



Universidade Federal de Ouro Preto  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Departamento de Engenharia Elétrica



## **Trabalho de Conclusão de Curso**

# **Procedimentos para projeto e Instalação de microgeração solar fotovoltaica**

**Lucas Miranda Silva Marques**

João Monlevade, MG  
2022

**Lucas Miranda Silva Marques**

# **Procedimentos para projeto e Instalação de microgeração solar fotovoltaica**

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Elétrica pelo Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto.  
Orientador: Prof. Dr. Thaian Santos Theodoro

**Universidade Federal de Ouro Preto**  
**João Monlevade**  
**2022**

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M357p Marques, Lucas Miranda Silva.  
Procedimentos para projeto e instalação de microgeração solar  
fotovoltaica. [manuscrito] / Lucas Miranda Silva Marques. - 2022.  
132 f.

Orientador: Prof. Dr. Thainan Santos Theodoro.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto.  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Graduação em Engenharia  
Elétrica .

1. Energia elétrica. 2. Energia solar. 3. Fluxogramas. 4. Geração  
distribuída de energia elétrica. 5. Sistemas de energia fotovoltaica -  
Projeto. I. Theodoro, Thainan Santos. II. Universidade Federal de Ouro  
Preto. III. Título.

CDU 621.31

Bibliotecário(a) Responsável: Flavia Reis - CRB6-2431



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
REITORIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETRICA



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Lucas Miranda da Silva Marques**

### Procedimentos para projeto e instalação de microgeração solar fotovoltaica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica

Aprovada em 01 de novembro de 2022

#### Membros da banca

- [D.Sc] - Thainan Santos Theodoro - Orientador(a) (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [D.Sc] - Welbert Alves Rodrigues - (Universidade Federal de Ouro Preto)
- [D.Sc] - Igor Dias Neto de Souza - (Universidade Federal de Ouro Preto)

Thainan Santos Theodoro, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 14/11/2022



Documento assinado eletronicamente por **Thainan Santos Theodoro, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 14/11/2022, às 09:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0420713** e o código CRC **939B526F**.

Referência: Caso responda este documento, indicar expressamente o Processo nº 23109.014875/2022-08

SEI nº 0420713

R. Diogo de Vasconcelos, 122, - Bairro Pilar Ouro Preto/MG, CEP 35402-163  
Telefone: (31)3808-0818 - www.ufop.br

# Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por me capacitar e dar força para vencer cada etapa e desafios de toda jornada acadêmica.

À minha família, por todo apoio e compreensão até hoje, contribuindo imensamente para que eu pudesse completar essa importante etapa da minha vida.

Em especial aos meus pais, Célio Miranda e Elisangela Silva, e meu irmão Pedro Henrique.

Aos amigos que fiz durante esta jornada.

Ao corpo docente do Departamento de Engenharia Elétrica pelo comprometimento e dedicação.

A minha instituição por ter me dado a oportunidade e ferramentas necessárias para chegar hoje ao final deste ciclo.

E finalmente ao meu orientador, professor Thainan Santos Theodoro pelo apoio ao longo deste projeto, sempre solícito e disposto a me ajudar sempre que preciso.

*"Consagre ao Senhor tudo o que você faz, e os seus planos serão bem-sucedidos."*

*PV 16:3*

# Resumo

Os projetos de sistemas de microgeração fotovoltaica conectados à rede elétrica, são aqueles que possuem potência de geração até  $75\text{ kW}$ . Estes sistemas estão em constante evolução, por conta disso são poucos os documentos completos, adequados e atualizados que se encontram na literatura. Este trabalho tem por finalidade realizar uma revisão bibliográfica sobre estes sistemas e as normas que os norteiam. Além disso, é proposto um fluxograma de projeto para sistemas de microgeração fotovoltaica conectado à rede. O fluxograma apresentado sintetiza os passos de projeto de sistema em partes menores, iniciando com as avaliações iniciais, dimensionamento do sistema e dos componentes e concluindo com a solicitação de acesso junto à concessionária local. Ademais, foi proposto uma lista de boas ações a serem tomadas durante a execução de um projeto. Esta lista foi baseada em entrevistas realizadas com profissionais experientes na área. As principais contribuições deste trabalho são: *(i)* a sintetização dos informações fundamentais dos sistemas fotovoltaicos e das resoluções normativas vigentes, *(ii)* a simplificação no processo de projeto com o fluxograma proposto e *(iii)* a apresentação de boas práticas de projeto, baseadas nas entrevistas com profissionais na área.

**Palavras-chave:** Sistemas de Microgeração Fotovoltaica. Normas. Projeto. Fluxograma. Boas ações.

# Abstract

The projects of photovoltaic microgeneration systems connected to the electricity grid are those that have generation power up to 75 kW. These systems are constantly evolving, so there are few complete, adequate and updated documents found in the literature. This work aims to carry out a literature review on these systems and the rules that guide them. In addition, a design flowchart for grid-connected photovoltaic microgeneration systems is proposed. The flowchart presented summarizes the system design steps in smaller parts, starting with the initial assessments, sizing of the system and components and concluding with the access request from the local utility. In addition, a list of good actions to be taken during the execution of a project was proposed. This list was based on interviews with experienced professionals in the field. The main contributions of this work are: (i) the synthesis of the fundamental information of the photovoltaic systems and the current normative resolutions, (ii) the simplification in the design process with the proposed flowchart and (iii) the presentation of good design practices, based on interviews with professionals in the area.

**Keywords:** Photovoltaic Microgeneration Systems. Standards. Project. Flowchart.

Good actions.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplo Configuração Sistema Conectado à Rede. . . . .	6
Figura 2 – Perfil da irradiância solar ao longo do dia. . . . .	7
Figura 3 – Curva característica I x V de um módulo fotovoltaico. . . . .	9
Figura 4 – Linha do tempo das principais resoluções normativas relacionadas à sistemas de micro e minigeração no Brasil. . . . .	13
Figura 5 – Fluxograma de procedimentos de acesso de micro geradores ao sistema de distribuição da Cemig. . . . .	22
Figura 6 – Padrão de conexão entre acessante e rede de distribuição de baixa tensão da Cemig. . . . .	23
Figura 7 – Modelo da placa de advertência que deve ser instalado junto ao padrão de entrada. . . . .	23
Figura 8 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento de um projeto de microgeração solar fotovoltaica conectado à rede. . . . .	36
Figura 9 – Entrada de dados de latitude e longitude para obtenção dos dados de irradiação solar no site do CRESESB. . . . .	40
Figura 10 – Irradiação Solar diária média mensal da localidade mais próxima às coordenadas geográficas inseridas na pesquisa. . . . .	41
Figura 11 – Fluxograma das etapas a serem seguidas para a conexão do SFV com a rede, desde a solicitação de acesso até a conexão. . . . .	50
Figura 12 – Irradiação Solar diária média mensal da localidade mais próxima às coordenadas geográficas inseridas na pesquisa e retornado pelo banco de dados da Cepel. . . . .	57
Figura 13 – Instalação da estrutura de fixação das placas no telhado . . . . .	64
Figura 14 – Fixação dos microinversores na estrutura . . . . .	64
Figura 15 – Fixação das placas junto à estrutura de fixação no telhado . . . . .	64

# Lista de Siglas

<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>ANEEL</b>	Agência Nacional de Energia Elétrica
<b>CC</b>	Corrente Contínua
<b>CA</b>	Corrente Alternada
<b>CC/CA</b>	Corrente Contínua/Corrente Alternada
<b>CEMIG</b>	Companhia Energética de Minas Gerais
<b>CEPEL</b>	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
<b>CRESESB</b>	Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito
<b>DPS</b>	Dispositivo de Proteção contra Surtos
<b>FDI</b>	Fator de dimensionamento de inversores
<b>FP</b>	Fator de Potência
<b>FV</b>	Fotovoltaico
<b>GD</b>	Geração Distribuída
<b>GSF</b>	Geração Solar Fotovoltaica
<b>HSP</b>	Horas de Sol Pleno
<b>MPPT</b>	Ponto Rastreador de Máxima Potência
<b>MCGSF</b>	Micro Geração Solar Fotovoltaica
<b>NT</b>	Nota Técnica
<b>PRODIST</b>	Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica
<b>QD</b>	Quadro de Distribuição
<b>RN</b>	Resolução Normativa
<b>RT</b>	Responsável Técnico
<b>SFV</b>	Sistema Fotovoltaico
<b>UC</b>	Unidade Consumidora

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Pesquisa sobre tipos de módulos solares (feita em 26/08/2021). . . . .	9
Tabela 2 – Potência Instalada para cada Nível de Tensão de Conexão. . . . .	18
Tabela 3 – Limites de distorção harmônica de corrente determinados pela (ABNT, 2013). . . . .	20
Tabela 4 – Tempo de resposta a condições anormais de tensão determinados pela (ABNT, 2013). . . . .	21
Tabela 5 – Pontos de influência das boas práticas . . . . .	34
Tabela 6 – Exemplo Histórico de Consumo . . . . .	37
Tabela 7 – Percentual de Perdas anuais do Sistema Fotovoltaico (SFV) conectado a rede dividido por tipos de perda. . . . .	42
Tabela 8 – Projeção de consumo mensal. . . . .	58

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Motivação	1
1.2	Estado da Arte	2
1.3	Objetivos	3
1.4	Justificativa	3
1.5	Organização do Texto	4
<b>2</b>	<b>SISTEMAS DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA</b>	<b>5</b>
2.1	Efeito fotovoltaico	5
2.2	Sistema conectados à rede elétrica	5
2.3	Componentes de um Sistema Solar Fotovoltaico	6
2.3.1	Recurso solar	6
2.3.2	Células fotovoltaicas	8
2.3.3	Módulo	8
2.3.4	Inversor	9
2.3.5	Cabeamento	10
2.3.6	Dispositivos de proteção	11
2.4	Conclusões Parciais	12
<b>3</b>	<b>NORMAS E REGULAMENTAÇÃO PARA GSF CONECTADOS À REDE ELÉTRICA</b>	<b>13</b>
3.1	<b>ANEEL</b>	<b>14</b>
3.1.1	Resolução 482	14
3.1.2	Resolução 687	15
3.1.3	Nota Técnica 0041/2022	16
3.1.4	PRODIST Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição	18
3.2	<b>ABNT NBR 16149 - Sistemas fotovoltaicos – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição</b>	<b>19</b>
3.3	<b>CEMIG</b>	<b>21</b>
3.3.1	Procedimentos de acesso	21
3.3.2	Critérios e padrões técnicos	21
3.3.3	Requisitos de segurança	23
3.4	<b>Lei 14.300</b>	<b>24</b>
3.5	<b>Conclusões parciais</b>	<b>25</b>
<b>4</b>	<b>COMPÊNDIO DE BOAS PRÁTICAS</b>	<b>27</b>

<b>4.1</b>	<b>Considerações iniciais</b>	<b>27</b>
<b>4.2</b>	<b>Listagem dos principais tópicos selecionados</b>	<b>27</b>
4.2.1	Diretrizes sobre alocação dos componentes	28
4.2.2	Cuidado na vistoria com a divergência entre projeto e execução	29
4.2.3	Importância divulgação da qualidade do trabalho	29
4.2.4	Diretrizes para elaboração da análise de viabilidade de um projeto	30
4.2.5	Orientação para o uso de softwares durante o projeto	31
4.2.6	Critérios para escolha dos componentes e fornecedores	31
4.2.7	Importância da atualização quanto às normas das concessionárias	32
4.2.8	Diretrizes para instalação e execução do projeto	32
4.2.9	Importância da comunicação com o cliente no pós-venda	33
<b>4.3</b>	<b>Pontos de influência das boas práticas</b>	<b>33</b>
<b>4.4</b>	<b>Conclusões Parciais</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>FLUXOGRAMA DE PROJETO DE MICRO-GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA</b>	<b>35</b>
<b>5.1</b>	<b>Etapas do Projeto de um Sistema de Microgeração Fotovoltaica</b>	<b>35</b>
<b>5.2</b>	<b>Levantamento de consumo</b>	<b>36</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise do local</b>	<b>38</b>
<b>5.4</b>	<b>Análise de Viabilidade</b>	<b>39</b>
<b>5.5</b>	<b>Avaliação do Recurso Solar</b>	<b>40</b>
<b>5.6</b>	<b>Dimensionamento da geração</b>	<b>41</b>
<b>5.7</b>	<b>Dimensionamento equipamentos do Sistema Fotovoltaico</b>	<b>43</b>
5.7.1	Painel	43
5.7.2	Inversor	44
5.7.3	Cabos	46
5.7.3.1	Cabos CC	46
5.7.3.2	Cabos CA	47
5.7.4	Dispositivos de Proteção	48
5.7.5	Estrutura	49
<b>5.8</b>	<b>Viabilização de acesso</b>	<b>49</b>
5.8.1	Solicitação de acesso	50
5.8.2	Emissão do parecer de acesso	52
5.8.3	Compra	52
5.8.4	Instalação	53
5.8.5	Comimssionamento	53
5.8.6	Solicitação de vistoria	54
5.8.7	Vistoria	54
<b>5.9</b>	<b>Boas práticas</b>	<b>54</b>
<b>5.10</b>	<b>Conclusões parciais</b>	<b>56</b>

