UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA LOCALIZADO NA CIDADE DE SANTA MARIA-RS

ACADÊMICO: Fernando Casasola

ORIENTADOR: Dr. Mauricio Sperandio

SANTA MARIA, RS, BRASIL

2019

FERNANDO CASASOLA

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA LOCALIZADO NA CIDADE DE SANTA MARIA-RS

Trabalho de Conclusão apresentado no curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Engenheiro Eletricista.**

Orientador: Dr. Mauricio Sperandio

SANTA MARIA, RS, BRASIL

2019

DEDICATÓRIA

Primeiramente dedico este trabalho a Deus, que foi um verdadeiro guia nessa jornada. E aos mestres que se esforçaram ao máximo para transmitir seus conhecimentos, e pela compreensão nos momentos de dificuldade.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sueli e Nadir, por fazendo todo esforço possível para me auxiliar na busca pelos meus sonhos. E principalmente por compreenderem minha ausência, afinal morar a uma distância de 430km nunca foi uma tarefa fácil.

A meus irmãos que mesmo estando distante sempre me passaram palavras de incentivo e me motivaram para seguir nesta caminhada.

A minha namorada Maiara pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis, e por sempre estar presente me auxiliando e compartilhando comigo todos os momentos de medos, e incertezas durante a graduação. Com certeza teu carinho e compreensão foi fundamental para que esse momento chegasse.

A toda minha família e amigos de Aratiba, por mesmo de longe mandarem energias positivas e carinho.

Ás amizades que construí na universidade e que levarei para vida toda, que por diversas vezes me incentivaram a seguir em frente na busca pelos meus sonhos!

Ao meu orientador Prof. Dr. Mauricio Sperandio, por acreditar e orientar minha escolha. Obrigado por sempre estar disponível para me auxiliar e ser compreensivo diante de todas as dificuldades.

Aos professores do quadro docente do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, por não medirem esforços nesta caminhada, vocês com toda certeza colaboraram para a concretização de um grande sonho.

E a todos que de alguma forma contribuíram para que minha vida fosse mais feliz até aqui.

Por fim, agradeço a um ser superior por ter me dado força e coragem para sempre seguir adiante. O percurso não foi fácil, mas ao olhar para trás sinto a sensação de dever cumprido e sempre pronto para enfrentar novos desafios.

RESUMO

ANÁLISE DE DESEMPENHO DE UM SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA LOCALIZADO NA CIDADE DE SANTA MARIA

AUTOR: Fernando Casasola

ORIENTADOR: Dr. Mauricio Sperandio

Atualmente, os recursos renováveis tem sido o foco de inúmeras pesquisas, devido à preocupação com o meio ambiente. Nesse sentido, várias são as razões para a implementação de fontes renováveis de energia, entre elas está a energia solar. A microgeração e minigeração distribuída vem como uma solução para o suprimento de energia elétrica sem a necessidade de grandes investimentos, permitindo também que o consumidor possa reduzir os custos com a energia consumida da distribuidora de energia elétrica. O Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar superiores aos de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados. Entretanto o uso da fonte solar para geração de energia elétrica ainda não é utilizado em escala satisfatória. Assim, o objetivo desse estudo foi apresentar uma análise de desempenho de um sistema de energia fotovoltaico instalado em um estabelecimento comercial na cidade de Santa Maria. Para tal foi realizado visitas *in loco* para o levantamento de dados e características do sistema. Com os dados obtidos foi realizado uma análise da eficiência do sistema instalado. Esta análise buscou entender os fatores impactantes para o bom desempenho da unidade geradora, como também identificar possíveis ajustes que poderão ser realizados com a finalidade de aumentar o nível de eficiência da unidade geradora.

Palavras-chave: Energia Renovável; Energia Solar, Eficiência.

ABSTRACT

PERFORMANCE ANALYSIS OF A PHOTOVOLTAIC ENERGY SYSTEM LOCATED IN SANTA MARIA-RS

AUTOR: Fernando Casasola

ORIENTADOR: Dr. Mauricio Sperandio

Currently, renewable resources have been the focus of numerous research due to concern for the environment. In this sense, there are several reasons for the implementation of renewable energy sources, including solar energy. Distributed microgeneration and minigeneration comes as a solution for the electricity supply without the need for major investments, also allowing the consumer to reduce the energy costs consumed by the electricity distributor. Brazil has significant potential for solar power generation, with solar radiation levels higher than those of countries where solar energy projects are widely disseminated. However the use of solar source for power generation is not yet used to a satisfactory extent. Thus, the objective of this study was to present a performance analysis of a photovoltaic power system installed in a commercial establishment in the city of Santa Maria. For this purpose, site visits were carried out to collect data and system characteristics. With the data obtained, an analysis of the efficiency of the installed system was performed. This analysis sought to understand the impact factors for the good performance of the generating unit, as well as identify possible adjustments that may be made in order to increase the efficiency level of the generating unit.

Key-Words: Renewable energy; Solar energy, Efficiency.

LISTA DE SIGLAS

ABNT - NBR: Associação Brasileira de Normas Técnicas – Norma Técnica Brasileira

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

CA: Corrente Alternada

CC: Corrente Continua

DPS: Dispositivo de Proteção Contra Surtos

IEC: Low-voltage Eletrical Installations (Instalação Elétrica de Baixa)

MPPT: Maximum Power Point Tracker (Seguidor do Ponto de Máxima Potência)

NR: Norma Regulamentadora

QM: Quadro Medidor

XLPE: Polietileno Reticulado

Wp: Watt Pico

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Capacidade Global de energia renovável, 2007-2017 18
Figura 2: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica *On Grid* 20
Figura 3: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica Off Grid..... 21
Figura 4:10 países que tiveram maior potência instalada de energia solar fotovoltaica durante o ano de 2018..... 22
Figura 5: Potencia acumulada de capacidade de geração de energia solar fotovoltaica 23
Figura 6: Evolução Global da geração da energia solar fotovoltaica 23
Figura 7: Representação do Efeito Fotovoltaico 26
Figura 8: Representação do funcionamento de uma célula fotovoltaica de silício cristalizado..... 26
Figura 9: Célula monocristalina 27
Figura 10:Célula Policristalina 28
Figura 11:Composição de um módulo fotovoltaico 28
Figura 12: Tipo de sistema, clima e rede..... 32
Figura 13: Modelagem 3D..... 33
Figura 14: Modelagem 3D..... 33
Figura 15: Modelagem 3D..... 33
Figura 16: Previsão de rendimento mensal do sistema de geração fotovoltaica 34
Figura 17: Inversor On Grid e Sistema de Proteção..... 41
Figura 18: Vista aérea dos painéis solares..... 41
Figura 19: Gráfico Geração de energia período de um ano..... 42
Figura 20: Resultado da simulação..... 43

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Enquadramento Metodológico 15
Quadro 2: Média aritmética do consumo de energia durante o período de 13 meses 31
Quadro 3: Quantidade de painéis a ser instalados por entrada nos inversores 38
Quadro 4: Validação do dimensionamento dos inversores A..... 38
Quadro 5:Parâmetros de referência 1500Wp, com inclinação igual à latitude local e ângulo azimutal 0° 43

SUMÁRIO

RESUMO **5**

ABSTRACT **6**

1. INTRODUÇÃO **13**

1.1. MOTIVAÇÃO 14

2. OBJETIVOS **14**

2.1. OBJETIVO GERAL 14

2.2. OBJETIVO ESPECÍFICO 14

3. METODOLOGIA **15**

3.1 MÉTODO E ABORDAGEM DA PESQUISA 15

3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA 16

4. REFERENCIAL TEÓRICO **17**

4.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS 17

4.2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA 19

4.2.1. Cenário Mundial da Energia Fotovoltaica **21**

4.2.2. Cenário Nacional da Energia Fotovoltaica **24**

4.3. DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS 24

4.3.1. Células Monocristalinas **27**

4.3.2. Células Policristalinas **27**

4.4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS 28

4.5. INVERSOR CC/CA 29

4.6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO POR MÉTODO MANUAL 29

4.7. SOFTWARES PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE 30

4.7.1. Software PVSOL **30**

5. SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA ANALISADO **31**

5.1. MODELAGEM DO SISTEMA 32

5.2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA 34

5.2.1. Considerações sobre o dimensionamento **35**

5.2.2. Módulos Fotovoltaicos utilizados 35

5.2.3. Determinação do inversor CC-CA 35

5.2.3.1. Quantidade máxima de arranjos por entrada 36

***5.2.3.2. Quantidade máxima de módulos por entrada em função da tensão máxima* 36**

5.2.3.3. Quantidade máxima de módulos por entrada em função da potência.....37

5.2.3.4. Quantidade máxima de módulos por entrada em função do MPPT.....37

5.2.4. Verificação das tensões máximas e mínimas na entrada do inversor.....38

5.2.5. Dimensionamento dos condutores 38

5.2.5.1. Entre módulos e inversor 38

5.2.5.2. Entre inversores e medição 39

5.2.6. Dimensionamento das proteções.....39

5.2.6.1. Proteção do lado CC.....39

5.2.6.2. Proteção do lado CA.....39

5.2.7. Dimensionamento dos dispositivos de proteção de surtos.....40

5.2.8. Aterramento 40

5.2.9. Determinação do ponto de conexão.....40

5.2.10. Imagens do Sistema Instalado.....41

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES 42

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....44

REFERÊNCIAS.....46

APÊNDICES.....48
A- SITUAÇÃO E LOCALIZAÇÃO, PLANTA BAIXA E COBERTURA COM PAINÉIS SOLARES.....48
B- DIAGRAMAS, DETALHES, CONSIDERAÇÕES E QUADRO DE MEDIÇÃO...49

ANEXO.....50
A- RESULOÇÃO NORMATIVA Nº482/2012 ANEEL.....50

1. INTRODUÇÃO

Por muitos anos, a humanidade utilizou os recursos naturais do planeta com o objetivo de suprir as necessidades energéticas, sem grandes preocupações em relação aos efeitos que causariam ao meio ambiente.

A crescente preocupação com a preservação do meio ambiente e a busca pela diversificação da matriz elétrica, associado com o aumento na demanda por energia e desenvolvimento da indústria, impulsionou a geração de energia elétrica no mundo a partir de fontes renováveis, como a fonte solar. Essa crescente preocupação com as questões ambientais e a conscientização mundial sobre a promoção do desenvolvimento em bases sustentáveis vêm estimulando a realização de pesquisas de desenvolvimento tecnológico que visam à incorporação dos efeitos da aprendizagem e a consequente redução dos custos de geração dessas tecnologias (FREITAS & DATHEIN, 2013).

O aproveitamento correto das fontes renováveis é um excelente modo de substituir as “energias sujas” e evitar danos ao planeta (AZEVEDO, 2013). As fontes renováveis de energia são aquelas em que os recursos naturais utilizados são capazes de se regenerar, ou seja, são considerados inesgotáveis, além de diminuir o impacto ambiental e contornar o uso de matéria prima que normalmente é não renovável.

Concomitantemente ao cenário de busca por melhorias, as pesquisas e investimentos em tecnologias que utilizam recursos naturais renováveis, para a diversificação da matriz energética, têm aumentado. Com isso, a energia solar fotovoltaica tornou-se mais conhecida e ampliou seu mercado econômico e acadêmico. Diante disso, a energia solar fotovoltaica, embora inicialmente mais cara, tornoua-se mais competitiva na medida em que se expande, sendo a competitividade resultante da redução dos custos devido ao ganho de escala e dos avanços tecnológicos.

O Brasil possui expressivo potencial para geração de energia elétrica a partir de fonte solar, contando com níveis de irradiação solar superiores aos de países onde projetos para aproveitamento de energia solar são amplamente disseminados, como Alemanha, França e Espanha.

Considerando o apresentado e o grande potencial solar energético do Brasil, o presente trabalho vem apresentar uma análise de eficiência de um sistema de energia solar fotovoltaica instalado na cidade de Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil. Fazendo um estudo comparativo da energia gerada, com o que havia sido estimado para o período de um ano.

1.1. MOTIVAÇÃO

A motivação do presente trabalho é verificar a eficiência de um sistema de energia solar fotovoltaica, por meio da análise da geração de energia elétrica através do processo fotovoltaico durante o período de um ano em uma edificação comercial. Comparando estes dados com a proposta de geração apresentada anteriormente com o auxílio de um software, para analisar a confiabilidade da simulação e sugerir melhorias para aumentar a eficiência do sistema estudado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo geral do presente trabalho é desenvolver uma análise de desempenho de um sistema de geração de energia fotovoltaica. Observando as configurações do sistema, e verificando possibilidades de otimização para melhorar a eficiência do mesmo.

2.2.OBJETIVO ESPECÍFICO

A partir da definição do objetivo geral, delimita-se os específicos, que irão facilitar os procedimentos de pesquisa. Para tanto, este trabalho objetiva:

a) Compreender o atual cenário da Energia Fotovoltaica no Brasil e no Mundo.
b) Reconhecer as tecnologias existentes desenvolvidas para Sistemas de Energia Fotovoltaica.
c) Observar formas possíveis para dimensionamento de um Sistema de Energia Fotovoltaica.
d) Considerar as configurações do Sistema de Energia Fotovoltaica que será analisado.
e) Realizar visitas *In Loco* na edificação escolhida, analisando seu entorno, coletando dados para melhor estruturação do estudo.
f) Apresentar os dados analisados durante a realização deste trabalho.
g) Avaliar a eficiência do Sistema de Energia Fotovoltaica em relação ao esperado na realização do projeto.

3. METODOLOGIA

Através da investigação científica, feita por meio de referências, visitas *in loco*, informações sobre o assunto abordado, os resultados de uma pesquisa se tornam possíveis. Dessa forma, o uso de procedimentos metodológicos torna-se indispensável para a validação de informações e coerência dos resultados (MARCONI; LAKATOS, 2010).

Portanto, neste capítulo serão apresentados os métodos de pesquisa utilizados no estudo. Para isso serão descritos, os métodos e processos abordados, a delimitação da pesquisa, a organização, os parâmetros da escolha do sistema instalado e como serão os métodos de procedimento da comparação entre simulação e geração de energia.

3.1 MÉTODO E ABORDAGEM DA PESQUISA

No decorrer deste estudo, a metodologia abordada foi se caracterizando através de referências. Segundo Miguel (2010), a pesquisa possui a função de orientar os procedimentos utilizados. É imprescindível desde a elaboração da proposta, delimitação da temática até as últimas definições de coleta e análise de dados. O tipo de metodologia utilizados está apresentado na Tabela 1, sendo fundamentado nas proposições de Marconi; Lakatos (2010).

