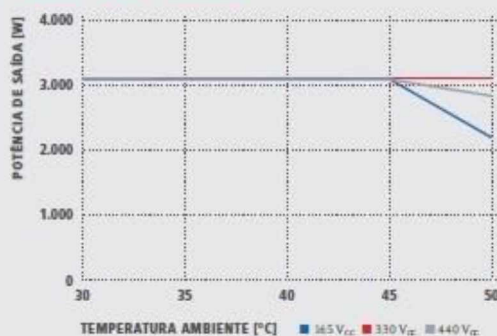
CURVA DE EFICIÊNCIA DC

3.1-1



REDUÇÃO DA POTÊNCIA DC DEVIDO À TEMPERATURA

/O 3.1-1



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DO

EFICIÊNCIA	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Eficiência máxima	95,9 %	96,0 %		96,1 %	
Eficiência europeia (mppt)	94,5 %	94,9 %	95,2 %	95,4 %	95,4 %
η com 5 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	84,5 / 86,0 / 86,0 %	84,2 / 86,1 / 85,9 %	88,6 / 89,6 / 89,4 %	88,2 / 89,2 / 89,1 %	88,4 / 89,4 / 89,4 %
η com 10 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	87,5 / 89,7 / 89,6 %	89,6 / 91,4 / 91,3 %	91,2 / 92,3 / 91,4 %	91,8 / 93,1 / 92,1 %	91,9 / 93,3 / 92,3 %
η com 20 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	91,3 / 93,3 / 93,1 %	92,6 / 94,3 / 93,9 %	94,0 / 94,8 / 94,5 %	94,4 / 95,0 / 94,9 %	94,5 / 95,0 / 95,0 %
η com 25 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	93,8 / 94,1 / 93,9 %	93,3 / 94,9 / 94,5 %	94,5 / 95,1 / 95,0 %	94,8 / 95,5 / 95,3 %	94,8 / 95,5 / 95,4 %
η com 30 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	93,0 / 94,6 / 94,3 %	93,6 / 95,2 / 94,9 %	94,8 / 95,5 / 95,3 %	94,8 / 95,7 / 95,6 %	94,9 / 95,8 / 95,6 %
η com 50 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	93,9 / 95,5 / 95,2 %	94,3 / 95,8 / 95,2 %	95,0 / 95,7 / 95,2 %	95,0 / 96,0 / 95,5 %	95,0 / 96,1 / 95,6 %
η com 75 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	94,2 / 95,6 / 95,4 %	94,0 / 95,9 / 95,6 %	94,8 / 95,9 / 95,6 %	94,6 / 95,8 / 95,6 %	94,5 / 95,6 / 95,6 %
η com 100 % $P_{AC,ST}$ ²⁾	94,0 / 95,9 / 95,6 %	93,5 / 95,6 / 95,5 %	94,4 / 95,7 / 95,5 %	93,9 / 95,4 / 95,3 %	93,7 / 95,2 / 95,3 %
Eficiência adaptativa do MPPT			> 99,9 %		
DISPOSITIVOS DE PROTECÇÃO	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
Medição do isolamento DC	Advertência/desconexão (segundo a configuração do país) com $R_{ISO} < 600 \text{ k}\Omega$ mínimos				
Comportamento de sobrecarga	Deslocação do ponto de trabalho, limitação da potência				
Seccionador DC	Integrado				
INTERFACES	GALVO 1.5-1	GALVO 2.0-1	GALVO 2.5-1	GALVO 3.0-1 ¹⁾	GALVO 3.1-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web / Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
4 a 6 entradas / saídas digitais	Interface/terminal de controlador de onda				
USB (Conector A) ³⁾	Data logging, actualização do inversor via USB				
2 a tomadas RJ 45 (RS422) ⁴⁾	Interface Fronius Solar Net, Interface Protocol				
Saída de aviso ⁴⁾	Gestão de energia (saída de relé livre de potencial)				
Data logger e Servidor web	Incluído				
RS485	Modbus RTU SunSpec ou conexão de contador				

¹⁾ Disponível nos países onde se aplica a restrição de 3 kW. ²⁾ E com $U_{app, min} / U_{DC} / U_{app, max}$. ³⁾ Também disponível na versão light. Mais informação sobre a disponibilidade de inversores no seu país em www.fronius.com.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