<b>6</b>	<b>ANÁLISE DE CASO</b>	<b>57</b>
<b>6.1</b>	<b>Recurso Solar</b>	<b>57</b>
<b>6.2</b>	<b>Levantamento de Consumo</b>	<b>58</b>
<b>6.3</b>	<b>Dimensionamento de Geração</b>	<b>58</b>
<b>6.4</b>	<b>Dimensionamento dos Componentes</b>	<b>59</b>
6.4.1	Painel	59
6.4.2	Inversor	60
6.4.3	Cabos	60
6.4.3.1	CABOS CC	61
6.4.3.2	CABOS CA	61
6.4.4	Proteção	61
<b>6.5</b>	<b>Viabilização de Acesso</b>	<b>62</b>
6.5.1	Solicitação de Acesso	62
6.5.2	Instalação e finalização	63
<b>6.6</b>	<b>Conclusões Parciais</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>66</b>
<b>7.1</b>	<b>Trabalhos futuros</b>	<b>67</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>68</b>
	<b>APÊNDICE A – TRANSCRIÇÃO DAS ENTREVISTAS</b>	<b>71</b>
<b>A.1</b>	<b>Entrevistado A</b>	<b>71</b>
<b>A.2</b>	<b>Entrevistado B</b>	<b>75</b>
<b>A.3</b>	<b>Conclusão parcial</b>	<b>79</b>
	<b>APÊNDICE A – ART</b>	<b>80</b>
	<b>APÊNDICE B – FORMULARIO</b>	<b>81</b>
	<b>APÊNDICE C – MEMORIAL DESCRITIVO</b>	<b>87</b>
	<b>APÊNDICE D – DIAGRAMA UNIFILAR</b>	<b>113</b>
	<b>APÊNDICE E – PLANTA</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE F – ORÇAMENTO</b>	<b>115</b>

# 1 Introdução

O constante reajuste na tarifa de energia elétrica (SABINO, 2022) é um problema que vem afligindo grande parte dos consumidores brasileiros. Estes ajustes ocorrem devido a diversos fatores, entre eles está o fator meteorológico, pois, segundo Absolar (2021), no Brasil cerca de 53% de toda energia elétrica do país provem de fontes hídricas, o que faz com que a matriz energética do país fique muito dependente de fatores climáticos favoráveis. A falta de chuva interfere diretamente na produção de energia elétrica do país. De acordo com a reportagem Entenda a crise hídrica que ameaça o fornecimento de energia no Brasil (BRAZILIENSE, 2021), do ano de 2021, o país sofre uma crise hídrica que vem perdurando por alguns anos. Isso vem acarretando constantes aumentos nas tarifas de energia elétrica.

Uma ação pode favorecer a mudança na matriz energética brasileira é a diversificação das fontes geradoras de energia elétrica. Por exemplo, a implementação de novos sistemas com geração provenientes de fonte solar fotovoltaica. Conforme Absolar (2021) a geração proveniente dessas fontes está crescendo de maneira exponencial. Sobretudo, o custo de geração provinda desta fonte está cada dia menor, reduzindo os custos, favorece o aumento da geração fotovoltaica, facilitando a implementação desses sistemas nas casas dos brasileiros.

Tanto as normas referentes aos sistemas fotovoltaicos, quanto as tecnologias destes sistemas estão em constante evolução. Logo, para o projeto dessas centrais geradoras se faz necessário um engenheiro capacitado e atualizado para que o mesmo consiga projetar uma central moderna, com bons componentes, seguindo as normas e diretrizes técnicas vigentes para tal aplicação. Por ser um sistema relativamente novo, mudanças ocorrem tanto na tecnologia dos componentes quanto nas normas regulatórias para a execução de um projeto de microgeração fotovoltaica.

## 1.1 Motivação

De acordo com a (ABSOLAR, 2021), no ano de 2021 cerca de 9,7% do potencial energético no Brasil, é proveniente da fonte solar fotovoltaica, com potência instalada em torno de  $18.654MW$ . Cerca de 68% dessa energia provém de geração distribuída, ou seja, micro e minigeração. A utilização dessa fonte de energia está em constante crescimento, isso mostra que serão necessários profissionais preparados para realização desse tipo de projeto.

No melhor conhecimento do autor, ao buscar na literatura foram encontrados poucos documentos completos e adequados para desenvolvimento de projeto, uma literatura escassa e dispersa, a qual sintetize os principais passos para um projeto, as principais re-

gras e regulamentações e os cuidados a serem tomados na implementação de um sistema de microgeração fotovoltaico. A ideia geral deste trabalho é desenvolver um conteúdo completo sobre desenvolvimento de projeto. Como este trabalho foi desenvolvido no estado de MG serão observados as normas e procedimentos de submissão da concessionária CEMIG, que está presente na maioria dos municípios do estado.

## 1.2 Estado da Arte

Uma das principais referências na área de instalações elétricas é o livro *Instalações Elétricas* (FILHO, 2010). O qual apresenta elementos de projeto, dimensionamento de condutores elétricos, sistemas de proteção, e sistemas de aterramento, porém não apresenta projeto de geração solar fotovoltaica. Para isso, outra referência que apresenta tal tipo de projeto é o *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos* (PINHO; GALDINO, 2014). Mais uma referência sobre sistemas fotovoltaicos é o livro *Energia Solar Fotovoltaica* (VILLALVA; GAZOLI, 2012) o qual apresenta os conceitos dos sistemas de geração fotovoltaica, porém não apresenta os conceitos de projeto destes sistemas (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

No que se trata de resolução normativa referente à sistemas de micro e minigeração distribuída no Brasil, as referências utilizadas foram a resolução normativa 482 (ANEEL, 2012), e resolução normativa 687 (ANEEL, 2016). Assim como foram utilizadas como referência as resoluções da CEMIG. A ND 5.30 Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão (CEMIG, 2016a), e a ND 5.31 Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Média Tensão (CEMIG, 2016b).

Além das normas técnicas e dos livros este trabalho também possui como referência a dissertação de mestrado de Costa (2015), a qual propõe uma metodologia para projetos de microgeração fotovoltaica. O trabalho de conclusão de curso Pereira (2019) a qual foi feito um trabalho de um projeto de microgeração fotovoltaica conectada à rede de distribuição com análise econômico-financeira para a comunidade do Quilombo do Campinho da Independência em Paraty –RJ. No trabalho de conclusão de curso Oliveira (2018) foi feita a análise de viabilidade técnica e econômica para implantação de um gerador fotovoltaico de 76,8 kWp em uma unidade consumidora comercial de baixa tensão. Em relação aos trabalhos citados, este busca trazer de modo mais claro o passo a passo para o desenvolvimento de um projeto de microgeração solar fotovoltaica, desenvolvendo cada etapa de um projeto de microgeração solar fotovoltaica, desenvolvendo um estudo de caso para comprovar a eficiência do fluxograma desenvolvido, e trazendo a partir de entrevistas com profissionais experientes na área, alguns destaques de boas práticas a serem seguidas desde as etapas de dimensionamento, instalação e conexão à rede elétrica.

## 1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é formular um guia com os principais procedimentos, o qual um engenheiro eletricista poderá seguir os passos para elaborar um projeto de microgeração fotovoltaica (potência instalada de até  $75kW$ ) e submetê-lo de forma adequada à concessionária local, no caso deste trabalho, a CEMIG. O guia baseou-se em: (i) revisões das normas e resoluções, (ii) literatura de projeto e (iii) entrevistas com profissionais da área. O guia é validado através de um estudo de caso de um projeto de instalação fotovoltaica real. Espera-se que o guia seja de utilidade para profissionais ingressantes e empresas que atuam na área.

Para a realização do objetivo geral do trabalho, são listados alguns objetivos específicos:

- **Estudar e compreender** os procedimentos padrão para elaboração de um projeto de microgeração solar fotovoltaica;
- **Pesquisar e avaliar** as principais normas e regulamentação para um projeto de microgeração solar fotovoltaica no Brasil e em Minas Gerais;
- **Criar** um manual com o passo a passo de um projeto de microgeração solar fotovoltaica de acordo com as normas e regulamentação anteriormente estudadas.
- **Realizar** entrevistas com profissionais experientes na área a fim de levantar informações de boas ações a serem tomadas no desenvolvimento de um projeto.
- **Catalogar** ações de boas práticas a serem tomadas no desenvolvimento de um projeto de microgeração solar fotovoltaica.
- **Realizar** um estudo de caso de um sistema de microgeração solar fotovoltaica incluindo a parte de submissão à concessionária, a fim de verificar a eficiência do fluxograma desenvolvido.

## 1.4 Justificativa

O manual proposto apresentado no Capítulo 5, busca auxiliar novos profissionais na área de projeto de geração solar fotovoltaica a adquirir conhecimentos técnicos suficiente para desenvolver um trabalho desde o início. Este profissional, também poderá utilizar os pontos de boas práticas citados para desenvolver um trabalho assertivo.

Assim como, empresas do ramo, de modo similar, podem utilizar deste trabalho como referência para treinamento de novos colaboradores, apresentando-os o fluxo seguido para o desenvolvimento de um projeto, conforme mostrado no Capítulo 5. Além disso, é interessante que o profissional conheça o desenvolvimento da regulamentação do setor no

país. Para isso, foi desenvolvida e comentada uma linha do tempo das principais normas e regulamentações, segundo apresentado no Capítulo 3.

Este trabalho também busca auxiliar consumidores interessados em projetos de geração fotovoltaica a adquirir informações significativas sobre: (i) as boas ações e (ii) os procedimentos de projeto. Dessa forma, é possível que o consumidor tenha mais chances de escolher de um profissional capaz de realizar um projeto de acordo com as suas necessidades.

## 1.5 Organização do Texto

Além deste capítulo de introdução, este trabalho possui mais 5 capítulos. O capítulo 2 fala sobre os sistemas fotovoltaicos e seus componentes. O capítulo 3 trata das principais normas e regulamentações vigentes no país para Geração Solar Fotovoltaica (GSF) conectados à rede elétrica. Expondo normas e resoluções da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), normas da Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica (PRODIST), Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), normas e resoluções da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) e da lei 14.300 que instituiu o marco legal da micro e minigeração distribuída. O capítulo 4 trata da apresentação do fluxograma proposto, bem como apresenta boas ações a se tomar durante o desenvolvimento de um sistema. O capítulo 5 apresenta um estudo de caso de um sistema de microgeração solar fotovoltaica. O capítulo 6 trata da conclusão do trabalho, levando em conta o que foi feito, as lacunas e apresentando trabalhos futuros.

## 2 Sistemas de geração fotovoltaica

Um sistema de geração fotovoltaico, é aquele no qual a energia elétrica é gerada a partir da radiação dos raios solares. De acordo com (PINHO; GALDINO, 2014) um sistema fotovoltaico pode ser dividido em três blocos, um bloco gerador, um bloco de condicionamento de potencia e de modo optativo, um bloco de armazenamento. Nos quais, o bloco gerador é responsável pelos arranjos fotovoltaicos, o bloco de condicionamento é constituído por conversores cc-cc , inversor, controladores de carga, dispositivos de proteção, supervisão e controle, e o bloco de armazenamento constituído por acumuladores de energia como as baterias. Neste capítulo será discutido o modo de funcionamento dos sistemas de geração solar fotovoltaico e os principais componentes destes sistemas.

### 2.1 Efeito fotovoltaico

Nos SFV as células solares convertem diretamente a energia solar em energia elétrica, por conta disso, é chamado de efeito fotovoltaico. Tal efeito ocorre quando a radiação eletromagnética do sol, incide sobre uma célula solar composta por um material semicondutor com propriedades específicas (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Esta célula solar, é composta por um semicondutor de duas camadas P-N, uma grade de condutor coletores metálicos, e uma base metálica inferior (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Quando a luz incide sobre a camada de material tipo N, a energia da luz penetra este material e é descarregada sobre os elétrons, fazendo com que estes elétrons possuam energia capaz de vencer a barreira potencial e se mover da camada N para a P.

### 2.2 Sistema conectados à rede elétrica

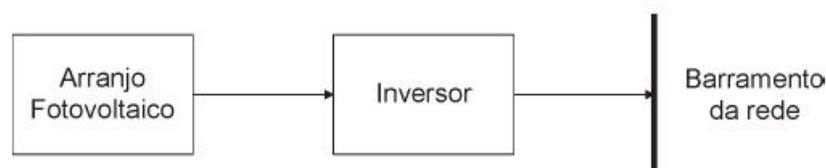
Os GSF geram energia elétrica a partir da radiação de raios solares. Todavia nos momentos em que a radiação destes raios for nula ou insuficiente para suprir a demanda de energia da carga que é alimentada por este sistema, deve haver uma outra maneira para suprir esta demanda de energia.