A escolha das etapas a seguir, foram antecedidas por estudos preliminares, proporcionando a verificação da teoria existente e análise de material relacionado ao tema escolhido. Esse processo auxiliou na definição do método que será utilizado para orientar o presente trabalho, sendo assim uma abordagem teórica baseada em coleta, pesquisa bibliográficas, vistas *in loco*.

Quadro 1: Enquadramento Metodológico

CLASSIFICAÇÃO	**ENQUADRAMENTO**
Modalidade	Comparativa e Descritiva
Abordagem	Quantitativa e Qualitativa
Procedimentos de controle de dados	Levantamento bibliográfico, análise documental, levantamento *in loco.*
Técnica de análise de dados	Comparatória e Dedutiva

Fonte: Autor 2019

Gil (1999, p.26) delimita a pesquisa científica como um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos. Assim sendo, este estudo caracteriza-se como uma pesquisa comparativa descritiva com abordagem quantitativa, cujo foco principal é a análise de eficiência de um sistema de energia solar fotovoltaico.

Por ser um assunto que possui um histórico bastante longo, somente há pouco tempo se tornou alvo de estudos complexos e detalhados e, por isso, o acervo de livros e artigos científicos não é tão vasto quanto outros temas já muito trabalhados. O acervo que foi acessado para a elaboração desde trabalho consta de livros, artigos científicos, teses, dissertações, sites, normas técnicas.

A pesquisa qualitativa tem resultados quantificados por meio dos gráficos da comparação dos resultados, já a qualitativa supõe o contato direto do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo estudada, por meio das visitas *in loco*. Para Gil (1999), o uso dessa abordagem propicia o aprofundamento da investigação das questões relacionadas ao fenômeno em estudo e das suas relações, mediante a máxima valorização do contato direto com a situação estudada, buscando-se o que era comum, mas permanecendo, entretanto, aberta para perceber a individualidade e os significados múltiplos.

3.2 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

A pesquisa feita no referencial teórico serve como embasamento para o entendimento da temática. Diante dessa perspectiva, esse trabalho teve como universo de pesquisa a análise de desempenho de um sistema de energia solar fotovoltaico. No decorrer desse processo, buscou-se obter o maior conhecimento sobre a área de estudo, a importância da utilização de fontes de energias renováveis na matriz energética, o atual cenário de energia solar fotovoltaico no mundo e principalmente no Brasil.

Com a abordagem quantitativa e qualitativa, foi possível criar maior familiaridade com o objeto de estudo e uma maior aproximação com o tema. Para o entendimento dos demais processos utilizados nessa pesquisa, este trabalho foi dividido nas seguintes etapas: a etapa preliminar consiste na compreensão da importância do tema. A segunda etapa compreendeu a revisão da literatura e a coleta de dados sobre a temática. A etapa três, correspondeu na escolha da edificação para ser realizado o estudo. Na quarta etapa, será a realização de uma análise da eficiência de um sistema de energia solar fotovoltaico instalado na edificação.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

A partir da apresentação e conceituação da temática referida ao presente trabalho, desenvolveu-se uma revisão bibliográfica para uma melhor compreensão do assunto abordado. Desse modo, apresentam-se temas relevantes que relacionam ao desenvolvimento da matriz energética renovável, e demais assuntos plausíveis à essa temática.

4.1. ENERGIAS RENOVÁVEIS

Através da história humana, a energia é um assunto indispensável para o desenvolvimento e existência da sociedade. Embora recursos energéticos convencionais, como carvão, petróleo ou gás, sejam comumente utilizados, se torna necessária a busca por novas alternativas para suprir a demanda energética mundial.

De acordo com Gore (2010, p.32), “a civilização humana e o ecossistema terrestre estão entrando em choque, e a crise climática é a manifestação mais proeminente, destrutiva e ameaçadora desse embate”. A queima de grandes volumes de combustíveis fosseis está causando mudanças consideráveis no clima, impactando sobre o meio ambiente e a sociedade.

A criação de um sistema estabilizado de suprimento de energia para os consumidores é uma condição necessária para o desenvolvimento econômico, político e industrial sustentável. Este é um dos grandes desafios que o setor de energia renovável possui, as fontes renováveis de energia são aquelas em que os recursos naturais utilizados são capazes de se regenerar, ou seja, são considerados inesgotáveis, além de diminuir o impacto ambiental e contornar o uso de matéria prima que normalmente não é renovável.

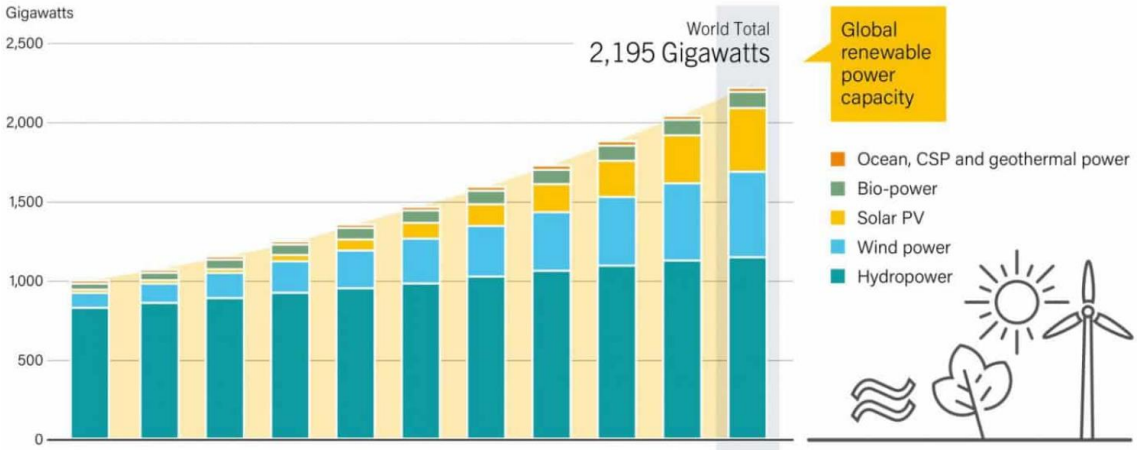
Além dos benefícios associados à limpeza da matriz energética, a implementação de novas fontes de energias renováveis também está relacionada ao desenvolvimento de tecnologias mais eficientes que possam suprir a demanda do crescimento acelerado do uso de equipamentos condicionados a energia elétrica.

Alguns exemplos de fontes renováveis de energia podem ser citados tais como:

- Energia Eólica: gerada por meio de aerogeradores, nas quais a força do vento é captada por hélices ligadas a uma turbina que aciona um gerador elétrico;

- Energia Hidráulica: possui sua origem na pressão da água que gira a turbina, transformando a energia potencial em energia cinética, e posteriormente ao passar pela turbina o gerador transforma a energia cinética em energia elétrica;
- Energia Geotérmica: é o aproveitamento do calor existente no interior da Terra para a produção de energia através de técnicas de engenharia que permitem a conversão de energia proveniente das elevadas temperaturas em eletricidade;
- Energia da Biomassa: o conceito biomassa compreende todas as matérias orgânicas utilizadas como fonte de energia. As plantas armazenam energia solar e a transformam em energia química que pode ser convertida em combustível ou calor, e consequentemente em eletricidade;
- Energia do Biogás: é o gás produzido a partir da decomposição de matéria orgânica por bactérias. Na geração de energia do biogás, ocorre a conversão de energia química do gás em energia mecânica por meio de um processo controlado de combustão, essa energia posteriormente é transformada em energia elétrica.

Figura 1: Capacidade Global de energia renovável, 2007-2017



Fonte: Global Status Renewables 2018

Ainda, como fonte de energia renovável e objeto principal de estudo deste trabalho, cita-se a Energia Solar Fotovoltaica, a qual basicamente possui sua origem na

incidência de luz solar nas placas fotovoltaicas, fazendo a conversão direta da radiação solar em eletricidade.

4.2. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

A utilização da energia solar fotovoltaica oferece uma série de vantagens, como por exemplo: O sol ser uma fonte ilimitada de energia, que está disponível em todas as partes do mundo, além de não produzir ruídos ou gases nocivos, nem resíduos; Os sistemas fotovoltaicos são fáceis de instalar e praticamente não precisam de manutenção; Têm duração próxima de 30 anos; São seguros e a energia pode ser gerada em áreas remotas; Os materiais utilizados podem ser reciclados e a indústria para geração solar pode criar milhares de empregos; Os módulos não têm peças móveis, o que exige pouca manutenção e é possível aumentar a potência instalada por meio da incorporação de módulos adicionais (WANDERLEY; CAMPOS, 2013).

A energia solar, dentre as fontes de energias renováveis, destaca-se por ser autônoma, por não poluir o meio ambiente, por ser uma fonte inesgotável, renovável, porque oferece grande confiabilidade e por reduzir custos de consumo no longo prazo (DUTRA et al., 2013).

A energia solar fotovoltaica é definida como a energia gerada através da conversão direta da radiação solar em eletricidade. Isto se dá, por meio de um dispositivo conhecido como célula fotovoltaica que atua utilizando o princípio do efeito fotoelétrico ou fotovoltaico (IMHOFF,2007). O efeito fotovoltaico foi observado pela primeira vez no ano de 1839 por Edmond Becquerel, que verificou que placas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz.

O desenvolvimento tecnológico fotovoltaico continuou a expandir pelo mundo e em 1998 foi atingida uma eficiência recorde de aproximadamente 25% com células de silício monocristalino, Vallêra e Brito (2006).

Os sistemas de energia solar fotovoltaico são divididos em: Sistemas conectados à rede (*On Grid*) e os que não são conectados à rede, sistemas isolados (*Off Grid*).

O sistema fotovoltaico conectado à rede ou sistema on grid, é basicamente um conjunto de equipamentos, capazes de transformar a energia do sol em energia elétrica e colocá-la direto na rede elétrica de energia.

Os módulos solares convertem a energia solar em energia elétrica através das células fotovoltaicas e por meio dos inversores a energia é direcionada automaticamente para o quadro de rede da residência.

A partir do momento em que o sistema *on grid* dá início ao funcionamento o cliente já começa a receber os benefícios.

Figura 2: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica *On Grid*

Fonte: Strom Brasil

Os sistemas isolados ou autônomos para geração de energia solar fotovoltaica são caracterizados por não estar conectada à rede elétrica. O sistema abastece diretamente os aparelhos que utilizarão a energia, e são construídos geralmente com um propósito local e especifico. Esse sistema geralmente é utilizado em locais remotos já que muitas vezes é o modo mais econômico e prático de se obter energia elétrica nestes lugares.

A energia produzida é armazenada em baterias que garantem o abastecimento de energia elétrica em períodos sem sol. Com custos mais elevados do que o sistema *on grid*, o *off grid* tem a vantagem de se auto sustentar através da utilização de baterias. Módulos solares solares geram a energia elétrica que abastece as baterias. A bateria tem a função de armazenar a energia elétrica para ser utilizada no momento que o sol não esteja presente e não haja outras fontes de energia.

Figura 3: Ilustração de um sistema de geração fotovoltaica Off Grid

Fonte: Strom Brasil

4.2.1. Cenário Mundial da Energia Fotovoltaica

A busca pela melhoria da tecnologia dos equipamentos de geração fotovoltaica, a ampliação da consciência ambiental no planeta, bem como a viabilidade comercial para investimentos em energia fotovoltaica têm conduzido a um crescimento mundial de forma exponencial.

Por alguns anos, o nível de desenvolvimento de mercado na China tem impulsionado o mercado global de energia fotovoltaica. No entanto, enquanto o mercado fotovoltaico chinês cresceu até 2017, houve um declínio limitado no ano de 2018. Este declínio no mercado chinês que já era esperado foi compensado com maiores volumes de instalação fora da China. Com cerca de 45GW instalados na China em 2018 em comparação com 53 GW em 2017, o mercado fotovoltaico mundial mostrou uma situação estável, com 99,8 GW instalados no ano de 2018 mantendo a estabilidade comparando com 98,9 GW em 2017. A capacidade total instalada nos principais mercados supera a marca de 500 GW em 2018 (IEA PVPS,2019).

Estudo realizados pelo (IEA PVPS, 2019) apontam que os mercados do Oriente Médio e da África também tiveram crescimento, no entanto, grande parte disso está sendo visível em 2019, quando a maioria das plantas foi comissionada, especialmente nos Emirados Árabes Unidos e no Egito.

Enquanto isso, o mercado dos EUA e do Japão permaneceu praticamente estável, enquanto a Europa cresceu. O renascimento do mercado europeu foi principalmente impulsionado pelo crescimento significativo na Alemanha e na Holanda, alavancando a um crescimento visível em muitos países.

Em resumo, o mercado mundial de energia fotovoltaica fora da China cresceu de 9 GW para 55 GW. Esse crescimento fora da China compõe um cenário diferente para o mercado fotovoltaico, com um aumento de 20%.

No total, a contribuição fotovoltaica corresponde a cerca de 2,6% da demanda de eletricidade no mundo. Nos próximos anos, o mercado de energia fotovoltaica tem o potencial para se tornar uma importante fonte de eletricidade em um ritmo extremamente rápido em vários países em todo o mundo. A velocidade deste desenvolvimento decorre de sua capacidade única de cobrir a maioria dos segmentos de mercado; que vai de pequenos sistemas individuais de uso residencial para usinas elétricas capazes de abastecerem uma concessionária.

Do ambiente construído à montagem no solo de instalações, o mercado fotovoltaico vem se consolidando, oferecendo adaptações utilizando-se de vários critérios que o tornam adequado para a maioria dos ambientes. Em 2018, a energia fotovoltaica foi a primeira fonte de eletricidade em capacidade implantada globalmente. Segue um caminho de crescimento rápido, que poderá ser apoiado nos próximos anos por dois fatores principais: a diminuição dos preços das baterias e a rápida adoção de veículos elétricos. (IEA PVPS,2019).