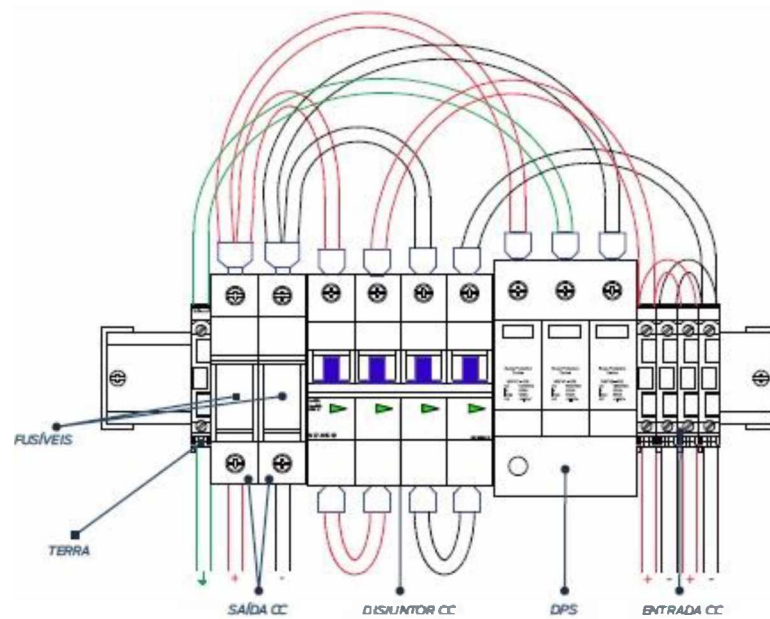
NÓS TEMOS TRÊS DIVISÕES E UMA PAIXÃO: SUPERAR OS LIMITES DO POSSÍVEL.

Seja na Tecnologia de soldagem, no fotovoltaico ou na tecnologia de carregadores de bateria, o nosso objetivo é claro: queremos ser líderes em inovação. Com aproximadamente 3.000 funcionários em todo o mundo, nós superamos os limites do que é possível, como prova disso temos mais de 1.000 patentes concedidas. Enquanto os outros se desenvolvem lentamente, nós ultrapassamos barreiras. Desde sempre. O uso responsável de nossos recursos é a base do nosso negócio.

Para obter mais informações sobre todos os produtos Fronius e nossos parceiros de distribuição e representantes, visite www.fronius.com

v04 Nov 2014 PT

ANEXO D – Folha de especificações técnicas da caixa de proteção, modificado pela autora.



A [REDACTED] é composta de:

Caixa de proteção em ABS

Índice de proteção: IP66

Base porta fusível com fusíveis

Disjuntor em corrente contínua

Dispositivo de Proteção Contra Surto - DPS

2 Fusíveis 10x38

Corrente: 25 A

Tensão: 1000 VDC

Disjuntor em corrente contínua

Corrente: 32 A

Tensão: 1000 VDC

DPS

Tensão nominal: 1000 VDC

Corrente nominal: 20 kA

Corrente máxima: 40 kA

Tensão de pico: $\leq 3,5$ kV

Os equipamentos foram testados por laboratórios internacionais conforme as diretrizes europeias: IEC 60947-2:2006+A1:2009, 50539-11:2013+A12:014, 60269-6:2011, 60269-12:2007+A1:2009+A2:2014/51439-1:2011, 61439-2:2011, 60439, EN 50618

* Para versões anteriores com fusível de 15 A, a Stringbox permite apenas uma string de entrada.

ANEXO E – Folha de especificações técnicas do relógio bidirecional.

/ The bidirectional meter for recording power consumption, feed-in and surplus energy in the home



/ The Fronius Smart Meter is a bidirectional meter that optimises self-consumption and records the household's load curve. Together with Solar.web, the Smart Meter presents a clear overview of power consumption. In the Energy Package storage solution, the Smart Meter provides perfectly coordinated management of the energy flows and optimises overall energy management. The Smart Meter is ideal for use with the Symo, Symo Hybrid, Galvo, Primo, Eco inverters and the Fronius Datamanager 2.0.

FRONIUS SMART METER

GENERAL DATA	SMART METER 63A-3	SMART METER 50kA-3	SMART METER 63A-1
Nominal voltage	400 - 415 V	400 - 415 V	230 - 240 V
Maximum current	3 x 63 A	3 x 50,000 A	1 X 63 A
Cable cross-section, power path	1 - 16 mm ²	0.05 - 4 mm ²	1 - 16 mm ²
Cable cross-section, communication & neutral		0.05 - 4 mm ²	
Power consumption	1.5W	2.5W	1.5W
Starting current		40mA	
Accuracy class		1	
Active Energy Accuracy		Class B (EN50470)	
Reactive Energy Accuracy		Class 2 (EN/IEC 62053-23)	
Short-time overcurrent		30 x I _{max} / 0.5 s	
Installation		Indoors (DIN rail)	
Housing	4 pole DIN 43880	4 pole DIN 43880	2 pole DIN 43880
Degree of protection		IP 51 (front frame), IP 20 (terminals)	
Specified operating range		-25 - +55°C	
Dimensions (Height x Width x Depth)	89.0 x 71.2 x 65.6 mm		89.0 x 35.0 x 65.6 mm
Interface to inverter		Modbus RTU (RS485)	
Display		8-digit LCD	6-digit LCD
Voltage transformer ratio (adjustable)	N/A	1 - 500	N/A
Current transformer ratio (adjustable)	N/A	1 - 9,999	N/A
Connection for measurement (current)	Direct connect	Via current transducers (CTs) ¹⁾	Direct connect

¹⁾ CTs with 5A or 1A secondary output. CTs are not included in Smart Meter. Further information about selecting suitable current sensors can be found at www.fronius.com

THE ADVANTAGES AT A GLANCE

- / Fast and accurate dynamic feed-in control
- / Clear overview of power consumption, feed-in and surplus energy in Solar.web
- / Optimised energy management with the Fronius Energy Package storage solution