Os sistemas conectados à rede, na maioria dos casos, não utilizam algum sistema de armazenamento. Logo, estes sistemas estão diretamente conectados à rede elétrica. Para efetuar esta conexão, são utilizados inversores especiais que devem satisfazer severas exigências de qualidade e segurança (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). Estes sistemas utilizam a rede de energia como fonte de reserva para momentos os quais a geração fotovoltaica não é suficiente para suprir a demanda da carga. Geralmente são usados em áreas urbanas, onde a sobrecarga na rede é comum. Por estarem conectados à rede de

distribuição, estes sistemas fornecem energia adicional nos momentos em que a geração é superior ao consumo de energia (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

A Figura 1 mostra um exemplo de configuração de sistema conectado à rede, no qual a energia gerada pelo arranjo fotovoltaico é injetada no barramento da rede utilizando um inversor.

Figura 1 – Exemplo Configuração Sistema Conectado à Rede.



Fonte: Retirado de Braga (2008).

## 2.3 Componentes de um Sistema Solar Fotovoltaico

Um sistema solar é composto por diversos equipamentos, sendo estes projetados e escolhidos de acordo com a necessidade de cada projeto (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). As partes que compõem os sistemas fotovoltaicos podem ser divididas da seguinte maneira: o recurso solar, referente à radiação solar incidente na localidade do projeto. As células fotovoltaicas, que é o dispositivo fotovoltaico básico para a geração de eletricidade. O módulo fotovoltaico, referente à conexão das células fotovoltaicas. A matriz fotovoltaica, referente à conexão entre vários painéis fotovoltaicos. O inversor, dispositivo que recebe energia em corrente contínua e transforma em corrente alternada. O controlador de carga, que regula, carrega e mantém a tensão da bateria. O cabeamento, que conecta os equipamentos; e o protetor contra surtos, que protege os equipamentos.

### 2.3.1 Recurso solar

A energia do Sol é transmitida na forma de radiação eletromagnética, com diversas frequências e diferentes comprimentos de onda. Quanto maior a frequência, maior a energia transmitida pela onda eletromagnética (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A energia solar pode ser captada na forma térmica, quando um corpo transforma a energia eletromagnética em energia térmica pelos corpos na forma do calor. Todavia quando as ondas eletromagnéticas incidem sobre determinados materiais e produzem alterações nas propriedades elétricas destes materiais ou originam tensões ou correntes elétricas, podendo ocorrer o efeito fotoelétrico ou o efeito fotovoltaico, a energia solar é captada na forma de energia elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

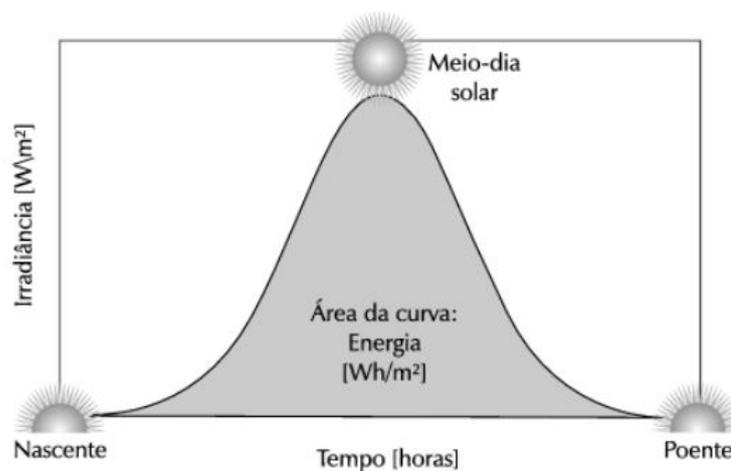
Ao atravessar a atmosfera terrestre, a radiação solar sofre diversas alterações, fatores como espessura da camada de ar e da composição da atmosfera, incluindo o ar,

elementos suspenso, vapor e poeira, podem alterar as características da radiação solar que chega ao solo (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A distribuição de energia do espectro de radiação solar, também depende de alguns fatores como a localização geográfica, a hora do dia, do dia, do ano, condições climáticas, composição da atmosfera e altitude (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A radiação global que chega ao solo é a soma da radiação direta, que corresponde a parcela dos raios solares que incidem diretamente do sol sobre o observador, com a radiação difusa, que corresponde a parcela dos raios solares que incidem de maneira indireta, a qual é o resultado da difração dos raios solares na atmosfera e da reflexão da luz na poeira, nas nuvens e em outros objetos (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A irradiância solar, ou irradiação, é uma grandeza utilizada para quantificar a radiação solar incidente. É uma grandeza física que expressa a taxa de variação de energia com o tempo, é expressa em  $W/m^2$  (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Nos projetos de GSF é utilizado o valor de  $1000 W/m^2$  como padrão de irradiância. Logo, a partir deste valor padrão são calculados os valores das eficiências das células e módulos de diversos fabricantes, o que permite que estes componentes possam ser comparados entre si com base numa condição de padrão de radiação solar (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

A Figura 2 mostra de maneira genérica uma curva de perfil de irradiância solar ao longo do dia comumente utilizada nos projetos de GSF. Observando a Figura 2 percebe-se que desde a hora nascente até a hora poente o sol irradia energia ao receptor, possuindo o pico de radiação ao meio-dia solar, que é quando o sol está perpendicular ao local de medição. Logo, nota-se a importância de se observar no local do projeto onde a radiação solar incide com maior intensidade, com fim de se projetar um sistema com maior aproveitamento dessa radiação.

Figura 2 – Perfil da irradiância solar ao longo do dia.



Fonte: Retirado de PINHO e GALDINO (2014).

### 2.3.2 Células fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são responsáveis pela conversão da radiação solar em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, gerando uma tensão baixa, na faixa de 0,5 V por célula (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). Com o intuito de elevar a tensão gerada é necessário que os fabricantes façam associações em série e, ou paralelo das células, variando de acordo com o material de cada célula (ALMEIDA et al., 2021). De acordo com Villalva e Gazoli (2012) existem diversas tecnologias para a fabricação de células e módulos fotovoltaicos. No entanto as mais comuns encontradas no mercado são a do silício monocristalino, a do silício policristalino e a do filme fino de silício

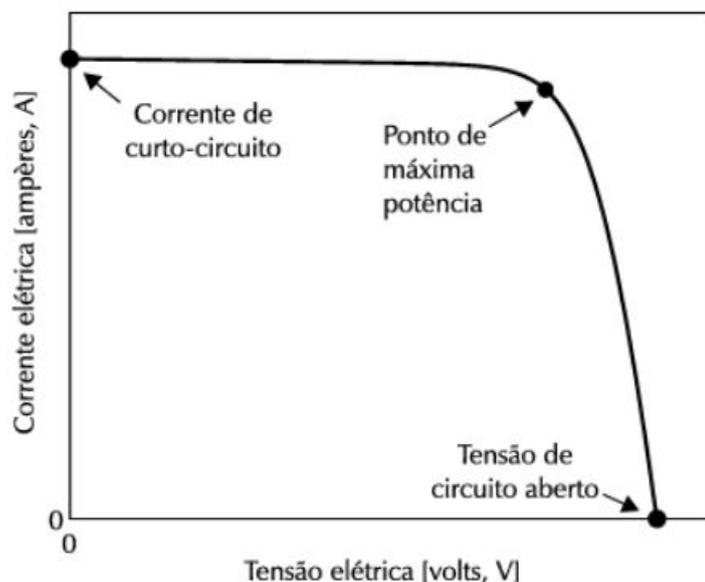
### 2.3.3 Módulo

O módulo fotovoltaico, também pode ser chamado de placa ou painel fotovoltaico, é responsável por captar a irradiação solar e transformá-la em energia elétrica. O módulo solar fotovoltaico, é composto por células fotovoltaicas ligadas em série, como cada célula consegue fornecer uma tensão elétrica na casa de 0,6 V a ligação destas em série faz com que a diferença de potencial de cada célula vá se somando para que na saída do painel seja obtidas uma tensão maior. Tipicamente, um módulo possui 36, 54 ou 60 células dependendo de sua classe de potência (VILLALVA; GAZOLI, 2012)

Ao se analisar o perfil dos sinais de saída de um painel fotovoltaico, pode-se observar que ele não se comporta como uma fonte convencional, o sinal de tensão na saída de uma placa não é um sinal constante, todavia, a tensão elétrica é dependente da corrente e vice-versa (VILLALVA; GAZOLI, 2012). A Figura 3 ilustra uma curva característica de corrente versus tensão de um módulo fotovoltaico, nela é observado os pontos de corrente de curto-circuito, tensão de circuito aberto e ponto de máxima potência. Nota-se que o ponto de operação do módulo fotovoltaico depende do que está conectado em seus terminais, ou seja, caso estiver conectado um aparelho que demanda muita corrente, a tensão tenderá cair, porém se estiver conectado se estiver conectado um aparelho que demanda pouca corrente, a tensão será mais elevada (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

Considerando que o objetivo deste trabalho é ajudar profissionais da engenharia a projetar sistemas fotovoltaicos, a Tabela 1 irá auxiliar o profissional evidenciando alguns dos pontos principais a serem observados no *datasheet* de um painel fotovoltaico. Inicialmente o projetista observa a potência do painel analisado. O profissional deve se atentar a essa grandeza pois é de essencial importância no desenvolvimento do projeto. Outro ponto a se analisar é a garantia do produto, uma vez que facilita a comparação entre produtos semelhantes. De tal maneira a origem do componente, se é um produto nacional ou importado e se possui atendimento técnico no país, o que auxilia na questão de garantia e auxílio técnico caso seja necessário.

Figura 3 – Curva característica I x V de um módulo fotovoltaico.



Fonte: Retirado de Villalva e Gazoli (2012).

Observando a Tabela 1 percebe-se que o módulo *LR4 – 72HPH* possui maior potência e maior eficiência, também é possível observar que os módulos com tecnologia monocristalina possui maior eficiência. Os módulos de origem nacional, em média, possuem menos tempo de garantia, e menor preço, enquanto os módulos importados possuem maior garantia e preço.

Tabela 1 – Pesquisa sobre tipos de módulos solares (feita em 26/08/2021).

Painel	Potencia	Eficiência	Garantia	Tecnologia	Origem	Preço
LG 320NIC-G4	320W	19,50%	12 Anos	Monocrystalline	Importado	US\$305
CS6K-300MS	300W	18,33%	10 Anos	Monocrystalline	Nacional	600,00
TSM-DE08MII	350W	20,50%	12 Anos	Monocrystalline	Importado	1500
BYD - 335PHK-36	335W	17,71%	10 Anos	Policristalino	Nacional	999,99
LR4-72HPH 450	450W	20,70%	12 Anos	Monocrystalline	Importado	1395,00
RSM72-6-320P	320W	16,50%	12 Anos	Monocrystalline	Importado	
KRPF - 340P5B	340W	17,5%	10 Anos	Policristalino	Importado	1500,00

O módulo fotovoltaico é o componente responsável pela geração de energia no SFV. Logo, é de suma importância que o projetista se atente bem na escolha desse instrumento. Observando se o módulo que pretende trabalhar está adequado com o projeto.

### 2.3.4 Inversor

O inversor de frequência é o componente responsável por realizar a conexão entre os componentes de corrente contínua com os componentes de corrente alternada. Ele recebe energia em corrente contínua gerada por vários strings ( módulos ligados em série) ligados em paralelo, e transforma em corrente alternada na frequência da rede a qual estiver conectado, geralmente 50 ou 60 Hz (RIOS; RIOS, 2017).

De acordo com Villalva e Gazoli (2012) nos sistemas conectados à rede, os inversores CC-CA funcionam como fontes de corrente, fornecendo corrente elétrica à rede e funciona conectado à rede elétrica e na ausência ou falha no fornecimento de eletricidade da concessionária o inversor desliga-se por motivos de segurança. Estes inversores estão disponíveis em diversas faixas de potência, desde 250 W até vários kW. Geralmente inversores utilizados em sistemas de microgeração e minigeração são monofásicos com potência de até 5 kW monofásicos, podendo constituir sistemas trifásicos quando colocados em conexão trifásica.