Figura 4:10 países que tiveram maior potência instalada de energia solar fotovoltaica durante o ano de 2018

1	China	45,0 GW
2	India	10,8 GW
3	USA	10,6 GW
4	Japan	6,5 GW
5	Australia	3,8 GW
6	Germany	3,0 GW
7	Mexico	2,7 GW
8	Korea	2,0 GW
9	Turkey	1,6 GW
10	Netherlands	1,3 GW
	UE*	8,3 GW

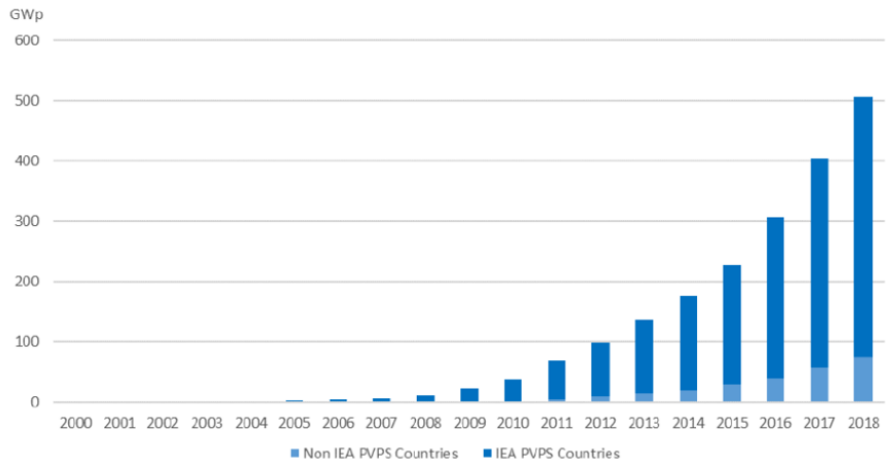
Fonte: IEP 2019

Figura 5: Potencia acumulada de capacidade de geração de energia solar fotovoltaica

1	China	176,1 GW
2	USA	62,2 GW
3	Japan	56,0 GW
4	Germany	45,4 GW
5	India	32,9 GW
6	Italy	20,1 GW
7	UK	13,0 GW
8	Australia	11,3 GW
9	France	9,0 GW
10	Korea	7,9 GW
	EU*	115,0 GW

Fonte: IEP 2019

Figura 6: Evolução Global da geração da energia solar fotovoltaica



Fonte: IEP 2019

É difícil considerar uma estimativa das usinas fotovoltaicas existentes desativadas nesta fase e consideramos, em geral, que as usinas danificadas são reparadas e continuam suas vidas úteis. Da mesma forma, a readequação ainda é um negócio marginal devido à idade limite da maioria das usinas, mas pode se tornar realidade depois de 2020. Em geral, considera-se que esses dois aspectos não geram mudanças suficientes para serem considerados separados para o tempo sendo. Elas também implicam falta de informações, já que os estatistas oficiais geralmente não consideram esses dois aspectos adequadamente.

4.2.2. Cenário Nacional da Energia Fotovoltaica

O Brasil, em relação à energia solar, é considerado privilegiado, visto a imensa incidência de raios solares emitidos em seu território e pelas reservas de quartzo para a produção do silício, utilizados na fabricação de células solares. Ainda em razão disso vários são os benefícios como gases não poluentes na atmosfera comparada a outras energias, a mínima manutenção em suas centrais, a sua utilização em lugares remotos ou de difícil acesso, e uma grande vida útil de seus sistemas implantados. Entretanto, ainda causa alguns impactos ambientais como emissões de produtos tóxicos durante a produção do insumo utilizado para a produção dos módulos e componentes periféricos. (AGUILAR et al., 2012).

No ano de 2012, com a finalidade de permitir ao consumidor gerar energia elétrica a partir da energia solar em seu próprio estabelecimento, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) criou a resolução normativa n° 482, de 17/07/2012. Esta resolução estabeleceu as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica (ANEEL, 2012).

Assim sendo, a energia solar, que no Brasil já é uma realidade, permite ao cidadão produzir energia elétrica em sua própria casa. É uma fonte de energia limpa e renovável que se utiliza dos raios do Sol, cujo impacto no meio ambiente é menor do que o de uma usina hidrelétrica, nuclear ou termelétrica (GREENPEACE, 2013).

O Brasil tornou-se o segundo país da região (depois do Chile) a ultrapassar a marca de 1 GW de capacidade acumulada em geração fotovoltaica, adicionando quase tudo em um único ano (0,9 GW) para um total de 1,1 GW (CAVALCANTI 2018). Em 2017. Segundo a matéria publicada na Folha de São Paulo, o Brasil foi um dos dez países que mais acrescentou potência de sistemas geradores fotovoltaicos à sua matriz elétrica, com 0,9 gigawatts (GW), totalizando 1,1 GW.

4.3. DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA DAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

Segundo (VALLÊRA & BRITO 1896) a história da primeira célula solar começou em março de 1953 quando Calvin Fuller, um químico dos Bell Laboratories (Bell Labs), em Murray Hill, New Jersey, nos Estados Unidos da América, desenvolveu um processo de difusão para introduzir impurezas em cristais de silício, de modo a controlar as suas

propriedades eléctricas (um processo chamado “dopagem”). Fuller produziu uma barra de silício dopado com uma pequena concentração de gálio, que o torna condutor, sendo as cargas móveis positivas (e por isso é chamado silício do “tipo p”).

> Seguindo as instruções de Fuller, o físico Gerald Pearson, seu colega nos Bell Labs, mergulhou esta barra de silício dopado num banho quente de lítio, criando assim na superfície da barra uma zona com excesso de elétrons livres, portadores com carga negativa (e por isso chamado silício do “tipo n”). Na região onde o silício “tipo n” fica em contato com o silício “tipo p”, a “junção p-n”, surge um campo eléctrico permanente. (VALLÊRA & BRITO 1896, p.11, Design and Innovation, Open University Press.

A primeira célula solar moderna foi apresentada em 1954. Anos depois, em 2010 foram produzidas cerca de um bilhão de células, com eficiência da ordem dos 16%, ultrapassando pela primeira vez a barreira de 1 GW de potência elétrica anual instalada (OGATA, 2015).

O elemento fundamental na conversão fotovoltaica é a célula solar. Em determinados materiais semicondutores, os fótons da radiação solar são capazes de transmitir sua energia aos elétrons de valência do semicondutor, tornando possível romper suas ligações de modo que fiquem livres e possam movimentar-se no material. A ausência de um elétron devido ao rompimento de uma ligação se chama lacuna, a qual também pode se mover através do semicondutor. Portanto, as propriedades de condução elétrica de um semicondutor devem-se tanto ao movimento dos elétrons, quanto ao movimento das lacunas, denominando-se ambos, de maneira genérica, portadores de carga.

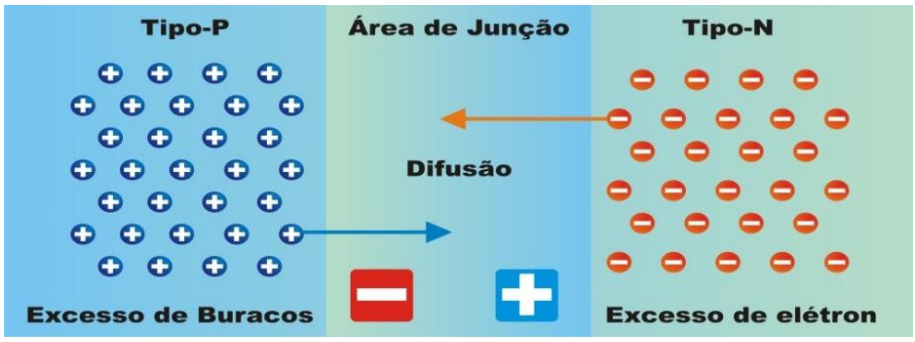
O movimento dos elétrons e lacunas em direções opostas gera uma corrente elétrica no semicondutor, que poderia ser aproveitada por um circuito externo. A fim de separar as lacunas dos elétrons, para que a ligação não se reestabeleça, utiliza-se um campo elétrico que obriga a circulação de ambas as cargas em sentidos opostos. Uma célula solar não é nada mais do que um semicondutor preparado de maneira que seja possível extrair a circulação de corrente do mesmo até um circuito externo.

Quando se juntam, em um único bloco, dois materiais extrínsecos: um do tipo “p” e outro do tipo “n” forma-se a junção P-N. Um material do tipo p é aquele que possui lacunas como portadores majoritários, ou seja, é um material que tem a tendência a receber elétrons. No caso de um material tipo n, é basicamente o contrário; os elétrons são os portadores majoritários e, portanto, há a tendência à doação de elétrons. A junção

P-N é a estrutura fundamental de semicondutores, especialmente diodos e transistores. Essa migração não ocorre indefinidamente, pois forma-se um campo elétrico na área de junção que impede que os elétrons continuem fluindo.

O elevado custo na sua fabricação inviabilizava sua utilização prática a não ser em aplicações especiais, como sistema autônomo de fornecimento de energia elétrica para satélites. Neste caso o custo não era um fator limitante e as características de confiabilidade e de baixo peso, tornaram as células fotovoltaicas a maneira mais conveniente e segura de gerar eletricidade no espaço.

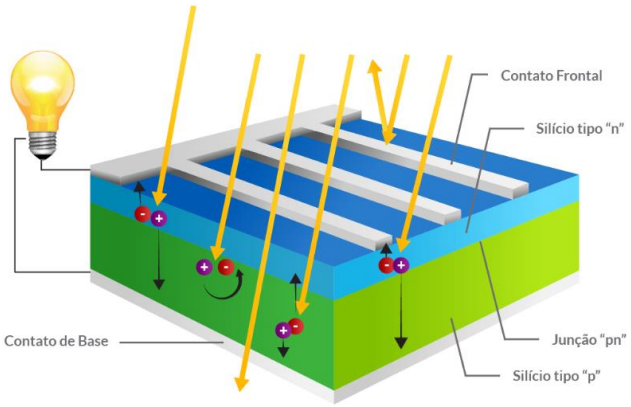
Figura 7: Representação do Efeito Fotovoltaico



Fonte: Blue Sol

Ao receber fótons de luz visível, os elétrons são energizados, mas não conseguem fluir da camada N para a camada P. Ao fazer uma ligação entre as duas camadas externamente, é possível aproveitar a corrente elétrica que se forma na passagem dos elétrons de uma camada para outra.

Figura 8: Representação do funcionamento de uma célula fotovoltaica de silício cristalizado



Fonte: Blue Sol

4.3.1. Células Monocristalinas

A maioria dos módulos fotovoltaicos de silício monocristalino, também denominados de células, são obtidos a partir de fatias de um único grande cristal, mergulhados em silício fundido (MIRANDA, 2014).

Neste processo, o cristal recebe pequenas quantidades de boro formando um semicondutor dopado do tipo “p”. A esse semicondutor, após seu corte, é introduzido impurezas do tipo “n”, expostas a vapor de fósforo em fornos com altas temperaturas, garantindo confiabilidade e eficiência aos produtos (CEPEL & CRESESB, 2004; CEMIG, 2012).

As células são obtidas por corte das barras em forma de pastilhas finas (0,4 – 0,5 mm² de espessura). A sua eficiência na conversão da luz solar em eletricidade é superior a 12%. A figura 9 mostra a estrutura de uma célula monocristalina.

Figura 9: Célula monocristalina

Fonte: Cepel (2013)

4.3.2. Células Policristalinas

Segundo Ruther (2004), a eficiência do módulo fotovoltaico p-Si é menor que a do silício monocristalino, mesmo sendo fabricados pelo mesmo material. Isto, pois, ao invés de ser formado por um único cristal, é fundido e solidificado, resultando em um bloco com grandes quantidades de grãos ou cristais, concentrando maior número de defeitos. Em função destes, o seu custo é mais baixo quando comparados às células monocristalinas. A figura 10 mostra a estrutura de uma célula de silício policristalino.

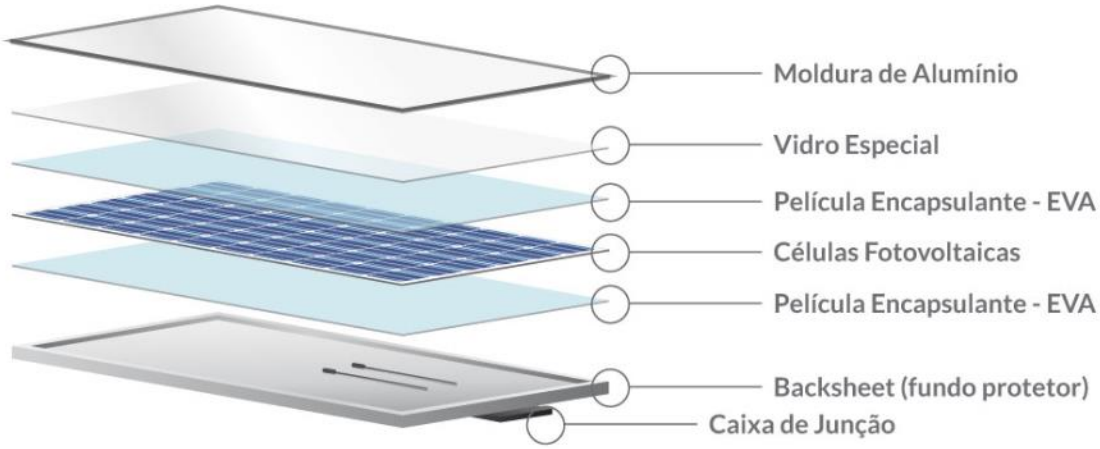
Figura 10: Célula Policristalina

Fonte: Cepel (2013)

4.4. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos solares, são os principais componentes do sistema fotovoltaico de geração de energia. Estes são formados por um conjunto de células fotovoltaicas associadas, eletricamente, em série e/ou paralelo, dependendo das tensões e/ou correntes determinadas em projeto. O conjunto destes módulos é chamado de gerador fotovoltaico e constituem a primeira parte do sistema, ou seja, são os responsáveis no processo de captação da irradiação solar e a sua transformação em energia elétrica (PEREIRA & OLIVEIRA, 2011).

Figura 11: Composição de um módulo fotovoltaico



Fonte: Blue Sol

4.5. INVERSOR CC/CA

Os inversores são dispositivos eletrônicos que fornecem energia elétrica em corrente alternada a partir de uma fonte de energia elétrica em corrente contínua (PINHO & GALDINO, 2014).

De acordo com Pereira & Oliveira (2011), a energia elétrica na saída dos módulos fotovoltaicos é em corrente contínua (CC). Isto inviabiliza a sua aplicação direta na maioria dos equipamentos que trabalham, somente, em corrente alternada (CA). Para a solução deste problema, empregam-se os inversores, capazes de realizar a conversão desta tensão contínua para um valor de tensão em CA. Além disso, este equipamento é capaz de ajustar a frequência e nível de tensão gerada, para que o sistema possa ser conectado à rede pública, *on grid*, de acordo com as normas vigentes estabelecidas pela Aneel.

Para escolher o inversor adequado a ser utilizado em um sistema fotovoltaico, segundo Messenger & Ventre (2010), os requisitos a serem analisados são: a forma de onda da carga e a eficiência do próprio inversor.

4.6. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA FOTOVOLTAICO POR MÉTODO MANUAL

Em um projeto para a instalação de um sistema fotovoltaico, é de extrema importância inicialmente dimensionar os parâmetros para otimizar a demanda e atender a peculiaridade de cada empreendimento.

Um parâmetro fundamental é a potência total do sistema fotovoltaico. Para isso é necessário definir o montante de energia a ser gerada. Ziller et al. (2012) projeta uma geração de energia mensal de 137 kWh para cada kWp instalado.

$$P_t = \frac{C_{mensal}}{r}$$

Onde:

P_t = Potência total do sistema (Wp);

C_{mensal} = Energia gerada ao mês (Wh);

r = Relação entre geração e capacidade do sistema (Wh/Wp).

Para definir a energia gerada ao mês deve ser utilizada a média aritmética de consumo de energia durante 13 meses. Com a definição da potência total do sistema e com a potência nominal individual dos painéis, calcula-se a quantidade de painéis necessários.

$$n_p = \frac{P_t}{P_{mod}}$$

Onde:

n_p = Número de painéis;

P_t = Potência total do sistema (Wp);

P_{mod} = Potência individual do módulo (Wp).

A área necessária para alocação do conjunto de painéis é um parâmetro primordial que auxilia na escolha do local que será instalado o sistema.

$$A_T = n_p * A_p$$

Onde:

A_T = Área mínima total da instalação (m²);

n_p = Número de painéis;

A_p = Área (comprimento x largura) do painel fotovoltaico utilizado (m²).

4.7. SOFTWARES PARA DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS A REDE

Atualmente é possível encontrar diversos programas para dimensionamento de sistemas fotovoltaicos. Estes programas são ferramentas de grande importância para um correto dimensionamento de um sistema fotovoltaico, pois a maioria deles contém em sua base de dados as características de inversores, painéis, níveis de radiação solar e temperatura ambiente dos locais onde serão posteriormente instalados os sistemas.

A seguir será feita uma breve apresentação do software utilizado para dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica analisado neste trabalho.

4.7.1. Software PVSOL

Mundialmente conhecido o software foi elaborado na Alemanha, e é um dos mais utilizados para simulação de sistemas de energia solar. Ele é conhecido pela facilidade de uso, tendo como destaque:

- O menu orienta o usuário na elaboração do projeto, passo a passo, numa sequência lógica e simples;
- Em poucos cliques é possível criar cenários 3D, compreensíveis por clientes leigos;
- O cenário pode ser criado a partir de mapas de satélite (ex. Google Earth);
- Modelos 3D gerados com drones ou em programas arquitetônicos (ex. Google Sketchup) podem ser importados;
- O software prevê horizonte, prédios, recortes no telhado, vegetação, antenas e muito mais para o cálculo do sombreamento, que é crítico para instalações fotovoltaicas;
- Módulos e inversores são configurados e verificados na montagem do projeto;
- A simulação usa dados climáticos precisos e detalhados;
- O resultado é apresentado em um relatório, que inclui retorno financeiro e outros gráficos;
- PVSOL é traduzido para português e adaptado às peculiaridades brasileiras mais importantes.

5. SISTEMA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA ANALISADO

Após a compreensão sobre a assunto, nessa etapa será apresentado e descrito as características do sistema de energia solar fotovoltaico analisado. Previamente foi realizado uma análise da necessidade de geração de energia, fazendo uma média aritmética do consumo de energia durante o período de 13 meses, conforme o quadro a seguir.

Quadro 2: Média aritmética do consumo de energia durante o período de 13 meses

MÊS	CONSUMO
DEZEMBRO – 2016	1346 kWh
JANEIRO – 2017	1783 kWh
FEVEREIRO – 2017	1760 kWh
MARÇO – 2017	1735 kWh
ABRIL – 2017	1440 kWh
MAIO – 2017	1346 kWh
JUNHO – 2017	1482 kWh
JULHO – 2017	1421 kWh
AGOSTO – 2017	1373 kWh
SETEMBRO – 2017	1397 kWh

OUTUBRO – 2017	1548 kWh
NOVEMBRO – 2017	1624 kWh
DEZEMBRO – 2017	1692 kWh
MÉDIA DE CONSUMO	**1431 kWh**

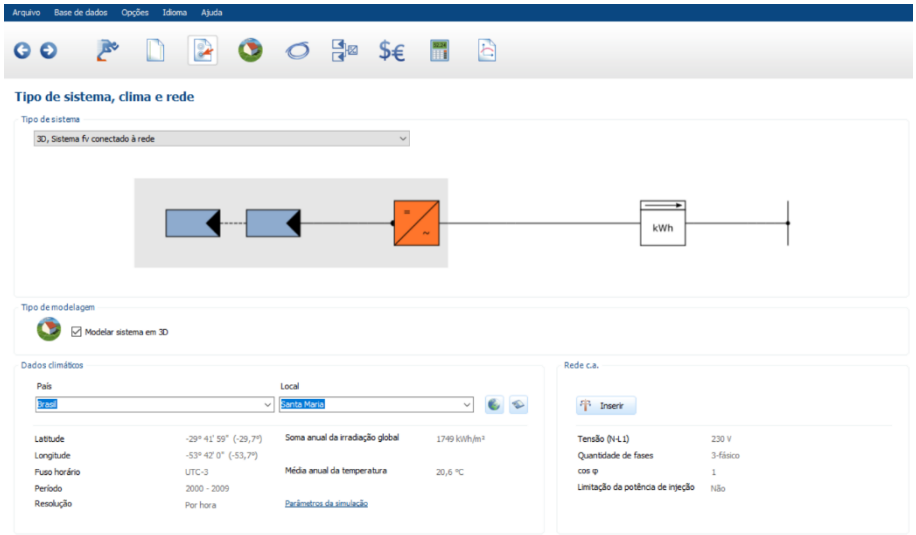
Fonte: Autor, 2019

Com base nos dados coletados foi especificado que o sistema projetado deverá gerar uma média de **1500 kWh** mensal, gerando aproximadamente 18 MWh no período de um ano.

5.1.MODELAGEM DO SISTEMA

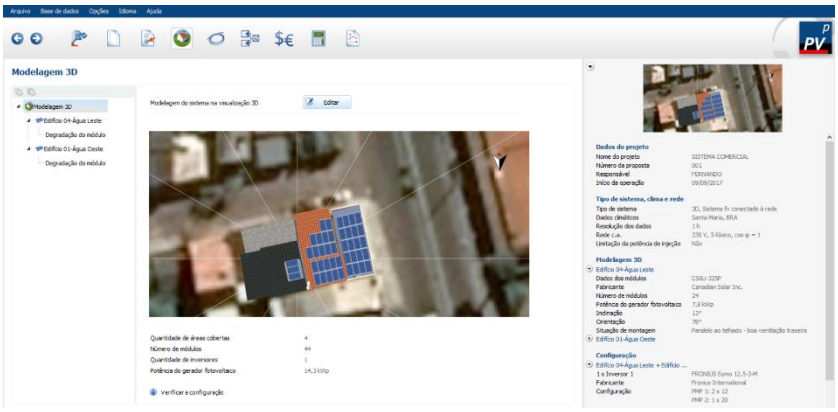
A partir da demanda de geração de energia elétrica com o sistema de energia solar fotovoltaica, foi realizada a modelagem do sistema via software PVSOL, as imagens e configurações indicadas em simulação serão apresentadas nas figuras a seguir.

Figura 12: Tipo de sistema, clima e rede



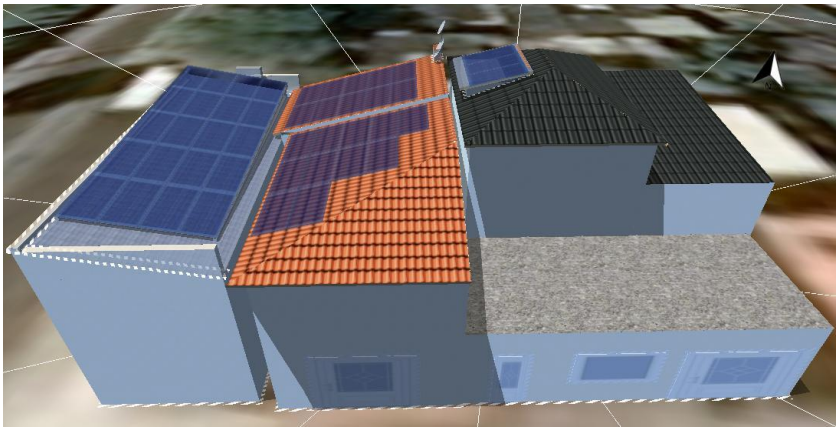
Fonte: Software PVSOL, manipulado pelo autor, 2019

Figura 13: Modelagem 3D



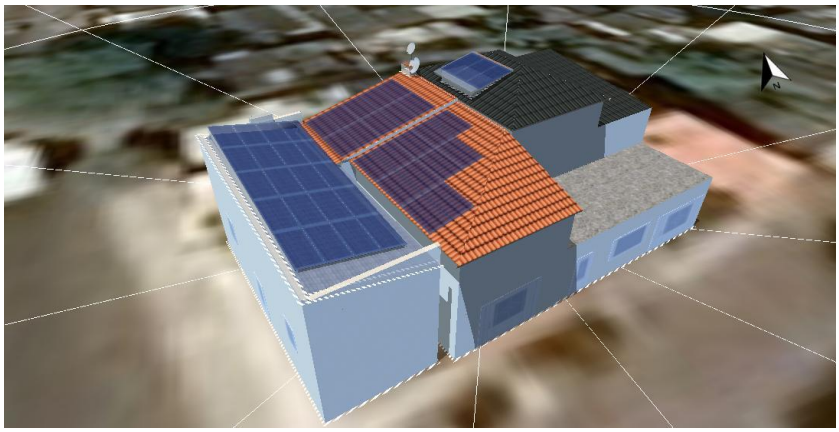
Fonte: Software PVSOL, manipulado pelo autor, 2019

Figura 14: Modelagem 3D



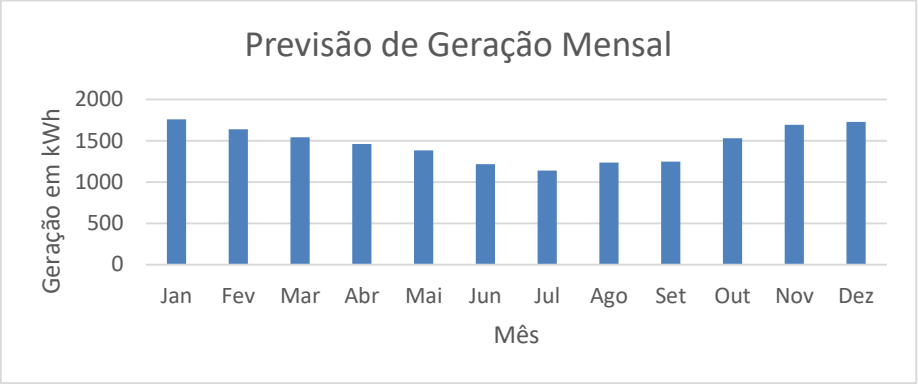
Fonte: Software PVSOL, manipulado pelo autor, 2019

Figura 15: Modelagem 3D



Fonte: Software PVSOL, manipulado pelo autor, 2019

Figura 16: Previsão de rendimento mensal do sistema de geração fotovoltaica



Fonte: Software PVSOL, manipulado pelo autor, 2019

A estimativa gerada pelo software PVSOL foi de uma geração média de 1495 kWh, valor aproximado ao desejado inicialmente na projeção do sistema.

5.2. DESCRIÇÃO DO SISTEMA

O Sistema de Energia Fotovoltaico analisado foi projetado de acordo com as seguintes normas:

- ABNT NBR 5410:2005 - Instalação elétrica de baixa tensão;
- NR 10 - Serviço em eletricidade;
- NR 26 - Sinalização de Segurança;
- REN n° 482, de 17 de abril de 2012/ANEEL – Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuição aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências;
- Regulamento de Instalação Consumidoras de Baixa Tensão (RIC-BT) – versão 1.4;
- PRODIST – MÓDULO 3 – Acesso ao sistema de distribuição – ANEEL;
- IEC 60364-4-43:2008 – Low-voltage eletrical installations – Part 4-43: Protection for safety – Protection against overcurrent.

5.2.1. Considerações sobre o dimensionamento

O sistema foi dimensionado de forma a ter uma potência de 14,3 kWp. Para tal são necessários 44 módulos de 325 Wp da marca CANADIAN SOLAR conectados a um inversor trifásico da marca FRONIUS, modelo SYMO 12,5-3-M.

5.2.2. Módulos Fotovoltaicos utilizados

No sistema analisado foi utilizado o módulo fotovoltaico com potência de 325 Wp fabricado pela CANADIAN SOLAR. As principais características do painel estão descritas abaixo:

- Potencia nominal do painel: 325 W;
- Tensão de circuitos abertos: 45,6 V;
- Corrente de curto-circuito: 9,34 A:
- Máxima corrente reversa: 8,88 A;
- Tensão máxima de MPPT: 37,3 V;
- Coeficiente de Tensão (β): -0,34 V/°C;
- Dimensões (altura x largura x profundidade): 1960 x 992 x 40 mm.

Para o sistema em questão foram utilizados 44 módulos. Em função disso, foi determinada a área total utilizada:

$$A_{total} = 44 \text{ x } (0{,}992 \text{ x } 1{,}960) = 85{,}55 \text{ m}^2$$

Com a definição do número total de módulos instalados é possível determinar a potência de pico do sistema:

$$P_{total} = 44\ x\ 325 = 14{,}30 \text{ kWp}$$

5.2.3. Determinação do inversor CC-CA

De acordo com a potência fotovoltaica total obtida é possível determinar o inversor o CC-CA utilizado no sistema. Foi escolhido o inversor trifásico da marca

FRONIUS modelo SYMO 12.5-3-M. As principais informações deste inversor estão apresentadas abaixo:

- Potência máxima de entrada (CC): 15000 W;
- Potência máxima de saída (CA): 12500 W;
- Tensão máxima CC: 1000 V;
- Tensão mínima de MPPT: 320 V;
- Tensão máxima de MPPT: 800 V;
- Número de MPPTs: 2;
- Número máximo de arranjos por MPPT: 2
- Máxima corrente na entrada A: 27 A;
- Máxima corrente na entrada B: 16 A;
- Máxima corrente de saída: 18 A.