Ao analisar o *datasheet* de um inversor, o projetista deve se atentar a alguns pontos. *i* Potência nominal do inversor, que é o parâmetro que mostra a máxima potência que o inversor pode injetar na rede elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012). *ii* Valores de operação de tensão de entrada e tensão de saída (VILLALVA; GAZOLI, 2012). O intervalo de tensão de entrada mostra o valor mínimo e máximo da faixa de tensão de saída do conjunto de módulos que irá conectar ao inversor. O valor de tensão de saída mostra a faixa de operação da rede a qual o inversor é feito para operar. *iii* A potencia máxima de entrada, mostra a potência máxima permitida a ser injetada no inversor pelos módulos fotovoltaicos. *iv* A garantia e a questão da marca possuir assistência técnica no Brasil ajuda o projetista e o cliente a escolher o inversor que mais se ajusta no perfil do projeto, possibilitando uma maior segurança e facilidade ao cliente em caso de falha do componente escolhido. *v* Número máximo de strings na entrada, que é a referência de conjuntos de painéis ligados em série que podem ser conectados ao inversor (VILLALVA; GAZOLI, 2012). *vi* Número de entradas independentes com Ponto Rastreador de Máxima Potência (MPPT) mostra quando o inversor é equipado com um sistema de rastreamento de máxima potência. *vii* Detecção de ilhamento e reconexão automática, função necessária exigido pelas normas, que garante que a conexão entre o sistema de geração será desconectado da rede elétrica quando o fornecimento de energia da rede elétrica é interrompida no local da instalação do sistema, sendo necessário para a proteção de pessoas, equipamentos e instalações próximos à instalação (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

### 2.3.5 Cabeamento

Durante o projeto de um sistema solar fotovoltaico, deve-se levar em conta que os condutores usados devem ser especificados de acordo com a potência elétrica do projeto, a distância entre os componentes do sistema, obedecendo a distância máxima permitida (ALMEIDA et al., 2021). Estes condutores devem ser cabos ou fios de cobre com isolamento termoplástico e devem seguir a norma NBR-5410 (ALMEIDA et al., 2021).

Os condutores utilizados nos sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em três subgrupos: fiação das strings; cabo principal de corrente contínua; e cabo de conexão de corrente alternada (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

**Fiação das strings** - São os condutores responsáveis por interligar os módulos e conectar o conjunto fotovoltaico com a caixa de junção do gerador. Os cabos com isolamento duplo e de um só fio podem ser uma opção confiável (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). O projetista deve atentar-se as opções disponíveis no mercado lembrando que este condutor deve ser resistente às altas temperaturas e intempérie por estar exposto ao tempo.

**Cabo principal de corrente contínua** - É o condutor responsável pela conexão da caixa de junção ao inversor através de um disjuntor DC, é importante lembrar que os cabos revestidos em cloreto polivinílico (PVC) não são adequados para uso externo, fazendo necessário o uso de eletrodutos (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

**Cabo de conexão de corrente alternada** - É o condutor responsável pela conexão do inversor com a rede elétrica, Os tipos de cabo de conexão AC comuns incluem o NYM, NYCWY e NYY (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

### 2.3.6 Dispositivos de proteção

Nos sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede, os dispositivos de proteção são instalados a partir dos módulos fotovoltaicos até a conexão com a rede elétrica.

Para a proteção dos módulos fotovoltaicos, diodos de bloqueio ou fusíveis fotovoltaicos são utilizados na proteção de conexões de módulos ou conjunto de módulos em série em paralelo série. Estes dispositivos têm como objetivo proteger os módulos fotovoltaicos do fluxo de corrente elétrica reversa de um conjunto série com tensão maior para um com tensão menor (ALMEIDA et al., 2021). Em seu dimensionamento deve ser levado em conta correntes menores que a corrente reversa que o módulo suporta (ALMEIDA et al., 2021).

Para a proteção do lado de corrente contínua pode ser instalado um quadro de proteção de corrente contínua, nele são instalados os fusíveis para a conexão de strings e também é incorporado um chave de desconexão Corrente Contínua (CC), logo, este quadro de proteção também pode ter a função de caixa de strings (VILLALVA; GAZOLI, 2012), nele também está presente o barramento de aterramento, necessário para o aterramento do sistema. Também se faz necessário chaves de desconexão CC para manutenção do sistema, estas chaves suportam os níveis de tensão presentes nos sistemas fotovoltaicos e possuem a capacidade de interrupção de arco-elétrico em corrente contínua (VILLALVA; GAZOLI, 2012). O dispositivo de proteção anti surto Dispositivo de Proteção contra Surtos (DPS) é outro componente necessário nos sistemas fotovoltaicos, necessário na proteção do sistema no caso de descargas atmosféricas.

Para a proteção do lado de corrente alternada, pode ser instalado um quadro de proteção de corrente alternada que conecta o inversor à rede elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Nele está presente um disjuntor residual DDR na entrada. É recomendado a

equipotencialização da instalação, unificando os barramentos tanto do lado CC quanto do lado Corrente Alternada (CA) (VILLALVA; GAZOLI, 2012). Também é observado a presença de um dispositivo de proteção de surto DPS, quando a distância entre o inversor até a conexão com a rede for maior que 10 metros, também se faz necessário a instalação de um sistema DPS (VILLALVA; GAZOLI, 2012), estes sistemas são de grande importância nos sistemas fotovoltaicos e possuem um custo relativamente baixo quando comparado com o potencial prejuízo que um sistema fotovoltaico pode sofrer na falta do mesmo.

Os dispositivos de proteção são responsáveis por proteger tanto sistema de geração quanto a carga. Eles atuam no caso de possíveis surtos ou falhas venha atingir o sistema. Logo, é bom que o projetista se atente no dimensionamento e escolha destes componentes para que o sistema fique melhor protegido contra qualquer surto.

## 2.4 Conclusões Parciais

Neste capítulo foram apresentados os SFV e seus componentes. O recurso solar referente ao perfil de radiação solar na localidade do projeto. As células fotovoltaicas e o painel do SFV que realiza a transformação dos parâmetros da energia gerada pela célula em dimensões desejadas em um projeto. O inversor é o equipamento que realiza a transformação de corrente CC em CA, o que possibilita o sistema alimentar cargas de CA, bem como conectá-lo à rede elétrica. Os cabamentos são utilizados para conectar todo o sistema e os dispositivos de proteção responsáveis por proteger o SFV e seus componentes de qualquer surto.

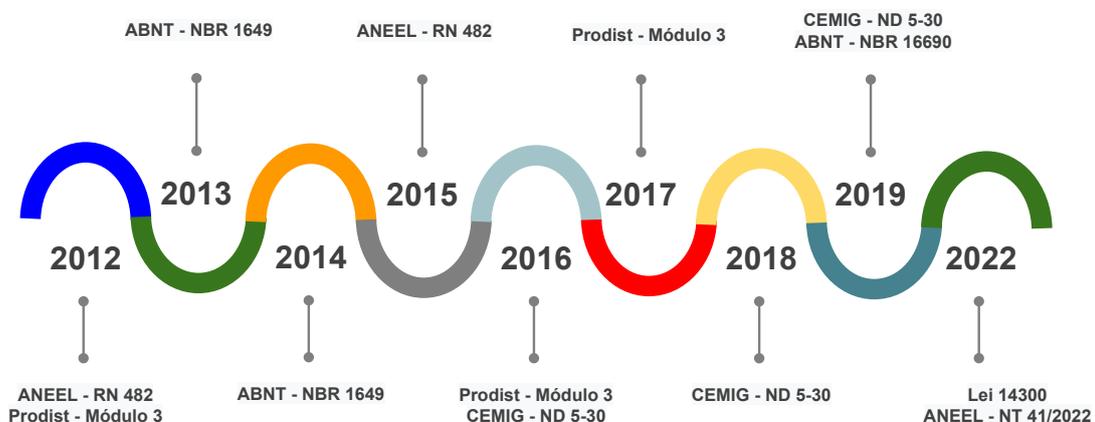
### 3 Normas e regulamentação para GSF conectados à rede elétrica

Este capítulo vai tratar das principais normas e regulamentações vigentes no país para GSF conectados à rede elétrica. Serão tratados: (i) normas e resoluções ANEEL, (ii) normas da PRODIST, (iii) normas da ABNT, (iv) normas e resoluções da CEMIG e (v) Lei 14.300 marco legal da microgeração e minigeração distribuída.

De acordo com o guia de elaboração e revisão de normas (MTE, 2020), uma norma técnica pode ser definida como documento constituído por um consenso entre especialistas e emitido por um organismo reconhecido que fornece regras e diretrizes para produtos, serviços, processos, de forma que seu cumprimento não é obrigatório. Por outro lado, uma regulamentação pode ser definida como atos normativos estabelecidos por órgãos governamentais que devem ser cumpridos. Logo, normas e regulamentos se diferenciam pelo regulamento ser de execução obrigatória enquanto as normas não, podendo utilizadas para ser referência na criação dos regulamentos.

A Figura 4 mostra a evolução das normas e regulamentações para GSF conectados à rede elétrica no Brasil desde o ano de 2012 com a publicação da RN 482 (ANEEL, 2012) da ANEEL até as normas vigentes nos dias atuais, com a 14.300 e a Nota Técnica (NT) 41/2022 que é o primeiro passo para a reglação da lei.

Figura 4 – Linha do tempo das principais resoluções normativas relacionadas à sistemas de micro e minigeração no Brasil.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 3.1 ANEEL

Com o crescimento da geração de energia elétrica por meio de fontes renováveis, em 17 de abril de 2012, a ANEEL publicou a Resolução Normativa 482. Após a Resolução normativa 482, a ANEEL atualizou o PRODIST, descrevendo todos os padrões e normas que devem ser seguidos nos projetos de geração de energia (GONÇALVES, 2018). No ano de 2015 a ANEEL publicou a Resolução Normativa 687, na qual realizou algumas alterações e atualizações na regulamentação de microgeração e minigeração distribuída (GONÇALVES, 2018).

### 3.1.1 Resolução 482

A Resolução Normativa 482 da ANEEL foi o ponto de partida quando se trata de normas e regulamentos para GSF conectado à rede elétrica, estabelecendo condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída, também estabeleceu condições para o funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica (PEREIRA, 2019). Segundo a Resolução Normativa (RN) 482 foi definido:

**Microgeração Distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potencial de geração menor ou igual a 100 kW, que necessariamente utilize fontes renováveis. O sistema deve estar conectado à rede de distribuição através de uma unidade consumidora e apresente-se de acordo com os regulamentos da ANEEL(ANEEL, 2012);

**Minigeração Distribuída:** central geradora de energia elétrica, com potencial de geração entre 100 kW e 1 MW, que necessariamente utilize fontes renováveis. O sistema deve estar conectado à rede de distribuição através de uma unidade consumidora e apresente-se de acordo com os regulamentos da ANEEL(ANEEL, 2012);

**Sistema de Compensação de Energia Elétrica:** sistema que possua microgeração ou minigeração distribuída e através de uma unidade consumidora injete energia ativa na rede de distribuição e posteriormente compense a energia injetada consumindo de energia elétrica ativa da rede através da mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade (ANEEL, 2012);

De acordo com a RN a potência instalada classificada como microgeração ou minigeração participante do sistema de compensação de energia elétrica está limitada à carga instalada ou contratada, por exemplo, se uma residência possui carga contratada de 30kW, o sistema projetado para ela pode gerar no máximo 30kW (ANEEL, 2012).

A partir da Resolução 482 (ANEEL, 2012) o consumidor pôde aderir ao sistema de compensação de energia, observadas as disposições da RN. De acordo com a RN 482 para fins de compensação, a energia ativa injetada na rede elétrica é cedida pelo consumidor a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando o consumidor possuir um

crédito em quantidade de energia ativa que deve ser consumida em até 36 meses (ANEEL, 2012). De acordo com o Art. 7º o consumo a ser faturado, referente à energia elétrica é a diferença entre a energia consumida e injetada, quando necessário, deverá ser utilizado o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento anterior (ANEEL, 2012).

### 3.1.2 Resolução 687

A Resolução Normativa 687 da ANEEL atualizou a RN 482, estabelecendo novas condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída, também estabeleceu uma nova divisão na classificação dos tipos de geração quanto à potência instalada e quanto ao crédito acumulado (GONÇALVES, 2018). A RN 687 é a resolução da ANEEL que ainda está em vigor no ano de 2022, as definições de microgeração distribuída, minigeração distribuída sofreram as seguintes alterações:

**Microgeração Distribuída:** o potencial de geração passou de menor ou igual a 100 kW para menor ou igual a 75 kW. (ANEEL, 2016);

**Minigeração Distribuída:** o potencial de geração antes era entre 100 kW e 1 MW para ser entre 75kW e 3MW. (ANEEL, 2016);

Além das modificações nas definições de microgeração, minigeração e sistemas de compensação, a Resolução 687 da ANEEL introduziu as seguintes definições:

**Melhoria:** Melhoria pode ser definida como a modificação, alteração ou reforma de equipamentos em instalações da rede de distribuição, ou a adaptação destes equipamentos, com o objetivo de manter a qualidade do serviço prestado (ANEEL, 2016);

**Reforço:** Reforço pode ser definido como a modificação, alteração ou reforma de equipamentos em instalações da rede de distribuição, com objetivo de aumentar a capacidade de distribuição, e melhorara a confiabilidade da rede distribuição (ANEEL, 2016);

**Autoconsumo remoto:** Modalidade de Consumo caracterizado por possuir unidades consumidoras com mesma titularidade, sendo Pessoa Física ou Jurídica, incluindo matriz e filial. Estas unidades devem possuir unidade geradora com microgeração ou minigeração distribuída, em locais diferentes, porém dentro da área de atuação da mesma concessionária (ANEEL, 2016).

**Geração compartilhada:** Modalidade de Consumo caracterizado por possuir unidades consumidoras com titularidades diferentes, através de uma cooperativa, podendo ser Pessoa Física ou Jurídica, incluindo matriz e filial. Estas unidades devem possuir

unidade geradora com microgeração ou minigeração distribuída, em locais diferentes das unidades consumidoras que compensarão o excedente de energia (ANEEL, 2016);

**Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras:** Modalidade de Consumo que se caracteriza por utilizar a energia elétrica de maneira independente. Nessa modalidade, cada unidade consumidora é independente uma das outras e instalações de uso comum caracteriza como outra unidade consumidora distinta, de responsabilidade da administração do empreendimento. Estas unidades devem possuir unidade geradora com microgeração ou minigeração distribuída, em mesmo local ou propriedades vizinhas, fazendo necessário a utilização de vias públicas e propriedades de terceiros que não fazem parte do empreendimento (ANEEL, 2016);

De acordo com a RN 687, tal qual a RN 482, a potência instalada da microgeração e da minigeração fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora está instalada. Caso o consumidor decida por uma instalação com potência superior ao limite estabelecido, ele deve solicitar o aumento da potência disponibilizada (ANEEL, 2016).

Além das modificações na definição de micro e minigeração, os prazos para consumo dos créditos de energia aumentou de 36 para 60 meses, também foram inseridos os conceitos de melhoria e reforço, que está relacionado a modificações que devem ser feitas na rede de distribuição para melhor atender o consumidor. Os conceitos de utilização da energia gerada por micro e minigeração, sendo elas, o autoconsumo remoto, a qual as unidades consumidoras possuem a mesma titularidade; a geração compartilhada, a qual possui unidades consumidoras com diferentes titularidades e o empreendimento com múltiplas unidades consumidoras com diferentes titularidades, porém em mesma área ou propriedades vizinhas, pode ser avaliado como um passo importante para o mercado de energia solar no Brasil.

### 3.1.3 Nota Técnica 0041/2022

A Nota Técnica 0041/2022 (ANEEL, 2022b) tem como objetivo apresentar uma proposta para ser submetida à consulta pública referente à adequação dos regulamentos aplicáveis à micro e minigeração distribuída. Em Janeiro de 2022 foi publicado a lei de marco legal da microgeração e minigeração distribuída no Brasil (BRASIL, 2022). Dentre as informações da lei, foi determinado um prazo de 180 dias para ANEEL adequar seus regulamentos, a fim de cumprir as disposições da lei. No dia 06/09/2022 a ANEEL publicizou o documento da NT 0041/2022 datado do dia 14/06/2022. Esse documento trata de um primeiro passo para a atualização da RN 481. Logo, este documento não é um regulamento, porém mostra as inclinações da ANEEL para a nova regulação.

A NT 0041/2022 da ANEEL é um documento de análise técnica sobre os assuntos tratados pela lei 14.300, logo, é um documento que segue a rotina da lei. Dentre os temas tratados pode-se destacar:

**Geração despachável:** A NT trata nos itens 28 a 33 o conceito de geração despachável. Esse conceito pode ser sintetizado como fontes de energia que possuem, de alguma maneira, um controle na energia que é injetada na rede. Dessa forma um sistema de energia solar, para ser despachável, deve possuir um sistema de baterias com capacidade de armazenamento mínima de 20% da capacidade de geração mensal. Quanto ao limiar de geração foi fixado um limite de 3MW para sistemas de minigeração solar fotovoltaica. (ANEEL, 2022b)

**Formas de associação:** Como a lei 14.300 ampliou as possibilidades de geração compartilhada, a NT trata dessas alternativas, sendo elas: consórcios e cooperativas; o condomínio civil voluntário ou edilício; ou qualquer outra forma de associação civil, desde que instituída para esse fim. Também deixa claro o veto ao comércio de excedentes ou créditos de energia. Além de ressaltar a necessidade de que a associação participante da modalidade de geração compartilhada deve possuir um CNPJ, tendo em vista que esse CNPJ será o consumidor titular da unidade consumidora com geração distribuída. (ANEEL, 2022b)

**Divisão de central geradora:** De acordo com a RN 482 é proibido a divisão de central geradora, e é de responsabilidade da distribuidora identificar estes casos que são vedados pela norma. Porém na NT ressalta que o empreendedor é livre para fazer divisões conforme necessidades próprias, desde que respeite as normas vigentes (ANEEL, 2022b).

**Solicitação de conexão:** A NT consolida uma revisão de linguagem utilizada. Substituindo a terminologia “Informação de Acesso” por “Orçamento Estimado”; o “Parecer de Acesso” por “Orçamento de Conexão”; o termo “solicitação de acesso” ou “solicitação de conexão”, dispostos na Lei, foram acertados como “solicitação de orçamento de conexão” (ANEEL, 2022b).

**Garantia de fiel cumprimento:** Em concordância com a lei 14.300 a NT discorre sobre a obrigatoriedade da apresentação de uma garantia de fiel cumprimento por partes dos interessados na conexão de centrais de minigeração. Para centrais com potência instalada entre 500kW e 1000kW 2,5% do investimento e 5% para centrais com potência instalada igual ou superior a 1000kW (ANEEL, 2022b).

Além dos temas destacados, pode-se citar que a NT concorda com os artigos 5º e 6º da lei. O art. 6º determina a proibição do comércio do parecer de acesso, sobre o argumento dos casos em que é feita a solicitação de acesso porém não é concluído o

projeto. O art.5º determina que a transferência de titularidade será permitida somente após a aprovação da vistoria.

Após a publicação deste documento, existem algumas etapas para serem cumpridas até a publicação dos novos regulamentos. Foi aberto uma consulta pública no dia 14/09 que irá durar até o dia 31/10, a qual a população pode contribuir para o processo de regulamentação. Ao fim da consulta pública a ANEEL realiza algumas análises e ajustes no documento, o qual passa por uma votação na diretoria para então ser publicado. Todo esse processo dura cerca de dois meses até a publicação da nova regulação.

### 3.1.4 PRODIST Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição

O PRODIST, no Sistema Elétrico Nacional é o documento no qual estão os regulamentos e procedimentos a serem seguidos para o acesso à rede elétrica (PEREIRA, 2019). Este documento é separado por módulos, o PRODIST, no Módulo 3 - Acesso ao Sistema de Distribuição tem o objetivo de normalizar os sistemas relacionados ao sistema de distribuição elétrico brasileiro (OLIVEIRA, 2018). Na seção 3.7 deste documento, são abordados os procedimentos necessários para o acesso de microgeração e minigeração distribuída. A Tabela 2 mostra o nível de tensão de conexão necessário para cada potência instalada como estabelecido pelo PRODIST.

Tabela 2 – Potência Instalada para cada Nível de Tensão de Conexão.

Potência Instalada (kW)	Níveis de tensão de conexão
10	Baixa Tensão (Monofásico)
10 a 75	Baixa Tensão (Trifásico)
76 a 150	Baixa Tensão (Trifásico)/ Média Tensão
151 a 500	Baixa Tensão (Trifásico)/ Média Tensão
501 a 10	Média Tensão/ Alta Tensão
11 a 30	Média Tensão/ Alta Tensão
30	Alta Tensão

Fonte: Retirado de Oliveira (2018).

No documento da PRODIST, na sessão 3.7 (ANEEL, 2017), também estão os requisitos mínimos em função da potência, para os sistemas de microgeração, ou seja, com potência inferior a 75 kW. Neste documento são determinados alguns componentes de proteção necessários para a conexão para um SFV conectado à rede de distribuição, conforme listados abaixo:

**Elemento de desconexão:** Interruptor de desconexão instalado em um local visível e de fácil acesso. Este elemento é utilizado para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção no sistema (ANEEL, 2017). No caso de microgeradores o elemento que conecta à rede é o inversor.

**Elemento de interrupção automático:** Interruptor de desconexão acionado de maneira automática por comando para a proteção do sistema de microgeração (ANEEL, 2017).

**Proteção de sub e sobretensão:** Sistema que detecte sub e sobretensão e que gere uma saída que consiga operar na atuação do elemento de interrupção, não sendo necessário o uso de um relé de proteção específico (ANEEL, 2017).

**Proteção de sub e sobrefrequência:** Sistema que detecte sub e sobrefrequência e que gere uma saída capaz de operar na atuação do elemento de interrupção, não sendo necessário o uso de um relé de proteção específico (ANEEL, 2017).

**Relé de sincronismo:** Sistema que efetue o sincronismo, e que gere uma saída viável para operar na atuação do elemento de interrupção, reconectando o sistema somente após o sincronismo ser atingido, não sendo necessário o uso de um relé de sincronismo específico (ANEEL, 2017).

**Anti-ilhamento:** Sistema que assegura a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações internas à unidade consumidora, abrangendo tanto geração quanto carga, impedindo a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção de fornecimento (ANEEL, 2017).

**Medição:** Sistema que assegure a medição bidirecional, e consiga diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede (ANEEL, 2017).

Seguindo o que é proposto pela PRODIST no Módulo 3 (ANEEL, 2017), a concessionária é responsável por instalar o sistema de medição. De mesmo modo realizar eventuais manutenções, operações e substituição na rede elétrica para adequar o sistema de distribuição aos projetos dos consumidores com sistemas de microgeração distribuída. Para aqueles com conexão de minigeração distribuída, o consumidor é responsável por ressarcir a distribuidora pelos custos de adequação do sistema de medição, nos termos da regulamentação específica (OLIVEIRA, 2018).

## 3.2 ABNT NBR 16149 - Sistemas fotovoltaicos – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição

A norma NBR 16149 da ABNT (ABNT, 2013) regulamenta a conexão dos sistemas fotovoltaicos que funcionam em paralelo com a rede de distribuição de energia elétrica (OLIVEIRA, 2018). Este documento foi publicado no ano de 2013 validado no ano seguinte e esta em vigor até os dias nos quais este documento foi escrito.

Alguns parâmetros são estabelecidos pela norma para que o sistema que será conectado à rede tenha compatibilidade com a rede. A qualidade da energia fornecida pelo

gerador fotovoltaico, às cargas, e à rede é regida por práticas e normas referentes à tensão, cintilação, frequência, distorção harmônica e fator de potência e o desvio padrão estabelecidos pela norma caracteriza uma condição anormal de operação (ABNT, 2013).

A NBR 16149 diz que os parâmetros de tensão, potência e frequência, devem ser compatíveis com a rede elétrica local, como está indicado pelos documentos da PRODIST (ABNT, 2013). Como nos sistemas de geração fotovoltaica conectados à rede funcionam como fonte de corrente, a faixa de operação de tensão é utilizada como uma função de proteção (ABNT, 2013). Com relação à cintilação, o SFV deve respeitar as normas IEC 61000-3-3 (ABNT, 2013) para sistemas com corrente inferior a 16 A, IEC 61000-3-11 (ABNT, 2013) para sistemas com corrente superior a 16 A e inferior a 75 A e IEC/TS 61000-3-5 para sistemas com corrente superior a 75 A (ABNT, 2013). O mais adequado é que a energia injetada na rede possua baixos índices de distorção harmônica de corrente para evitar que efeitos adversos ocorram nos equipamentos conectados à rede, de acordo com a NBR o limite de distorção harmônica total deve ser inferior a 5% (ABNT, 2013). A Tabela 3 apresenta os valores determinados pela norma para cada harmônico.

Tabela 3 – Limites de distorção harmônica de corrente determinados pela (ABNT, 2013).

Harmônicas Ímpares	Limite de distorção
3° a 9°	< 4,0%
11° a 15°	< 2,0%
17° a 21°	< 1,5%
23° a 33°	< 0,6%
Harmônicas Pares	Limite de distorção
2° a 8°	< 1,0%
10° a 30°	< 1,5%

Fonte: Retirado de ABNT (2013).

Quanto ao fator de potência, para sistemas fotovoltaicos com potência nominal menor ou igual a 3 kW, os inversores possuem Fator de Potência (FP) unitário ajustado em fábrica, com tolerância de 0,98 indutivo a 0,98 capacitivo (ABNT, 2013). Outro ponto importante prescrito pela NBR é a segurança pessoal e proteção do sistema fotovoltaico. Condições anormais de operação podem surgir na rede elétrica e requerem uma resposta do sistema fotovoltaico, variações de tensão e de frequência, desconexão completa do sistema representam um potencial para a formação de um ilhamento de geração (ABNT, 2013). O sistema fotovoltaico deve perceber qualquer condição anormal de operação e atuar cessando o fornecimento de energia à rede (ABNT, 2013). A Tabela 4 mostra os tempos de resposta determinado pela NBR para tensões eficazes medidas no ponto comum de conexão.

Caso ocorra distúrbios de curta duração, o sistema deve respeitar um limite de tempo de resposta, para evitar que o sistema cesse o fornecimento de energia para a rede de distribuição. Evitando assim desconexões excessivas e desnecessárias (ABNT, 2013).

Tabela 4 – Tempo de resposta a condições anormais de tensão determinados pela (ABNT, 2013).