5.2.3.1. Quantidade máxima de arranjos por entrada

Em função da corrente de cada entrada do inversor é determinada a quantidade máxima de arranjos que a ele podem ser conectados. Utilizando a corrente de entrada do inversor e a máxima corrente fornecida pelos módulos, que é corrente de curto-circuito, é possível determinar a quantidade de arranjos por entrada através da parte inteira obtida na equação.

$$n_{arrajos} = \frac{I_{entrada}}{I_{operação}} = \frac{27}{8{,}88} = 3\ arranjos/entrada$$

5.2.3.2. Quantidade máxima de módulos por entrada em função da tensão máxima

Esta quantidade é determinada em função da tensão máxima CC que é possível aplicar aos terminais do inversor. Ela é determinada considerado a associação série de módulos conectados aos terminais do inversor e utiliza a tensão de circuito aberto como parâmetro de limitação.

$$n_{máximo} = \frac{Vcc_{máx}}{V_{CA}} = \frac{1000}{45{,}6} = 21\ módulos$$

5.2.3.3. Quantidade máxima de módulos por entrada em função da potência

A quantidade máxima de módulos por entrada em função da potência do inversor é determinada em função da razão entre potência máxima do inversor por entrada e potência do módulo utilizado, conforme a equação a seguir.

$$n_{pp} = \frac{P_{inversor}}{P_{painel}} = \frac{15000}{325} = 46\ módulos$$

5.2.3.4. Quantidade máxima de módulos por entrada em função do MPPT

O inversor apresenta uma gama de tensão para realizar o MPPT tendo tanto um valor mínimo quanto um valor máximo. De forma a manter o sistema projetado trabalhando no ponto ótimo de operação é necessário determinar a quantidade de módulos mínima e máxima de módulos, sendo elas determinadas nas equações abaixo.

A quantidade mínima é determinada para a tensão mínima de MPPT em função da tensão de operação dos módulos, pois esta é melhor que a tensão de circuito aberto. O resultado foi aproximado para o número inteiro ligeiramente superior.

$$n_{minímo} = \frac{V_{Mín\ MPPT}}{V_{OP}} = \frac{320}{37{,}2} = 9\ módulos$$

A quantidade máxima é determinada em função da tensão de operação dos módulos. O resultado apresentado na próxima é quando é a parte inteira da equação.

$$n_{máximo} = \frac{V_{Max\ MPPT}}{V_{OP}} = \frac{800}{37{,}2} = 21\ módulos$$

Em função dos resultados obtidos e da quantidade de módulos escolhida pelo proprietário, é possível determinar o intervalo de módulos que podem ser conectados ao inversor escolhido. A quantidade mínima de módulos é 9 e máximo é 21 módulos por entrada. O quando 2 apresenta a configuração de conexão dos módulos aos seu respectivo inversor.

Quadro 3: Quantidade de módulos a ser instalados por entrada nos inversores

INVERSOR	MPPT	ENTRADA	ARRANJO	MÓDULOS	POTÊNCIA (Wp)
A	1	1	1	20	6500
		2	-	-	
	2	1	1	12	7800
		2	1	12	
			TOTAL:	44	14300

Fonte: Autor, 2019

5.2.4. Verificação das tensões máximas e mínimas na entrada do inversor

Para a instalação em questão foi considerado que a temperatura mínima nos módulos seria de 0°C e máxima de 65°C. com a utilização da equação abaixo, é possível determinar a variação da tensão em cada arranjo de módulos em função da sua temperatura de operação. A variável $V_{módulo}$ pode ser tanto a tensão de operação do módulo quanto a tensão de circuito aberto do mesmo e $N°_{módulos}$ é o número de painéis de cada arranjo, que nesta situação é 12 e 20 módulos.

$$V_{operação} = V_{módulo} - N°_{módulos}\ x\ \beta x\ (25° - T_{painel})$$

Aplicando os valores de temperatura máxima e mínima, e demais informações obtemos os seguintes resultados por entrada para os inversores.

Quadro 4: Validação do dimensionamento dos inversores A

CRITÉRIO	PAINÉIS	INVERSOR	SITUAÇÃO
Minima tensão de MPPT (V)	384,13	320	Ok
Máxima tensão de MPPT (V)	790,15	800	Ok
Máxima tensão em circuuito aberto (V)	968,54	1000	Ok
Corrente máxima (A)	17,76	27	Ok

Fonte: Autor, 2019

5.2.5. Dimensionamento dos condutores

5.2.5.1. Entre módulos e inversor

Os condutores foram dimensionados de acordo com a capacidade máxima de corrente tanto do lado CC quando do lado CA. De acordo com o IEC 60364 deve ser

considerado um fator de sobrecarga de 25% para cargas não continuas. Aplicando este valor na corrente de curto-circuito dos módulos temos.

$$I_{total} = I_{CC}\ x\ 1{,}25 = 11{,}675\ \text{A}$$

Por indicação dos fabricantes, e disponibilidade do fornecedor, será utilizado o condutor de cobre eletrolítico estanhado de 6 mm² com capacidade de condução de 70 A. A capacidade de condução de decorrente deste cabo instalado em eletroduto e corrida para a temperatura de operação de 65°C é apresentada abaixo.

$$I_{corrigida} = 70\ x\ 0{,}90 = 57{,}33\ \text{A}$$

5.2.5.2. Entre inversores e medição

De acordo com o manual do fabricante, a corrente máxima de saída dos inversores é de 34 A por fase. De acordo com a tabela 37 da NBR 5410 o condutor de 4,00 mm² de 0,6/1 kV e com isolação de XLPE possui capacidade de condução de 42 A para 3 condutores carregados. Sendo assim, este foi o condutor escolhido para realizar a conexão entre os inversores e o Quadro de Medição (QM).

5.2.6. Dimensionamento das proteções

5.2.6.1. Proteção do lado CC

A corrente máxima proveniente dos painéis fotovoltaicos, já acrescida do fator de sobrecarga de 20%, é de 11,375 A e a corrente corrigida do condutor é de 57,33 A. Com base nos itens 5.3.4.1 na NBR 5410, foi escolhida chave selecionada 32 A para 1000 Vcc para cada inversor. Cada arranjo será protegido com fusíveis cilíndricos do tipo Gpv com corrente nominal de 12 A.

5.2.6.2. Proteção do lado CA

De acordo com o manual do fabricante, a corrente máxima de saída dos inversores é de 18 A por fase, desta forma foi escolhido, com base nos itens 5.3.4.1 na NBR 4010, o disjuntor trifásico de 20 A para a proteção individual de cada inversor.

5.2.7. Dimensionamento dos dispositivos de proteção de surtos

De acordo com a IEC 61643-11:2011, o DPS do lado CC deve ter, no mínimo, uma tensão nominal de 25% acima da máxima tensão de circuito aberto eu pode ser aplicada aos seus terminais e deve ser do tipo I com corrente nominal mínima de descarga de 5 kA. Sendo assim:

$$V_n = 20\ x\ 45{,}6 = 912{,}0\ \text{V}$$

Do lado AC o DPS deve ter, no mínimo, um tendão nominal de 10% acima da máxima tensão de operação que pode ser aplicada aos seus terminais e deve ser do tipo I com corrente nominal mínima de descarga de 5 kA. Sendo assim:

$$V_n = 1{,}10\ x\ 220 = 242\ \text{V}$$

Desta forma, foram escolhidos para o lado CC DPS com tensão de 1000 V e para o lado AC DPS com tensão de 275 V, sendo que ambos têm corrente nominal de 20 kA.

5.2.8. Aterramento

O sistema de aterramento será composto, sem uma totalidade por um condutor de 2,5 mm² de cobre que realiza o aterramento ente os painéis fotovoltaicos, sendo este conectado na estrutura do painel confirme determinação do fabricante.

5.2.9. Determinação do ponto de conexão

Em função do arranjo da construção já existente, foi verificado que é economicamente viável realizar a conexão do sistema fotovoltaico ao quadro de medição do disjuntor de proteção trifásico de 20 A. O ponto de conexão pode ser verificado nas plantas no apêndice A.

5.2.10. Imagens do Sistema Instalado

Figura 17: Inversor On Grid e Sistema de Proteção

Fonte: Autor, 2019

Figura 18: Vista aérea dos painéis solares

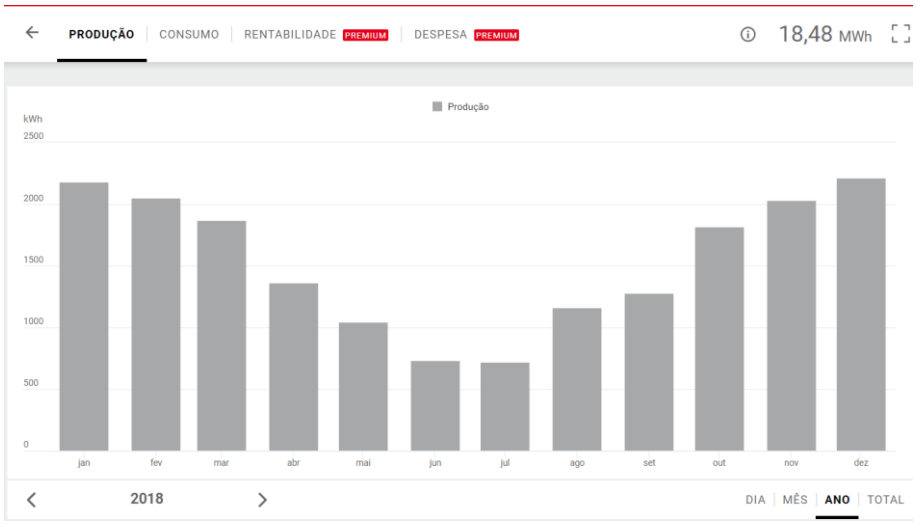
Fonte: Autor, 2019

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo serão tratadas as normas a serem seguidas, os instrumentos de proteção acerca do patrimônio, plano diretor e decretos da cidade de Santa Maria.

Para realizar a análise de desempenho do sistema, considerou-se um período de um ano, tendo início em 01/01/2018 e término em 31/12/2018. Toda a energia gerada é lida pelo inversor e mandada a um servidor online, que cria um banco de dados e fornece toda a informação em um site. Sendo assim, foi possível levantar os dados mensais de geração durante o período de um ano. A figura 19 apresenta a geração para o período em questão.

Figura 19: Gráfico Geração de energia período de um ano



Fonte: Solar Web, manipulado pelo Autor, 2019

Considerando que o principal objetivo para a instalação dessa micro usina no estabelecimento comercial era reduzir os custos com energia elétrica, e analisando os valores de produção de energia reais e estimados, observa-se que o sistema apresenta um rendimento satisfatório, gerando um montante de 18,48 MWh no ano de 2018, totalizando uma média mensal de 1540 kWp satisfazendo as condições pré-estabelecidas anteriormente.

Para melhor compreensão dos dados foram coletadas informações de uma simulação do arranjo fotovoltaico em diversas orientações. Incialmente foram determinados alguns parâmetros para a realização da simulação como apresentado na tabela a seguir.

Quadro 5:Parâmetros de referência 1500 Wp, com inclinação igual à latitude local e ângulo azimutal 0°

Cidade	Latitude	Energia Anual (kWh)	Produtividade (kWh/kWp)	Taxa de desempenho	Fator de Capacidade (%)
Santa Maria - RS	29,7°S	2047	1362	0,78	15,5

Fonte: Desempenho de um sistema fotovoltaico em 10 cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. Revista Brasileira de Energia Solar ano 8, 2017.

Figura 20: Resultado da simulação.

azimute	Sul		Oeste							Norte							Leste	
(°)	180	225	270	290	310	320	330	340	350	0	10	20	30	40	50	70	90	135
ângulo de inclinação (°)																		
0	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
5	0.89	0.90	0.92	0.93	0.94	0.94	0.94	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.92	0.90
10	0.86	0.88	0.92	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.96	0.96	0.95	0.93	0.91	0.87
15	0.82	0.85	0.91	0.94	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.97	0.96	0.93	0.90	0.84
20	0.77	0.81	0.90	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	0.99	0.99	0.98	0.97	0.96	0.93	0.89	0.81
25	0.72	0.78	0.88	0.93	0.96	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.96	0.92	0.87	0.77
30	0.67	0.74	0.87	0.92	0.96	0.97	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.91	0.86	0.73
35	0.62	0.70	0.85	0.90	0.95	0.96	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	0.98	0.97	0.95	0.94	0.89	0.83	0.69
40	0.57	0.66	0.82	0.88	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.97	0.97	0.96	0.94	0.92	0.87	0.81	0.65
50	0.48	0.58	0.77	0.84	0.89	0.91	0.92	0.93	0.93	0.93	0.93	0.92	0.91	0.89	0.88	0.82	0.76	0.58
60	0.40	0.51	0.71	0.78	0.83	0.84	0.86	0.86	0.87	0.87	0.86	0.86	0.85	0.83	0.82	0.77	0.70	0.51
70	0.32	0.45	0.65	0.71	0.75	0.77	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.77	0.77	0.76	0.74	0.70	0.64	0.44
80	0.27	0.40	0.58	0.64	0.67	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	0.63	0.57	0.39
90	0.24	0.35	0.52	0.56	0.58	0.58	0.58	0.57	0.56	0.56	0.56	0.56	0.57	0.57	0.57	0.55	0.50	0.35

Fonte: Desempenho de um sistema fotovoltaico em 10 cidades brasileiras com diferentes orientações do painel. Revista Brasileira de Energia Solar ano 8, 2017.

A partir da análise da figura 20, é possível observar que a energia anual produzida difere em menos de 1% em relação a uma faixa de orientação relativamente ampla do arranjo fotovoltaico. Os dados também mostram que mesmo os telhados orientados em até 50° nordeste ou noroeste com inclinações de 15 a 20° ainda têm uma produção anual estimada apenas 5% menor que o sistema fotovoltaico de referência, com a orientação considerada ideal geometricamente. Outro dado interessante dessa análise é a possibilidade de verificar a viabilidade de uma instalação em um prédio cujas águas do telhado estejam orientadas na direção leste / oeste, permitindo decidir qual é a orientação preferida nesse caso.

Após a análise das simulações e levantamentos bibliográficos é possível observar que o maior aproveitamento da irradiação solar, onde o painel captaria o máximo de luminosidade, é a direção Norte. Pensando em um sistema ideal, longe de sombreamento e intempéries, recomenda-se fazer a instalação dos painéis fotovoltaicos voltados para o

Norte com ângulo de inclinação igual ao da latitude local, fator que influência diretamente na geração de energia de cada painel fotovoltaico.