Tensão no ponto comum de conexão	Tempo máximo de desligamento
$V < 80\%$	0,4 s
$80\% < V < 110\%$	Regime normal de operação
$80\% < V$	0,2 s

Fonte: Retirado de ABNT (2013).

Não é permitido que a unidade geradora deixe de fornecer energia à rede e volte a faixa de operação contínua dentro do tempo de desligamento determinado (ABNT, 2013).

A norma NBR 16149 determina as características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição, logo, trata da qualidade da energia que será injetada na rede. Além disso, mostra quais são as possíveis variações nos parâmetros de tensão, frequência, fator de potência e limite de distorção harmônica da energia que será injetada na rede pelo SFV.

### 3.3 CEMIG

A CEMIG não possui nenhum documento específico que normatize os sistemas de microgeração e minigeração, por conta disso são utilizados a ND-5.30 - Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão (CEMIG, 2016a) e a ND-5.31 - Requisitos Para Conexão de Acessantes Produtores de Energia Elétrica ao Sistema de Distribuição da Cemig D – Média Tensão (CEMIG, 2016b), nos quais são determinados critérios operacionais, procedimentos de acesso, padrões técnicos de projeto, requisitos de qualidade e segurança para conexão de microgeração e minigeração distribuída exigidos pela distribuidora.

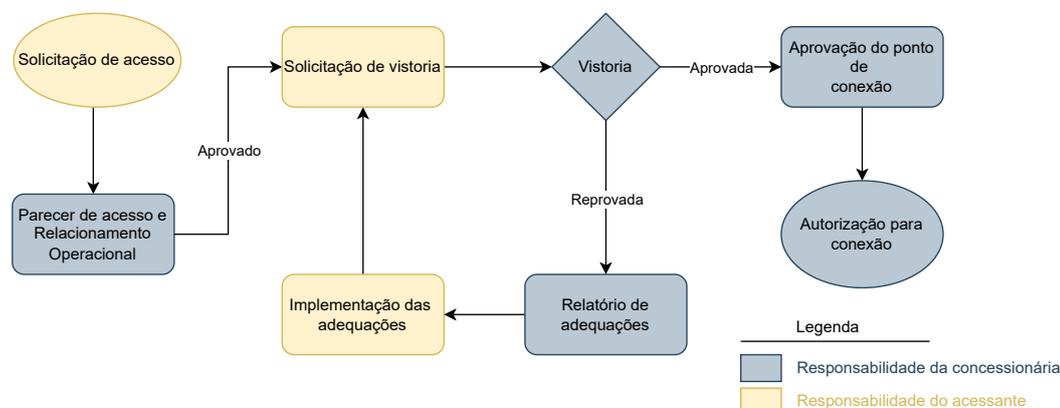
#### 3.3.1 Procedimentos de acesso

Para que um projeto de microgeração consiga ser concluído e finalmente estar operante, este deve passar por algumas etapas como análise do projeto, inspeção, teste e liberação para funcionamento por parte da Cemig D (CEMIG, 2019). A Figura 5 apresenta de forma sucinta as etapas que o projeto deve passar, na cor cinza está o que é responsabilidade da concessionária e na cor amarelo o que é responsabilidade do acessante.

#### 3.3.2 Critérios e padrões técnicos

Nos sistemas fotovoltaicos, a central geradora é conectada à rede por meio de inversores (CEMIG, 2019). Os sistemas, devem ser interligados ao sistema elétrico de

Figura 5 – Fluxograma de procedimentos de acesso de micro geradores ao sistema de distribuição da Cemig.



Fonte: Adaptado de Cemig (2019).

baixa tensão no mesmo ponto de conexão da unidade consumidora, e a potência instalada da microgeração fica limitada à potência disponibilizada à unidade consumidora a qual a central geradora está conectada. Caso o consumidor opte por instalar uma central geradora com potência superior a este limite, é necessário a solicitação do aumento da potência instalada (CEMIG, 2019).

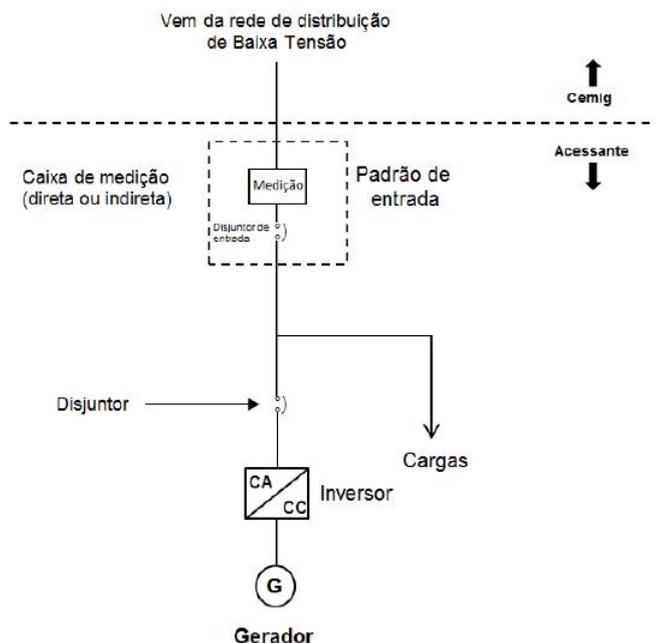
Para a conexão de consumidores com microgeração para consumo próprio, em edificações individuais, a central geradora deve estar fisicamente instalada e eletricamente conectada nas dependências da própria unidade consumidora (CEMIG, 2019). Para estes sistemas, que utilizam inversores como interface de conexão, a Figura 6 mostra o esquema simplificado que deve ser utilizado como referência (CEMIG, 2019).

Os inversores utilizados deverão ser instalados em local apropriado e de fácil acesso, devem atender os requisitos estabelecidos pela norma ABNT 16149 (ABNT, 2013), também deverão apresentar o certificado de conformidade concedido pelo Inmetro<sup>1</sup> (CEMIG, 2019). É exigido que alguns requisitos de proteção sejam seguidos para que as unidades consumidoras façam a associação ao sistema de compensação e se conectem à rede elétrica de baixa tensão. Estes requisitos seguem a determinação da PRODIST, logo devem possuir elementos de interrupção; proteção de sub e sobretensão; proteção de sub e sobre-frequência; relé de sincronismo; e anti-ilhamento.

O sistema de medição utilizado nesses sistemas deve ser um sistema de medição bidirecional, medindo tanto a energia ativa consumida da rede quanto a energia ativa injetada na rede elétrica. Para novos consumidores a Cemig D é responsável pela instalação do medidor adequado, do mesmo modo, para clientes existentes a Cemig D é responsável pela substituição do medidor instalado por um medidor adequado (CEMIG, 2019).

<sup>1</sup> O Inmetro é o órgão federal responsável por atestar que um produto atende os requisitos de uma norma ou regulamento técnico.

Figura 6 – Padrão de conexão entre acessante e rede de distribuição de baixa tensão da Cemig.



Fonte: Retirado de Cemig (2019).

### 3.3.3 Requisitos de segurança

Para o sistema de geração distribuída operar de forma segura, ele deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora. É recomendado que ele possua dispositivo de proteção contra curto-circuito, dispositivos contra surtos DPS seguindo os padrões das NBR 5410 e 4519 (CEMIG, 2019); junto ao padrão de entrada de energia, na caixa de medição ou próximo dela, deverá ser instalada uma placa de advertência conforme modelo apresentado na Figura 7, esta placa deverá atender exatamente ao modelo e especificações definidas pela norma (CEMIG, 2019)

Figura 7 – Modelo da placa de advertência que deve ser instalado junto ao padrão de entrada.



Fonte: Retirado de Cemig (2019).

### 3.4 Lei 14.300

No dia 06 de Janeiro de 2022 o então presidente da república decretou e sancionou a lei 14.300 (BRASIL, 2022), que institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída no Brasil. Essa lei garante total regulação no que se diz a respeito de microgeração e minigeração, consolidando todas as questões referentes à essas modalidades de geração de energia no país. A partir da data em que foi sancionada, a lei já está em vigor. Porém possui um prazo de doze meses como período de transição como descrito no art. 26, ou seja, os projetos homologados até o dia 05 de janeiro de 2023 terão direito adquirido até o ano de 2045, logo os sistemas protocolados até data estarão isentos das regras tarifárias dispostos pela lei, mantendo a compensação de energia de um para um como disposto na RN 482.

A lei sancionada trouxe várias mudanças em relação às regulamentações anteriores vigentes no país, as principais mudanças estão relacionadas ao modo de valoração dos créditos de energia, ao parecer de acesso, e à utilização dos créditos. Outros pontos relacionados ao custo de disponibilidade, potência de geração, bandeiras tarifárias, sofrerão mudanças após o período de transição da lei.

**Parecer de acesso:** No capítulo 2 da lei estão dispostos as novas diretrizes para solicitação de acesso e aumento de potência, dentre as principais mudanças em relação ao parecer de acesso, pode-se levantar que cabe à ANEEL estabelecer um formulário padrão para solicitação de acesso, que deverá ser protocolado na distribuidora acompanhado dos documentos pertinentes; a transferência de titularidade de um sistema poderá ser feita após a vistoria da consumidora e está vedada a comercialização do parecer de acesso. Sistemas de minigeração deverão apresentar garantia de fiel cumprimento conforme art. 4º. (BRASIL, 2022)

**Valoração dos créditos:** Para projetos protocolados a partir de Janeiro de 2023, a compensação de energia deixará de ser de um para um e passará a ser uma compensação parcial. Até o ano de 2029 os projetos com potência instalada de até 500kW irão remunerar 100% do Fio B, referente aos custos vinculados ao uso da infraestrutura da rede de distribuição. Clientes com autoconsumo remoto superior a 500kW irão remunerar o Fio B, O Fio A mais tarifas de fiscalização e encargos de pesquisa e desenvolvimento. Essa remuneração irá ocorrer de forma gradual até o ano de 2029 no qual a remuneração passará ocorrer de acordo com o artigo 17 da lei. (BRASIL, 2022)

**Utilização dos créditos:** Anterior ao decreto da lei, a utilização dos créditos de energia, para locais diferentes da unidade geradora, se dava por indicação de percentual. A partir do decreto da lei o usuário poderá escolher entre dois modos de utilização dos créditos, indicando o percentual para cada localidade ou seja x% para

uma localidade,  $y\%$  para outra; ou indicando uma ordem de compensação, ou seja qual localidade irá utilizar os créditos primeiros, se após a compensação existir crédito remanescente uma próxima localidade irá compensar e assim sucessivamente. (BRASIL, 2022)

**Custo de disponibilidade:** Anterior ao decreto da lei, os projetos instalados poderiam ter o custo de disponibilidade cobrado de maneira duplicada, ou seja, o consumidor pagava a taxa mínima da tarifa de energia, referente à um consumo mínimo de energia, porém não era compensado esse consumo do excedente. A partir do decreto da lei, o consumidor estará protegido dessa cobrança em duplicidade, ou seja, para um consumidor bifásico, por exemplo, que paga uma taxa de disponibilidade referente a  $50kWh$ , injeta na rede  $200kWh$  e compensa  $200kWh$ , ao final do ciclo, esse consumidor irá compensar  $150kWh$  e possuirá crédito de  $50kWh$ . (BRASIL, 2022)

**Potência de geração:** A lei 14.300 alterou potência de geração dos sistemas de minigeração distribuída, que passou a ser entre  $75kW$  até  $5MW$  para fontes despacháveis e até  $3MW$  para fontes não despacháveis, ou seja para sistemas de microgeração e minigeração solar fotovoltaica a definição continua de acordo com a RN 687 da ANEEL. (BRASIL, 2022)

**Bandeiras tarifárias:** A partir da lei, de acordo com art. 19 as bandeiras tarifárias serão cobradas somente sobre o consumo de energia elétrica ativa a ser faturada, não aplicando sobre a energia excedente. (BRASIL, 2022)

Embora o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, Lei 14.300 não tenha sido decretada definindo parâmetros que impulsionaria ainda mais o setor no país, o documento ainda trás alguns pontos positivos para os consumidores, como maior segurança jurídica, o fim da cobrança em duplicidade na tarifa de energia e as mudanças na cobrança das bandeiras tarifária. Além de possibilitar a comercialização de excedentes de geração de projetos de microgeração e minigeração por meio de chamadas públicas a ser definida por regulamentação da ANEEL. Muitas mudanças irão ocorrer a partir do fim do período de carência de 12 meses após a data de publicação da lei, cabe aos consumidores, profissionais da área ficarem atentos para entenderem quais as melhores maneiras de utilizarem essas mudanças.

### 3.5 Conclusões parciais

Neste capítulo foram apresentados as Normas e Regulamentos vigentes no país. A RN 482 da ANEEL foi a primeira a definir os conceitos de microgeração e minigeração distribuída, que permitiu que consumidores comuns pudessem gerar sua própria energia e injetar o excedente na rede. Com o passar dos anos os regulamentos sofreram alterações

e atualizações. Até que em Janeiro de 2022 foi protocolado a lei que instituiu o marco legal da microgeração e minigeração distribuída no Brasil, que garantiu um respaldo jurídico no setor. A partir da decretação da lei cabe às instituições responsáveis revisar as normas e regulamentos a fim de alinhar os regulamentos com a legislação do país. A ANEEL iniciou os exercícios para essa revisão, publicando a NT 0041/2022, em seguida abrindo a consulta pública para obter o parecer da sociedade em relação à regulamentação da lei 14.300 para então prosseguir com os passos da revisão dos regulamentos.

## 4 Compêndio de Boas Práticas

Durante o desenvolvimento e a execução de um projeto de Micro Geração Solar Fotovoltaica (MCGSF), surgem dúvidas práticas comuns. Por exemplo, qual o melhor posicionamento dos componentes, principalmente os painéis, ou como atender efetivamente as normas das concessionárias. Neste sentido, foram realizadas conferências com dois profissionais experientes na área, com o intuito sintetizar as principais informações advindas da prática. Neste capítulo, são apresentados alguns pontos de atenção e boas ações a serem tomadas para otimizar a execução de um projeto de MCGSF.

### 4.1 Considerações iniciais

No decorrer do desenvolvimento do fluxograma de projeto de MCGSF, apresentado no Capítulo 5, foram identificadas lacunas de cunho prático na literatura investigada. Para preencher esta lacuna, foram desenvolvidas entrevistas com profissionais com experiência da área. As entrevistas foram realizadas pelo autor, seguindo um questionário com questões diretas e questões abertas sobre os processos de desenvolvimento de projetos. Esse questionário<sup>1</sup> foi dividido em 4 subtemas, sendo eles:

- I) pré-projeto;
- II) projeto;
- III) normas e regulamentos e;
- IV) instalação.

As entrevistas foram transcritas e são apresentadas no Apêndice A. Neste capítulo, é feita uma análise das principais conclusões observadas nas respostas dos entrevistados. As conclusões são organizadas e comentadas nas seções seguintes.

### 4.2 Listagem dos principais tópicos selecionados

Nas seções seguintes são apresentados os principais tópicos das entrevistas. Os tópicos foram selecionados sob dois aspectos principais: (*i*) grau de importância e significância no desenvolvimento do projeto e (*ii*) convergência das informações expostas pelos

---

<sup>1</sup> O questionário foi inicialmente elaborado baseando-se nas lacunas observadas na literatura. Porém, foram adicionadas questões abertas no intuito de absorver ao máximo a experiência do entrevistado. Dessa forma, foi possível estar aberto à pontos que não foram observados inicialmente, na elaboração do questionário.

entrevistados sobre um mesmo assunto. A lista a seguir apresenta estes tópicos ou pontos de destaque selecionados<sup>2</sup> pelo autor:

- (a) Diretrizes sobre alocação dos componentes;
- (b) Cuidado na vistoria com a divergência entre projeto e execução;
- (c) Importância divulgação da qualidade do trabalho;
- (d) Diretrizes para elaboração da análise de viabilidade de um projeto;
- (e) Orientação para o uso de softwares durante o projeto;
- (f) Critérios para escolha dos componentes e fornecedores;
- (g) Importância da atualização quanto às normas das concessionárias;
- (h) Diretrizes para instalação e execução do projeto;
- (i) Importância da comunicação com o cliente no pós-venda.

#### 4.2.1 Diretrizes sobre alocação dos componentes

Durante a execução de um projeto, se faz necessário a escolha do local onde será feito a instalação dos componentes, tanto as placas solares, quanto inversor e *string* CC. Idealmente as placas devem ser direcionadas ao norte 20°, o inversor o mais próximo ao centro de carga, por exemplo caixa de passagem do padrão ou Quadro de Distribuição (QD). Porém, na maioria das vezes, não é possível acertar estes parâmetros ideais, cabe ao projetista, junto com o cliente analisar os possíveis lugares para instalar os componentes. Logo após, deve ser feito uma análise de forma técnica, e utilizando o bom senso, decidir qual o melhor local para realizar a instalação.

Para a alocação dos painéis solares, o projetista deve inicialmente avaliar o telhado onde serão instalados os painéis, a área disponível, quantidade de águas no telhado e o sentido no qual essa está direcionada. Por mais que a parte técnica diga que a melhor geração será com as placas inclinadas 20° e direcionadas ao norte, pode ocorrer casos que não será possível acertar essa direção. Nesses casos é mais indicado colocar mais placas no projeto do que fazer alguma alteração no telhado do cliente. Cabe ao projetista também observar qual o tipo de telhado no qual será realizado a instalação para fazer a escolha assertiva das estruturas de fixação, vale a pena lembrar que cada tipo de telhado, seja colonial, telhado metálico, ou amianto com estrutura metálica ou de madeira, necessita de uma estrutura de fixação específica.

---

<sup>2</sup> Vale a pena ressaltar que, não é objetivo deste trabalho ordenar os tópicos em ordem de importância, mas sim apresentá-los e discuti-los.

Após avaliar o telhado do cliente, observando o número de águas e quantas águas serão necessárias para alocar as placas do sistema, o projetista deve analisar o inversor, e a quantidade de entradas MPPT presente no componente. Para cada MPPT do inversor, pode ser conectado uma certa quantidade de placas com uma orientação fixa. Por exemplo, um inversor com duas entradas MPPT permite instalar placas em duas direções diferentes. Para os casos que o inversor não possui um número de MPPT suficiente, o projetista pode optar pelo microinversor, pois este possui uma entrada para cada placa.

#### 4.2.2 Cuidado na vistoria com a divergência entre projeto e execução

Um dos últimos passos para a conexão do sistema de MCGSF é a vistoria realizada pela concessionária local. É de extrema importância o projetista se atentar a alguns pontos antes de solicitar a vistoria. Cabe ao profissional tomar algumas medidas para prevenir que o projeto implementado seja reprovado na vistoria, o que irá gerar atrasos na conexão junto à rede de distribuição, algumas dessas medidas são:

- Ao enviar os documentos necessários para a concessionária revisar se os dados dos componentes como modelo e marcas estão descritos no projeto tal qual nos dados de placa. Por exemplo, um microinversor cadastrado pelo fornecedor como QS1-BR-220, em que QS1 é o modelo, BR indica Brasil e 220 a tensão do micro inversor, porém na carcaça só é indicado o modelo QS1, caso no formulário o integrador preencha com o modelo igual ao cadastrado pelo fornecedor, o vistoriador pode reprovar o projeto na vistoria;
- Outro ponto é não se esquecer de fixar a placa de geração própria junto ao padrão de energia, a não fixação dessa placa pode levar o sistema ser reprovado na vistoria;
- Para projetos que necessitem o uso de telhado compartilhado, o integrador, deve anexar além dos documentos de posse, um documento de permissão de uso de telhado. Por exemplo, em um prédio com mais de um padrão de energia, deve-se solicitar o uso do telhado para os donos dos demais padrões. Esse documento deve ser redigido pelo projetista, carece constar que o dono de determinado padrão autoriza o dono do sistema que será instalado utilize o telhado que é compartilhado, esse documento deve ser feito para cada padrão vizinho, deve ser assinado pelos respectivos donos e não necessita ser registrado em cartório. Cabe ressaltar que a CEMIG não possui nenhum modelo para este documento .

#### 4.2.3 Importância divulgação da qualidade do trabalho

Ao entrar em contato com um possível cliente, é de extrema importância que o integrador explique de maneira detalhada todos os custos de implementação de um projeto

de MCGSF. Cabe ao integrador expor ao cliente o valor do seu trabalho e o seu diferencial de mercado. Possuir conhecimento técnico é um diferencial. Logo, é indispensável que o profissional esteja devidamente qualificado para a execução do serviço, garantindo que o sistema projetado será homologado e terá pleno funcionamento, sem correr riscos com parte elétrica nem estrutural.

#### 4.2.4 Diretrizes para elaboração da análise de viabilidade de um projeto

Antes de se iniciar um projeto, cabe ao desenvolvedor fazer uma análise de viabilidade, avaliando a praticabilidade do investimento de tempo, e recursos para a implementação deste projeto. Para a elaboração desta análise, quanto mais informação melhor. Pois possibilita o desenvolvimento de um projeto com um menor número de incógnitas.

Primeiramente, o projetista, com as informações contidas na conta de energia consegue avaliar a real necessidade de um consumidor instalar um sistema de MCGSF. Consumidores com perfil de baixo consumo de energia elétrica sem intenção de aumentar esse consumo são exemplos de caso nos quais não se justifica o investimento em um sistema<sup>3</sup>. O projetista deve-se atentar que após a conexão de um sistema junto a rede elétrica, o consumidor continua pagando certas taxas à concessionária, como taxa de disponibilidade e taxa de iluminação pública. Nesses casos existem melhores maneiras de diminuir a conta de energia deste cliente.

Outro ponto de atenção no desenvolvimento da análise de viabilidade é o padrão instalado na casa do cliente. No caso de projetos implementados no estado de Minas Gerais, a CEMIG exige um padrão bifásico, caixa CM2 e disjuntor de 63A (CEMIG, 2016a). Caso não seja este o padrão instalado e cadastrado no banco de dados da concessionária, a CEMIG não aprova o projeto. Nesses casos, deve-se realizar a troca do padrão ou correção da informação contida no banco de dados da concessionária. Através do CEMIG atende, o projetista, ou mesmo o consumidor consegue atualizar os dados cadastrais.

Outro ponto a se analisar é o telhado no qual será feita a instalação dos painéis. O projetista deve analisar o sombreamento no local para conseguir estipular o potencial de geração por metro quadrado no projeto. Também deve-se analisar a condição estrutural do telhado, avaliando se este suportará a carga de peso adicional. Caso o projetista não consiga realizar a avaliação da estrutura, é indicado que o mesmo entre em contato com um profissional da área para fazer essa análise estrutural, por exemplo, um engenheiro civil ou mecânico. Essa análise deve ser feita para que o sistema implementado possa ter pleno funcionamento sem risco de afetar a estrutura do telhado, o que poderia ocasionar um acidente levando a edificação sofrer algum desabamento. No melhor conhecimento do autor, não existe nenhum tipo de cobrança de laudo técnico de estrutura de telhado para que o projeto seja aprovado pela concessionária.

<sup>3</sup> Informação retirada das entrevistas realizadas e transcritas no Apêndice A

#### 4.2.5 Orientação para o uso de softwares durante o projeto

Durante o desenvolvimento de um projeto de MCGSF, o projetista pode utilizar de alguns *softwares* como ferramentas para auxiliá-lo na elaboração de um sistema assertivo e confiável. A seguir, é listado alguns exemplos de softwares que podem estar sendo utilizados para o auxílio no desenvolvimento do projeto.

**Excel:** utilizado para a implementação de planilhas que podem auxiliar o projetista nos cálculos de dimensionamento. Por ser um *software* pago o projetista pode optar por usar o Google planilhas.

**Radia-sol :** *software* gratuito, utilizado para levantamento de dados de radiação solar tanto para superfícies planas quanto para superfícies inclinadas.

**Google earth:** *software* gratuito, utilizado para mapeamento do local de implementação do projeto. Auxilia o projetista a conhecer o local de instalação e possíveis pontos geradores de sombreamento quando não é possível realizar a visita presencial.

**AutoCad:** utilizado para a realização dos desenhos técnicos necessários para o projeto, por exemplo o diagrama unifilar do projeto. Por ser um software pago o projetista pode optar por usar o FreeCAD.

**Pvsol :** *software* pago, utilizado na simulação do sistema projetado, realiza uma simulação 3d da edificação onde será feito o projeto, e edificações vizinhas, pontos geradores de sombreamento, configurando com o nível de radiação do local do projeto. Permite uma simulação assertiva da geração de energia do sistema simulado, assegurando ao projetista que o trabalho que será realizado irá cumprir com a necessidade à qual foi projetado. No melhor conhecimento do autor não foi encontrado nenhum *software* gratuito que ofereça as mesmas funções.

#### 4.2.6 Critérios para escolha dos componentes e fornecedores

É de suma importância que o integrador saiba escolher os componentes para os seus projetos, devidas marcas e fornecedores, para isso, alguns métodos são comumente utilizados. Para a escolha dos componentes utilizados, é importante prezar por marcas que estejam consolidadas no mercado, que possuem suporte técnico no Brasil e que tenham um bom atendimento pós-venda. Para a escolha de fornecedores é importante que estes sejam confiáveis, que trabalhem com os produtos escolhidas pelo projetista, se possível que tenha estoque, e que entregue no prazo estipulado.