É importante destacar que em instalações de usinas fotovoltaicas no solo, uma inclinação menor dos módulos fotovoltaicos é preferível a uma inclinação maior, pois além da produção de eletricidade anual não ser substancialmente afetada como previsto na simulação, a menor inclinação permite o maior adensamento das fileiras de módulos fotovoltaicos. Com a distância entre fileiras para evitar o sombreamento reduzida há a melhor ocupação do terreno.

O sistema analisado foi instalado com sua orientação solar voltada para leste e oeste, e uma angulação de 18° fazendo com que o mesmo esteja praticamente em condições ideais priorizando maior eficiência e melhor custo benefício para o investimento. É de conhecimento do autor que a melhor orientação solar para a instalação do sistema é o Norte, mas diante das possibilidades e de acordo com as simulações acima apresentadas a instalação na orientação leste e oeste faz com que o arranjo fotovoltaico possa apresentar também resultados satisfatórios.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado mostra que, apesar da necessidade de um investimento inicial por vezes considerado alto pelo consumidor, a energia solar fotovoltaica se caracteriza pelo elevado grau de confiabilidade e pela alta flexibilidade, se for utilizada uma metodologia correta para o dimensionamento do sistema esta fonte renovável de energia vem difundindo-se em todos os países do mundo e contribuindo para a diversificação da matriz energética, a redução de danos ao meio ambiente na geração de energia elétrica e também contribuindo para melhorar o setor econômico de muitos países.

Uma contribuição deste trabalho é auxiliar na construção de um dimensionamento de um sistema fotovoltaico, apresentando os principais passos e etapas na elaboração de projetos visando sempre melhorar a eficiência. Como resultado desta experiência prática, confirmou-se que um sistema de energia solar fotovoltaica instalado na cidade de Santa Maria apresenta dados de geração de energia que o classificam como eficiente.

É importante também, que a população saiba dos benefícios e vantagens em se optar por esse tipo de tecnologia, através de campanha promocional e explicativa, pois o que é desconhecido normalmente sofre rejeição, gerando baixa demanda.

Finalmente o incentivo governamental através de mecanismos de subsídios e diminuição de impostos se faz importante, visto que o aumento da participação das energias renováveis na matriz energética brasileira produziria aumento de externalidades positivas para toda a sociedade.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NR10 SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDA**. Disponível em <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>.Acesso em 20 de out de 2019.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NR26 SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA**. Disponível em <http://www.normaslegais.com.br/legislacao/trabalhista/nr/nr26.htm>. Acesso em 20 de out de 2019.

ABNT NBR 5410 – **INSTALAÇÕES ELÉTRICAS DE BAIXA TENSÃO.** Disponível em <https://hosting.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/normas%20e%20relat%F3rios/NRs/nbr_5410.pdf>.Acesso em 15 de set de 2019.

AGUILAR, R.S; OLIVEIRA, L.C.S; ARCANJO, G.L.F. **Energia Renovável: Os Ganhos E Os Impactos Sociais, Ambientais E Econômicos Nas Indústrias Brasileiras.** In: XXXII Encontro Nacional De Engenharia De Producao. Bento Gonçalves. Rio Grande do Sul: UFRGS, 2012.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa Nº 482.** 2012. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 06 de out. 2015.

AZEVEDO, P.J.S. **Uma análise dos efeitos da crise econômico-financeira sobre as políticas de incentivo às energias renováveis.** Dissertação Universidade do Porto, 2013.

BLUE SOL. **Módulos fotovoltaicos**. Disponível em: https://blog.bluesol.com.br/modulo-fotovoltaico/. Acesso em 03 de out de 2019.

CAVALCANTI A. A. **Avaliação de desempenho em sistemas fotovoltaicos de micro e minigeração distribuída através da análise de envoltória de dados**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federa de Pernambuco - UFPE. Recife, PE, 2018.

CEMIG - COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Alternativas Energéticas: uma visão Cemig.** Belo Horizonte: CEMIG, 2012.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA. **As energias solar e eólica no Brasil.** 2013. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/download/casasolar/casasolar2013.pdf>. Acesso em: 03 de out de 2019.

CEPEL – CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA; CRESESB – CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, RJ: Especial 2014.

DUTRA, J. C. D. N.; BOFF, V. Â.; SILVEIRA, J. S. T.; ÁVILA, L. V. **Uma Análise do Panorama das Regiões Missões e Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul sob o Prisma da Energia Eólica e Solar Fotovoltaica como Fontes Alternativas de Energia.** Revista Paranaense de Desenvolvimento-RPD, v. 34, n. 124, p. 225-243, 2013.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Brasil já está entre os 30 maiores geradores de energia fotovoltaica.** Disponível em, <https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2018/09/brasil-ja-esta-entre-os-dez-maiores-geradores-de-energia-fotovoltaica.shtml>. Acesso em 20 de out de 2019.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. **As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental**. Revista Nexos Econômicos, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

GASPARIN, F.; KRENZINGER, A. **DESEMPENHO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO EM DEZ CIDADES BRASILEIRAS COM DIFERENTES ORIENTAÇÕES DO PAINEL.** Revista Brasileira de Energia Solar Ano 8 Volume VIII nº 1 julho de 2017 p.10-17. Disponível em <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens >. Acesso em 28 de out de 2019.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

GORE, A. **Nossa escolha: um plano para solucionar a crise climática**. Our choice: a plan to solve the climate crisis. Barueri, SP: Manole, 2010

GREENPEACE. **Cartilha Solar 2013**. Disponível em http://www.greenpeace.org. Acesso em 16 de set de 2019.

IMHOFF, J. **Desenvolvimento de Conversores Estáticos para Sistemas Fotovoltaicos Autônomos.** Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2007.

MANUAL DE DISERTAÇÕES E TESES DA UFSM. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/biblioteca/phocadownload/Manual_de_Dissertacoes_e_Teses-2015.pdf>. Acesso em 08 de dez de 2019.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. Fundamentos da metodologia científica. São Paulo: Altas, 2010.

MESSENGER, R.; VENTRE, J. **Photovoltaic Systems Engineering.** Boca Raton: CRC Press, 2010.

MIGUEL, P.A.C. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MIRANDA, F. **Energia Solar Fotovoltaica: Uma breve revisão**. Revista virtual de química. Niterói, RJ, vol. 7, n. 1, p. 126-143, 14, out. 2014.

PEREIRA, F.; OLIVEIRA, M. **Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica**.

Porto: Publindústria, 2011.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

PRODIST MÓDULO 3 – **ACESSO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO.** Disponível em <https://www.aneel.gov.br/modulo-3>. Acesso em 10 de out de 2019.

Resolução Normativa nº 482/2012. **Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências**. Brasília, DF, 2012.

RIC BT – **REGULAMENTO DE INSTALAÇÕES CONSUMIDORAS DE BAIXA TENSÃO**. Disponível em <http://www.ceee.com.br/pportal/ceee/Archives/Upload/RIC_BT_2016_Vers%C3%A3o_1.5_52034.pdf>. Acesso em 15 de out de 2019.

RUTHER, R. – **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial de geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligadas a rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis, SC: Labsolar, 2004.

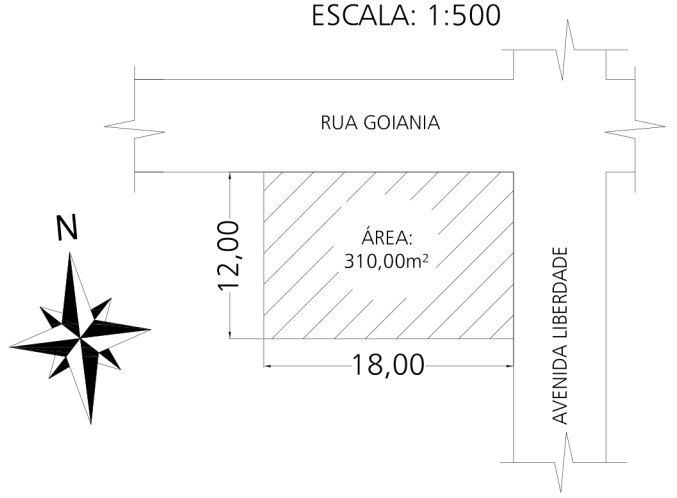
VALLÊRA AM, BRITO MC. **Meio século de história fotovoltaica** [internet]. Lisboa, Gazeta da física, v. 29, 2006, acesso em 20 de novembro de 2019. Disponível em: http://solar.fc.ul.pt/gazeta2006. pdf.

STROM BRASIL. **Sistemas *on grid* e *off grid*.** Disponível em <http://www.strombrasil.com.br/sistemas-on-grid-e-off-grid/>. Acesso em 04 de nov de 2019.

WANDERLEY, A. C. F. e CAMPOS, A. L P. S. **Perspectivas de inserção da energia solar fotovoltaica na geração de energia elétrica no Rio Grande do Norte.** Revista Holos 2013. Disponível em <http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/1493/677>. Acesso em 20 de out de 2019.

ZILLES, R.; MACÊDO, W. W.; GALHARDO, M. A. B.; OLIVERIRA, S. H. F. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

PLANTA DE SITUAÇÃO/LOCALIZAÇÃO
ESCALA: 1:500



DETALHE 1
PLACA DE SINALIZAÇÃO

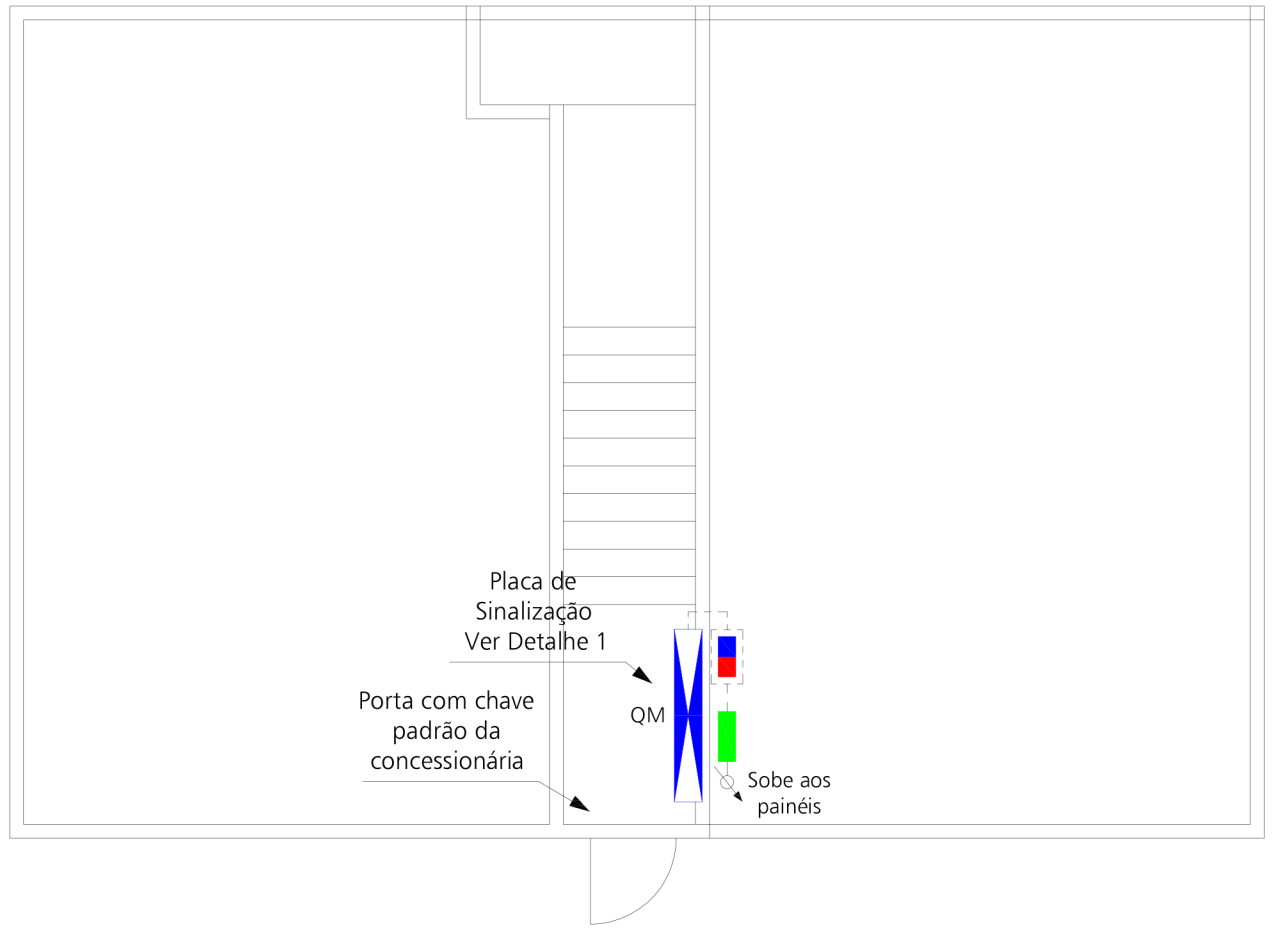
LEGENDA:

	Proteções de corrente contínua
	Proteções de corrente alternada
	String Box com proteções CC/AC
	Inversor SYMO 12.5-3-M
CD X	Centro de distribuição
QM	Quadro de medidores
	Arranjo 1 - 20 painéis 325 Wp
	Arranjo 2 - 12 painéis 325 Wp
	Arranjo 3 - 12 painéis 325 Wp

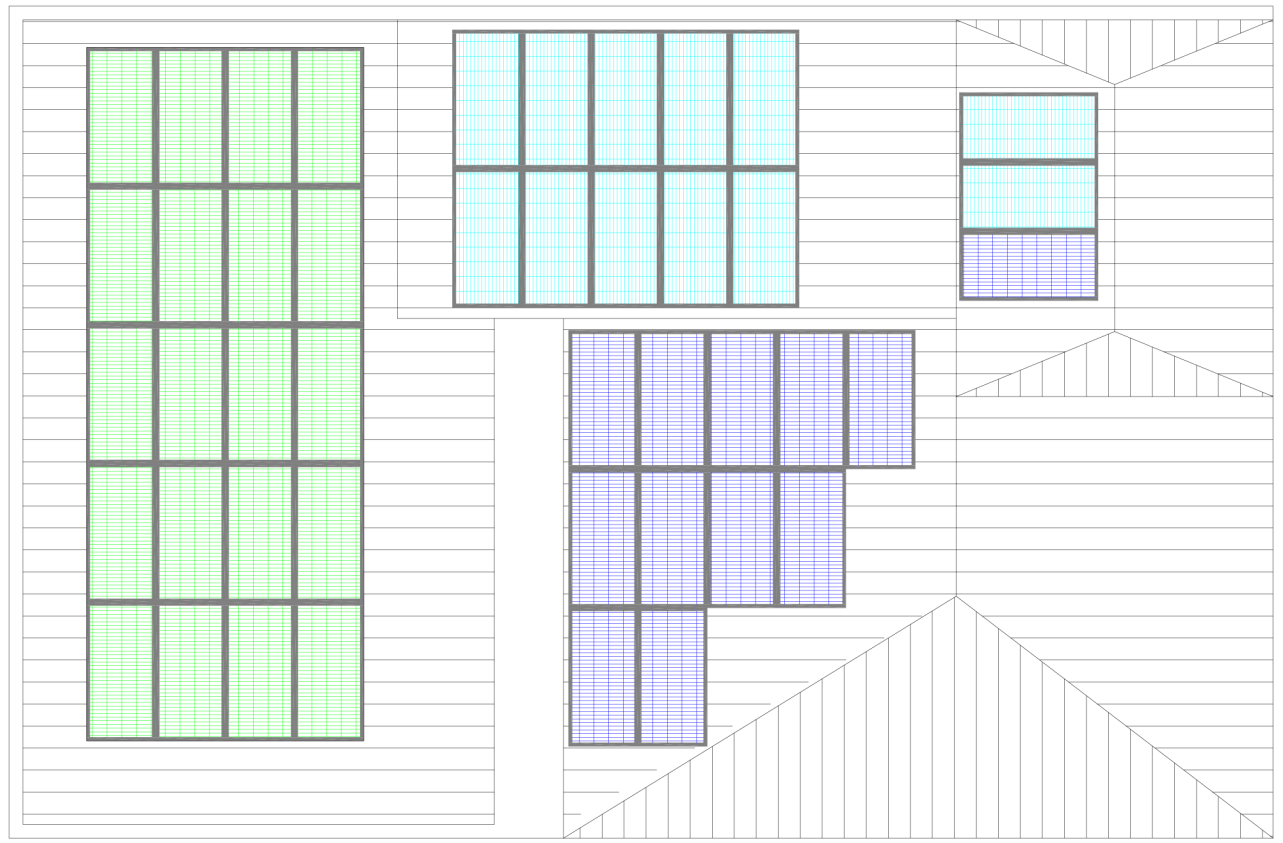
Considerações importantes:

1. Fixar na porta do Quadro de Medidores a placa sinalização apresentada no "Detalhe 1"através de parafusos ou rebites;
2. Os cabos que interligam os painéis devem ser fixados em sua estrutura de forma a não sofrer danos pela ação do vendo. Esta fixação pode ser realizada através de presilhas;
3. É recomendada a inspeção anual nos painéis para verificar o excesso de sujeira e consequente reduçã da capacidade de geração de energia do sistema;
4. Os instaladores devem possuir, obrigatóriamente, o curso de NR-10 (Segurança em Eletricidade) e NR-35 (Trabalho em altura) atualizados e qualificados por empresa/profissional competente. A não qualificação implica em impossibilidade de execução dos serviços por parte destes profissionais;
5. É obrigatória a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) durante toda a montagem do sistema. Os equipamentos mínimos a serem usados são capacetece, óculos, botina, luva, e todos estes devem possuir Certificado de Aprovação - CA emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego;
6. A colocação em operação do presente sistema só é possível após a aprovação por parte da concessionária local e consequente troca do medidor existente na edificação;
7. O acompanhamento da montagem dos painéis da referida edificação deve ser realizado por profissional habilitado, capacitado e autorizado;
8. O engenheiro eletricista que assina este projeto é responsável somente pelo projeto do sistema fotovoltaico e não pelos projetos que envolvam as estruturas de fixação e suporte dos painéis fotovoltaicos.

PLANTA BAIXA
POSICIONAMENTO DOS INVERSORES, STRING BOX E MEDIÇÃO
ESCALA: 1:100



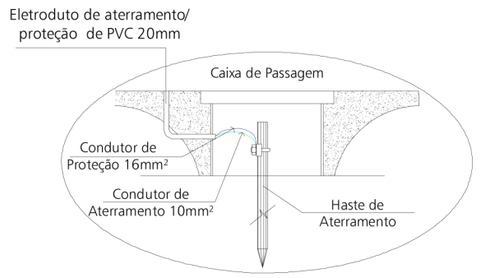
PLANTA BAIXA
POSICIONAMENTO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS
ESCALA: 1:100



Considerações importantes:

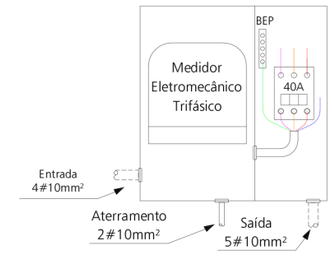
1. Fixar na porta do Quadro de Medidores a placa sinalização apresentada no "Detalhe 1"através de parafusos ou rebites;
2. Os cabos que interligam os painéis devem ser fixados em sua estrutura de forma a não sofrer danos pela ação do vendo. Esta fixação pode ser realizada através de presilhas;
3. É recomendada a inspeção anual nos painéis para verificar o excesso de sujeira e consequente redução da capacidade de geração de energia do sistema;
4. Os instaladores devem possuir, obrigatóriamente, o curso de NR-10 (Segurança em Eletricidade) e NR-35 (Trabalho em altura) atualizados e qualificados por empresa/profissional competente. A não qualificação implica em impossibilidade de execução dos serviços por parte destes profissionais;
5. É obrigatória a utilização de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) durante toda a montagem do sistema. Os equipamentos mínimos a serem usados são capacetece, óculos, botina, luva, e todos estes devem possuir Certificado de Aprovação - CA emitido pelo Ministério do Trabalho e Emprego;
6. A colocação em operação do presente sistema só é possível após a aprovação por parte da concessionária local e consequente troca do medidor existente na edificação;
7. O acompanhamento da montagem dos painéis da referida edificação deve ser realizado por profissional habilitado, capacitado e autorizado;
8. O engenheiro eletricista que assina este projeto é responsável somente pelo projeto do sistema fotovoltaico e não pelos projetos que envolvam as estruturas de fixação e suporte dos painéis fotovoltaicos.

DETALHE 2
CAVIDADE DE INSPEÇÃO



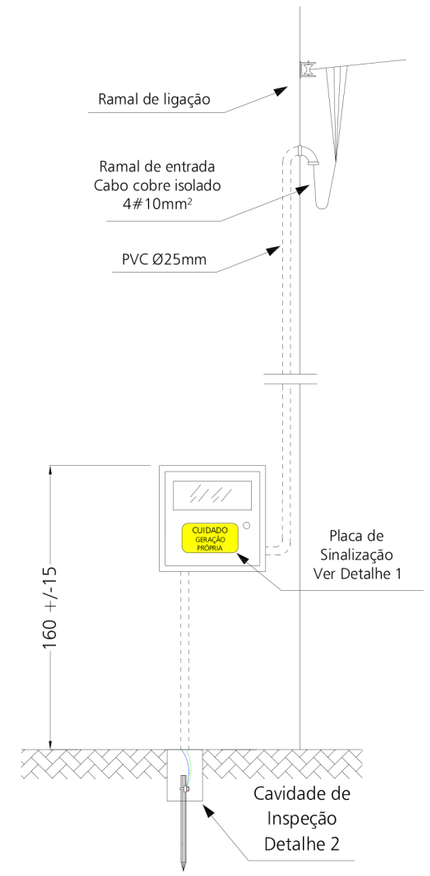
Função	Descrição
59	Sobretensão (todas as fases)
25	Check de Sincronismo
78	Anti - ilhamento
27	Subtensão (todas as fases)
81o/u	Sobre e sub frequência
81 df/dt	Derivada de frequência

DETALHES DO QUADRO DE MEDIDORES
SEM ESCALA



DETALHE 1
PLACA DE SINALIZAÇÃO

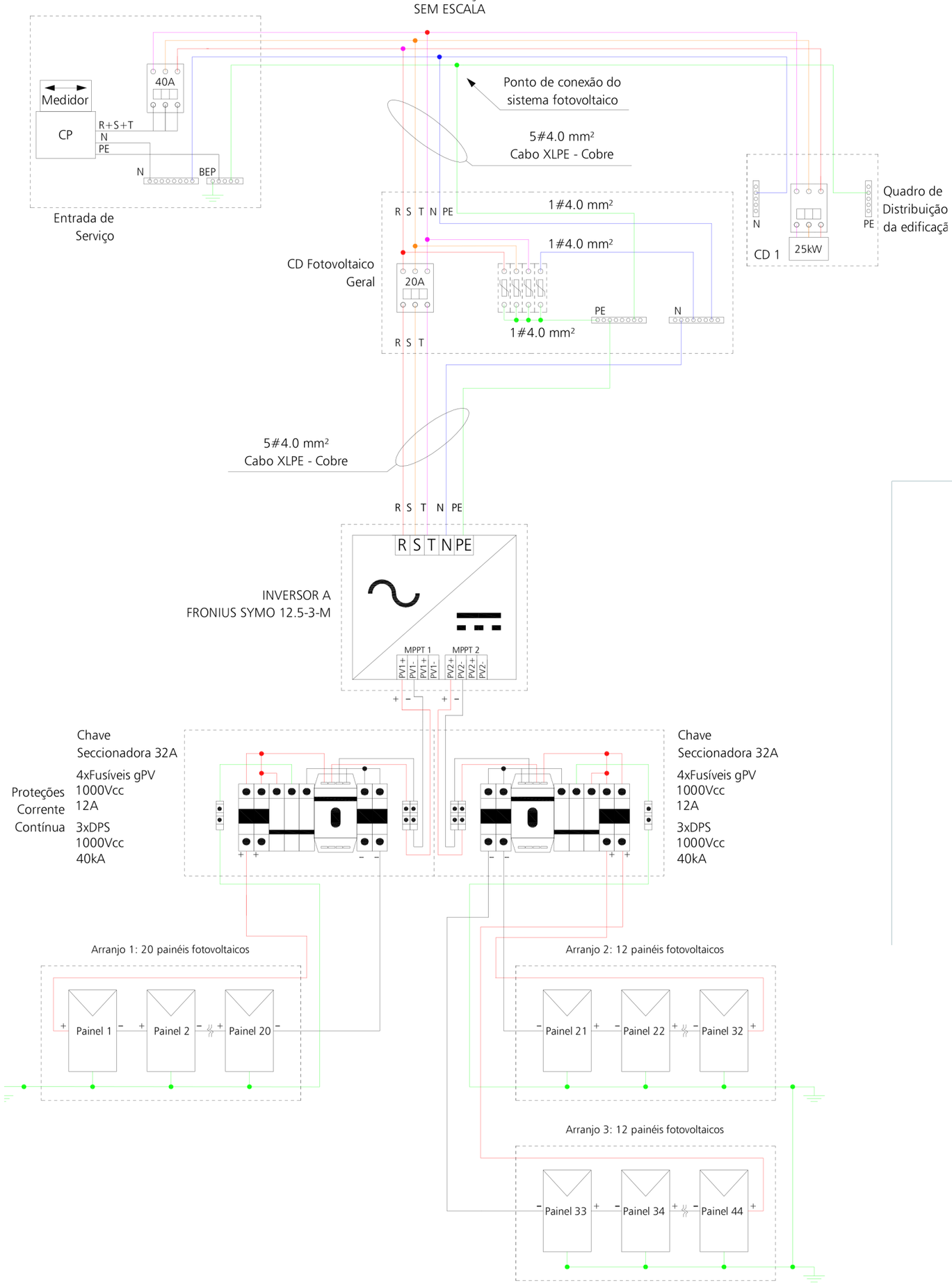
CENTRO DE MEDIÇÃO
SEM ESCALA



LEGENDA:

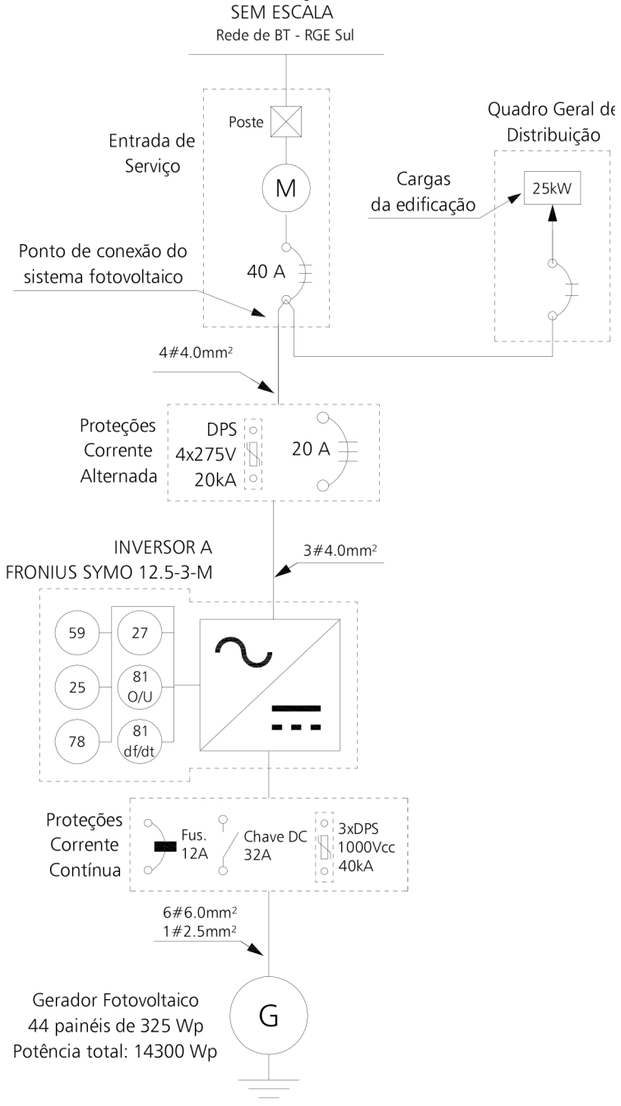
R S T N PE + -	Condutores Fase, Neutro, Proteção, Positivo e Negativo
N PE BEP	Barramento de Neutro, Proteção e Equipotencialização
XX A	Disjuntor trifásico de corrente alternada
XX A	Disjuntor monofásico de corrente alternada
XXA	Conjunto fusível de corrente contínua para 2 pólos
DPS XX V XX kA	Dispositivo de Proteção Contra Surtos - DPS
	Chave Seccionadora DC
	Painel fotovoltaico - 325 Wp
	Inversor SYMO 12.5-3-M com funções 59,27, 25, 81, 78
Medidor CP M	Medidor eletrônico bidirecional a ser instalado no quadro de medidores

DIAGRAMA DE TRIFILAR COM INDICAÇÃO DO PONTO DE CONEXÃO
SEM ESCALA



Sistema Total: 44 painéis fotovoltaicos de 325 Wp
Potência Total: 14300 Wp
Área total: 85,55 m²

DIAGRAMA UNIFILAR COM INDICAÇÃO DO PONTO DE CONEXÃO
SEM ESCALA



Sistema Total: 44 painéis fotovoltaicos de 325 Wp
Potência Total: 14300 Wp
Área total: 85,55 m²

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL

RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012

Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Texto Integral

Módulos do PRODIST

Voto

O DIRETOR-GERAL DA AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, no uso de suas atribuições regimentais, de acordo com deliberação da Diretoria, tendo em vista o disposto na Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, no art. 4º, inciso XX, Anexo I, do Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, na Lei nº 9.478, de 6 de agosto de 1997, na Lei nº 10.848, de 15 de março de 2004, no Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, o que consta no Processo nº 48500.004924/2010-51 e considerando:

as contribuições recebidas na Consulta Pública nº 15/2010, realizada por intercâmbio documental no período de 10 de setembro a 9 de novembro de 2010 e

as contribuições recebidas na Audiência Pública nº 42/2011, realizadas no período de 11 de agosto a 14 de outubro de 2011, resolve:

CAPÍTULO I

DAS DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 1º Estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica. .

Art. 2º Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 5MW e que utilize cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; (Redação dada pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IV - melhoria: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, visando manter a prestação de serviço adequado de energia elétrica; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

V - reforço: instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalações de distribuição existentes, ou a adequação destas instalações, para aumento de capacidade de distribuição, de confiabilidade do sistema de distribuição, de vida útil ou para conexão de usuários; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VI – empreendimento com múltiplas unidades consumidoras: caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII – geração compartilhada: caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VIII – autoconsumo remoto: caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º É vedado o enquadramento como microgeração ou minigeração distribuída das centrais geradoras que já tenham sido objeto de registro, concessão, permissão ou autorização, ou tenham entrado em operação comercial ou tenham tido sua energia elétrica contabilizada no âmbito da CCEE ou comprometida diretamente com concessionária ou permissionária de distribuição de energia elétrica, devendo a distribuidora identificar esses casos. (Inserido pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

§2º A vedação de que trata o §1º não se aplica aos empreendimentos que tenham protocolado a solicitação de acesso, nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, em data anterior a publicação deste regulamento. (Inserido pela REN ANEEL 786, de 17.10.2017)

CAPÍTULO II

DO ACESSO AOS SISTEMAS DE DISTRIBUIÇÃO

Art. 3º As distribuidoras deverão adequar seus sistemas comerciais e elaborar ou revisar normas técnicas para tratar do acesso de microgeração e minigeração distribuída, utilizando como referência os Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST, as normas técnicas brasileiras e, de forma complementar, as normas internacionais.

§1º O prazo para a distribuidora efetuar as alterações de que trata o *caput* e publicar as referidas normas técnicas em seu endereço eletrônico é de 240 (duzentos e quarenta) dias, contados da publicação desta Resolução.

§2º Após o prazo do § 1º, a distribuidora deverá atender às solicitações de acesso para microgeradores e minigeradores distribuídos nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST.

Art. 4º - Fica dispensada a assinatura de contratos de uso e conexão na qualidade de central geradora para os participantes do sistema de compensação de energia elétrica, nos termos do Capítulo III, sendo suficiente a emissão pela Distribuidora do Relacionamento Operacional para a microgeração e a celebração do Acordo Operativo para a minigeração, nos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º A potência instalada da microgeração e da minigeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada, nos termos do inciso LX, art. 2º da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º Caso o consumidor deseje instalar central geradora com potência superior ao limite estabelecido no §1º, deve solicitar o aumento da potência disponibilizada, nos termos do art. 27 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, sendo dispensado o aumento da carga instalada. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§ 3º É vedada a divisão de central geradora em unidades de menor porte para se enquadrar nos limites de potência para microgeração ou minigeração distribuída, devendo a distribuidora identificar esses casos, solicitar a readequação da instalação e, caso não atendido, negar a adesão ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§4º Para a determinação do limite da potência instalada da central geradora localizada em empreendimento de múltiplas unidades consumidoras, deve-se considerar a potência disponibilizada pela distribuidora para o atendimento do empreendimento. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§5º Para a solicitação de fornecimento inicial de unidade consumidora que inclua microgeração ou minigeração distribuída, a distribuidora deve observar os prazos estabelecidos na Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST para emitir a informação ou o parecer de acesso, bem como os prazos de execução de obras previstos na Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§6º Para os casos de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada, a solicitação de acesso deve ser acompanhada da cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 5º Quando da conexão de nova unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, ou no caso do §2º do art. 4º, aplicam-se as regras de participação financeira do consumidor definidas em regulamento específico. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

§1º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração distribuída não devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor, sendo integralmente arcados pela distribuidora, exceto para o caso de geração compartilhada. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º Os custos de eventuais melhorias ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de minigeração distribuída devem fazer parte do cálculo da participação financeira do consumidor. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO III

DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 6º Podem aderir ao sistema de compensação de energia elétrica os consumidores responsáveis por unidade consumidora: (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

I – com microgeração ou minigeração distribuída; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II – integrante de empreendimento de múltiplas unidades consumidoras; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

III – caracterizada como geração compartilhada; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IV – caracterizada como autoconsumo remoto. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60 (sessenta) meses. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º A adesão ao sistema de compensação de energia elétrica não se aplica aos consumidores livres ou especiais. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 6-A A distribuidora não pode incluir os consumidores no sistema de compensação de energia elétrica nos casos em que for detectado, no documento que comprova a posse ou propriedade do imóvel onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída, que o consumidor tenha alugado ou arrendado terrenos, lotes e propriedades em condições nas quais o valor do aluguel ou do arrendamento se dê em reais por unidade de energia elétrica. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 7º No faturamento de unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia elétrica devem ser observados os seguintes procedimentos: (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

I - deve ser cobrado, no mínimo, o valor referente ao custo de disponibilidade para o consumidor do grupo B, ou da demanda contratada para o consumidor do grupo A, conforme o caso; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

II – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída, exceto para aquelas de que trata o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos a energia injetada e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R$/MWh; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

III – para o caso de unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída a que se refere o inciso II do art. 6º, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R$/MWh; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IV – o excedente de energia é a diferença positiva entre a energia injetada e a consumida, exceto para o caso de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras, em que o excedente é igual à energia injetada; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

V – quando o crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores for utilizado para compensar o consumo, não se deve debitar do saldo atual o montante de energia equivalente ao custo de disponibilidade, aplicado aos consumidores do grupo B; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VI - o excedente de energia que não tenha sido compensado na própria unidade consumidora pode ser utilizado para compensar o consumo de outras unidades consumidoras, observando o enquadramento como empreendimento com múltiplas unidades consumidoras, geração compartilhada ou autoconsumo remoto; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VII - para o caso de unidade consumidora em local diferente da geração, o faturamento deve considerar a energia consumida, deduzidos o percentual de energia excedente alocado a essa unidade consumidora e eventual crédito de energia acumulado em ciclos de faturamentos anteriores, por posto tarifário, quando for o caso, sobre os quais deverão incidir todas as componentes da tarifa em R$/MWh; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

VIII - o titular da unidade consumidora onde se encontra instalada a microgeração ou minigeração distribuída deve definir o percentual da energia excedente que será destinado a cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, podendo solicitar a alteração junto à distribuidora, desde que efetuada por escrito, com antecedência mínima de 60 (sessenta) dias de sua aplicação e, para o caso de empreendimento com múltiplas unidades consumidoras ou geração compartilhada, acompanhada da cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

IX - para cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, encerrada a compensação de energia dentro do mesmo ciclo de faturamento, os créditos remanescentes devem permanecer na unidade consumidora a que foram destinados; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

X - quando a unidade consumidora onde ocorreu a geração excedente for faturada na modalidade convencional, os créditos gerados devem ser considerados como geração em período fora de ponta no caso de se utilizá-los em outra unidade consumidora; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação dos valores das tarifas de energia – TE (R$/MWh), publicadas nas Resoluções Homologatórias que aprovam os processos tarifários, se houver; (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XII - os créditos de energia ativa expiram em 60 (sessenta) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XIII - eventuais créditos de energia ativa existentes no momento do encerramento da relação contratual do consumidor devem ser contabilizados pela distribuidora em nome do titular da respectiva unidade consumidora pelo prazo máximo de 60 (sessenta) meses após a data do faturamento, exceto se houver outra unidade consumidora sob a mesma titularidade e na mesma área de concessão, sendo permitida, nesse caso, a transferência dos créditos restantes; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XIV – adicionalmente às informações definidas na Resolução Normativa nº 414, de 2010, a fatura dos consumidores que possuem microgeração ou minigeração distribuída deve conter, a cada ciclo de faturamento: (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

a) informação da participação da unidade consumidora no sistema de compensação de energia elétrica; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

b) o saldo anterior de créditos em kWh; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

c) a energia elétrica ativa consumida, por posto tarifário; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

d) a energia elétrica ativa injetada, por posto tarifário; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

e) histórico da energia elétrica ativa consumida e da injetada nos últimos 12 ciclos de faturamento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

f) o total de créditos utilizados no ciclo de faturamento, discriminados por unidade consumidora; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

g) o total de créditos expirados no ciclo de faturamento; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

h) o saldo atualizado de créditos; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

i) a próxima parcela do saldo atualizado de créditos a expirar e o ciclo de faturamento em que ocorrerá; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XV - as informações elencadas no inciso XIV podem ser fornecidas ao consumidor, a critério da distribuidora, por meio de um demonstrativo específico anexo à fatura, correio eletrônico ou disponibilizado pela internet em um espaço de acesso restrito, devendo a fatura conter, nesses casos, no mínimo as informações elencadas nas alíneas "a","c", "d" e "h" do referido inciso; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVI - para as unidades consumidoras cadastradas no sistema de compensação de energia elétrica que não possuem microgeração ou minigeração distribuída instalada, além da informação de sua participação no sistema de compensação de energia, a fatura deve conter o total de créditos utilizados na correspondente unidade consumidora por posto tarifário, se houver; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVII - para as unidades consumidoras atendidas em tensão primária com equipamentos de medição instalados no secundário dos transformadores deve ser deduzida a perda por transformação da energia injetada por essa unidade consumidora, nos termos do art. 94 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010; (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XVIII – os créditos são determinados em termos de energia elétrica ativa, não estando sua quantidade sujeita a alterações nas tarifas de energia elétrica; e(Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

XIX – para unidades consumidoras classificados na subclasse residencial baixa renda deve-se, primeiramente, aplicar as regras de faturamento previstas neste artigo e, em seguida, conceder os descontos conforme estabelecido na Resolução Normativa nº 414, de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Os efeitos tarifários decorrentes do sistema de compensação de energia elétrica serão contemplados nos Procedimentos de Regulação Tarifária – PRORET. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§ 2º A cobrança das bandeiras tarifárias deve ser efetuada sobre o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado, nos termos deste artigo. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO IV

DA MEDIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Art. 8º - A distribuidora é responsável técnica e financeiramente pelo sistema de medição para microgeração distribuída, de acordo com as especificações técnicas do PRODIST. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§1º Os custos de adequação do sistema de medição para a conexão de minigeração distribuída e de geração compartilhada são de responsabilidade do interessado. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

§2º Os custos de adequação a que se refere o §1º correspondem à diferença entre os custos dos componentes do sistema de medição requeridos para o sistema de compensação de energia elétrica e dos componentes do sistema de medição convencional utilizados em unidades consumidoras do mesmo nível de tensão. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 9º Após a adequação do sistema de medição, a distribuidora será responsável pela sua operação e manutenção, incluindo os custos de eventual substituição ou adequação.

Art. 10. A distribuidora deverá adequar o sistema de medição e iniciar o sistema de compensação de energia elétrica dentro do prazo para aprovação do ponto de conexão, conforme procedimentos e prazos estabelecidos na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

CAPÍTULO V

DAS RESPONSABILIDADES POR DANO AO SISTEMA ELÉTRICO

Art. 11. Aplica-se o estabelecido no *caput* e no inciso II do art. 164 da Resolução Normativa nº 414 de 9 de setembro de 2010, no caso de dano ao sistema elétrico de distribuição comprovadamente ocasionado por microgeração ou minigeração distribuída incentivada.

Art.12. Aplica-se o estabelecido no art. 170 da Resolução Normativa nº 414, de 2010, no caso de o consumidor gerar energia elétrica na sua unidade consumidora sem observar as normas e padrões da distribuidora local.

Parágrafo único. Caso seja comprovado que houve irregularidade na unidade consumidora, nos termos do *caput*, os créditos de energia ativa gerados no respectivo período não poderão ser utilizados no sistema de compensação de energia elétrica.

CAPÍTULO VI

DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art.13 Compete à distribuidora a responsabilidade pela coleta das informações das unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia elétrica e envio dos dados para registro junto à ANEEL, conforme modelo disponível no site da Agência. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Parágrafo único. Os dados para registro devem ser enviados até o dia 10 (dez) de cada mês, contendo os dados das unidades consumidoras com microgeração ou minigeração distribuída que entraram em operação no mês anterior. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 13-A A distribuidora deve disponibilizar, a partir de 1º de janeiro de 2017, sistema eletrônico que permita ao consumidor o envio da solicitação de acesso, de todos os documentos elencados nos anexos da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, e o acompanhamento de cada etapa do processo. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 13-B Aplicam-se às unidades consumidoras participantes do sistema de compensação de energia, de forma complementar, as disposições da Resolução Normativa nº 414, de 2010. (Incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art.14. Ficam aprovadas as revisões 4 do Módulo 1 – Introdução, e 4 do Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição, do PRODIST, de forma a contemplar a inclusão da Seção 3.7 – Acesso de Micro e Minigeração Distribuída com as adequações necessárias nesse Módulo.

Art. 15. A ANEEL irá revisar esta Resolução até 31 de dezembro de 2019. (Redação dada pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.)

Art. 16. Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação.

NELSON JOSÉ HÜBNER MOREIRA

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76 e o retificado no D.O. de 08.05.2012 e 19.09.2012.

(Retificada a nota explicativa (1) da Tabela 2 da Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST, pelo DSP SRD/ANEEL 720 de 25.03.2014)