### 4.2.7 Importância da atualização quanto às normas das concessionárias

Durante a etapa de solicitação de acesso, o integrador tem a responsabilidade de enviar os devidos documentos para a avaliação e aprovação da concessionária. Como no país existem diversas concessionárias, é de grande importância que o projetista esteja sempre atualizado em relação à concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica no local de implementação do sistema. Cada concessionária possui um atendimento próprio, diferente umas das outras. Cada uma possui um protocolo de solicitação de acesso particular, por isso, é essencial no desenvolvimento do parecer de acesso que o projetista visite o site da concessionária, procure o formulário atualizado e, se possível, busque por modelos e exemplos de como preencher e enviar de forma correta os documentos necessários. No caso da CEMIG, por exemplo, ela disponibiliza apenas o formulário. Porém possui um modelo de memorial descritivo e diagrama unifilar para auxiliar o projetista no desenvolvimento do seu trabalho. Cabe ao profissional escolher utilizar um modelo pronto para adiantar o processo ou desenvolver um projeto desde o início. Ao elaborar o projeto de modo individualizado, desde o início, o projetista evita alguns erros que podem acontecer ao replicar algum trabalho anterior.

### 4.2.8 Diretrizes para instalação e execução do projeto

Ao iniciar a instalação de um sistema de MCGSF alguns cuidados devem ser tomados. Ao manusear os componentes deve-se tomar cuidado para que estes não sofram algum choque mecânico, o que pode causar danos que atrapalhe o pleno funcionamento do dispositivo. Por exemplo, as células dos painéis solares são frágeis, para isso, a placa possui uma camada de vidro que protege estas células. Caso ocorra algum dano, esse painel terá uma ineficiência em seu funcionamento e, essa célula danificada a longo prazo, pode gerar um ponto quente podendo colocar em risco outros componentes.

Deve-se tomar cuidado também com as conexões dos componentes. Ao realizar a instalação do inversor, deve-se atentar à polarização da rede CC, lembrando sempre de não fazer a conexão das polaridades invertidas. Além disso, o instalador, deve sempre trabalhar com o circuito CA desenergizado, evitando qualquer dano ao inversor.

Ao realizar a conexão da *string* CC o instalador deve-se atentar para instalá-la em uma distância de segurança do inversor, cerca de 40cm ao lado do inversor<sup>4</sup>. Visto que a *string box* é um componente utilizado para proteger o inversor de qualquer surto, esse componente corre o risco de pegar fogo, logo, caso aconteça algum evento com esse componente é importante que este esteja a uma distância segura para que o inversor não venha sofrer qualquer dano.

Durante a instalação dos componentes é de extrema importância que o instalador tenha pleno conhecimento do serviço que está realizando. Caso ocorra uma dúvida é

<sup>4</sup> Informação retirada das entrevistas realizadas e transcritas no Apêndice A

preferível atrasar um pouco o serviço para sanar essa dúvida, se necessário entrar em contato com o fabricante para realizar uma instalação assertiva. O instalador deve sempre se atentar às normas vigentes e obedecê-las. Deve-se também realizar vistorias antes de energizar todo o circuito, avaliando todas as conexões, e fazer todos os testes necessários, como tensão nas placas, tensão da rede por exemplo, a fim de ter certeza que ao energizar o circuito, o sistema funcionará plenamente.

#### 4.2.9 Importância da comunicação com o cliente no pós-venda

Após a implementação de um sistema, o pós venda é muito importante para o cliente ficar satisfeito. Este pós-venda engloba tanto as questões de manutenção quanto questões de suporte ao cliente. É importante que o integrador explique ao cliente como o sistema instalado irá funcionar, como o aplicativo de monitoramento do sistema funciona e quais são os cuidados que devem ser tomados com o sistema. O pós-venda é acompanhado com a manutenção. Em um sistema solar, a manutenção preventiva está ligado à limpeza das placas e dos componentes e à aferição de apertos de conexões e parâmetros do sistema. Já a manutenção corretiva, está ligado ao acionamento da garantia, porém é de difícil ocorrência, isso justifica a escolha de bons componentes, com marcas que possuem assistência técnica no Brasil.

### 4.3 Pontos de influência das boas práticas

A partir de uma lista de atributos é possível fazer uma comparação entre os pontos de atenção levantados e ver como cada ponto levantado irá atuar no desenvolvimento do projeto. A lista abaixo mostra cada atributo e como eles interferem no desenvolvimento do projeto.

#### **Lista de atributos:**

**Custo:** custo de aquisição de componentes, é o valor no qual o cliente irá investir na aquisição dos componentes do projeto.

**Relação com o cliente:** confiança, está relacionado com o modo com que o cliente avalia o trabalho. Um trabalho bem executado pode abrir portas para trabalhos futuros.

**Retrabalho de projeto:** quando o projeto é reprovado pela concessionária, cabe ao integrador corrigir os pontos que levaram à reprovação e reenviar os documentos necessários para a concessionária, neste caso serão pontuados os itens que quando são levados em consideração podem evitar o retrabalho.

**Tempo de projeto** tempo necessário para a execução do projeto, desde os dimensionamentos iniciais até o pleno funcionamento do mesmo.

**Pós-venda:** relação com o cliente após a finalização do projeto, podendo ser em forma de consultoria sobre o sistema ou manutenções no sistema instalado.

A partir da lista de atributos é possível fazer uma avaliação de como cada ponto de destaque levantado irá atuar na evolução do projeto, e qual o auxílio oferecido por eles. Visto isso, desenvolveu-se a Tabela 5, a qual demonstra quais atributos cada ação de boa prática irá influenciar. A indicação de um X em determinado item demonstra forte correlação com determinado atributo. Esta correlação foi observada qualitativamente durante as entrevistas e na sua posterior compilação.

Tabela 5 – Pontos de influência das boas práticas

Item	Custo	Relação com cliente	Retrabalho de projeto	Tempo de Projeto	Pós-venda
(a)	X	X			
(b)		X	X	X	
(c)	X	X	X		X
(d)	X	X			
(e)		X	X		
(f)	X	X		X	X
(g)		X	X	X	
(h)	X	X		X	
(i)		X			X

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 4.4 Conclusões Parciais

Neste capítulo foram apresentados os principais pontos de boas ações a serem tomadas pelo projetista durante o projeto e execução de um projeto de MCGSF. Essas informações foram levantadas a partir de entrevistas com profissionais experientes na área. Pôde-se observar que intempéries durante a implementação de um sistema podem ser evitadas quando o projetista se atenta em pontos que podem ser julgados como simples. No decorrer da execução de um projeto de MCGSF os profissionais envolvidos devem tomar o máximo de cuidado possível, dessa forma poderá evitar retrabalho e possíveis danos futuros ao sistema. Também foi possível observar que um profissional conhecedor dos procedimentos técnicos, que trabalha com seriedade, possui seus critérios na escolha e avaliação dos melhores componentes para cada projeto e que se mantém atualizado é um profissional que se diferencia frente à concorrência. Por fim verifica-se que os pontos levantados neste capítulo podem auxiliar o integrador a implementar um sistema mais assertivo, com menos risco de reprovação pela concessionária e maior satisfação no fim do projeto.

# 5 Fluxograma de projeto de micro-geração solar fotovoltaica

Este capítulo é dedicado ao desenvolvimento dos procedimentos de projeto de SFV com potência de geração de até 75 *kW* (ANEEL, 2016). A elaboração de projeto de um SFV se inicia ao se analisar as características meteorológicas da região de implementação do projeto, juntamente com a análise do perfil de consumo da carga que será alimentada.

## 5.1 Etapas do Projeto de um Sistema de Microgeração Fotovoltaica

Usualmente, o projeto de um SFV pode seguir o fluxograma indicado na Figura 8. De acordo com as pesquisas realizadas, o projeto foi dividido nas seguintes etapas:

### 1. Etapas de pré-projeto:

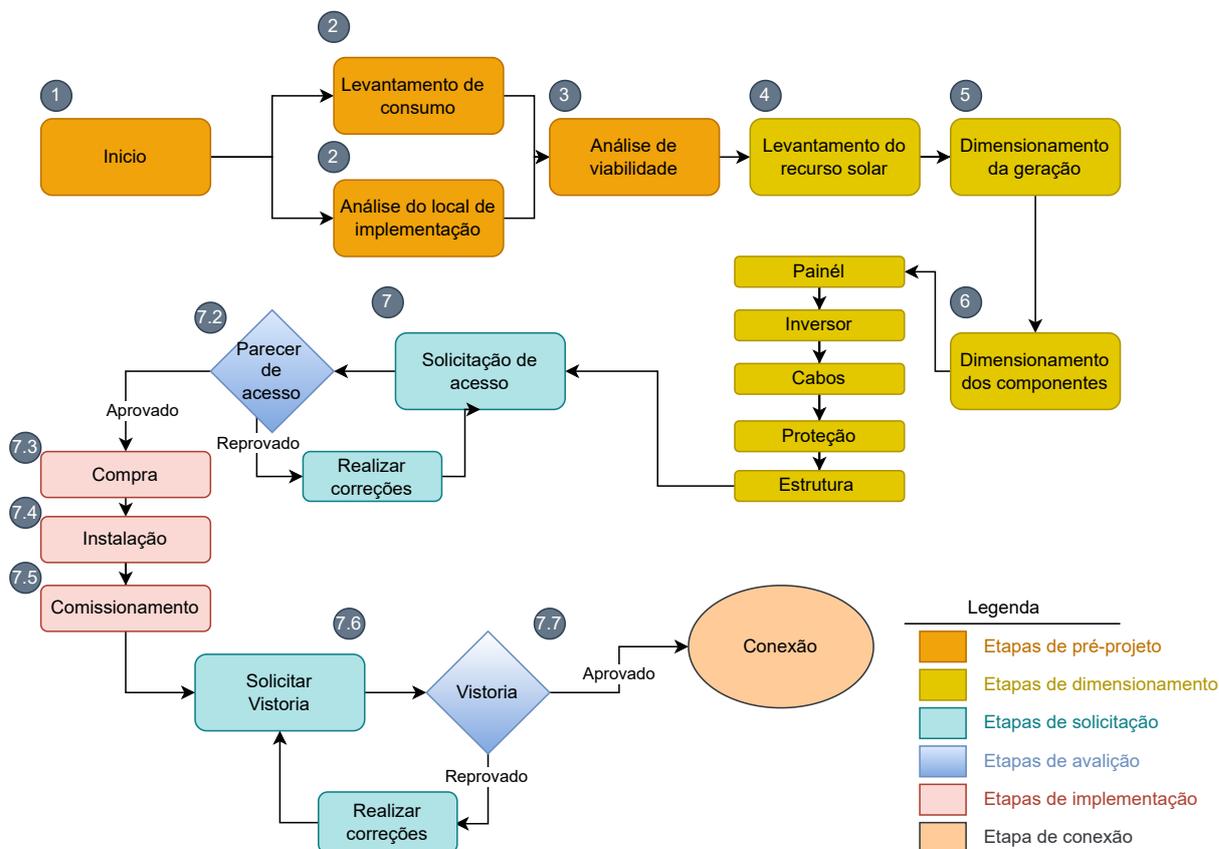
- a) Levantamento de consumo;
- b) Análise do local de instalação do projeto;
- c) Análise de viabilidade;

### 2. Etapas de projeto:

- a) Levantamento de recurso solar;
- b) Dimensionamento da geração;
- c) Dimensionamento dos componentes;
- d) Solicitação de acesso;
- e) Compra;
- f) Instalação;
- g) Comissionamento;
- h) Solicitação de vistoria;
- i) Conexão.

As seções seguintes se aprofundarão em cada etapa do projeto, desde as etapas de pré projeto - avaliando o recurso solar e o local de instalação - até as etapas de projeto - dimensionando o sistema, da submissão à concessionária, conclusão do projeto e conexão com a rede.

Figura 8 – Fluxograma das etapas de desenvolvimento de um projeto de microgeração solar fotovoltaica conectado à rede.



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

## 5.2 Levantamento de consumo

Durante a etapa de levantamento de consumo, o projetista deve fazer uma projeção do consumo da unidade que será alimentada pelo SFV que será planejado.

Para um projeto de uma residência nova, ou seja, sem dados anteriores, deve-se estipular o consumo. A maneira mais tradicional de se estabelecer a demanda de uma unidade consumidora é somar as energias consumidas por cada equipamento (PINHO; GALDINO, 2014).

Para um sistema, no qual, já se possui dados de consumo, utiliza-se os disponíveis na fatura de energia. Inicialmente, deve ser identificado o histórico de consumo de energia em kWh. Com os valores, calcula-se a média de consumo mensal durante as 12 medições efetuadas no histórico. Posteriormente, é calculado valor de geração diária do SFV que será projetado. O cálculo é simples: com base na média mensal calculada, basta dividir por 30, que são os dias de um mês. Dessa forma, é possível determinar a quantidade de energia gerada para efetuar uma compensação total de energia durante um ano baseado nos dados contidos na fatura de energia (SOL, 2020). Cabe ao projetista se atentar também

à pretensão de aumento do consumo da unidade para dimensionar um sistema capaz de suprir toda a demanda mesmo após aumento de consumo.

Para que o conteúdo teórico tenha uma melhor absorção, a partir desta seção, será conduzido um exemplo baseado em um histórico de consumo retirado da conta de energia de uma residência de 4 pessoas. Com padrão monofásico e disjuntor de 50 A.

**Exemplo:** Supondo uma fatura com histórico de consumo como na Tabela 6, pode-se calcular o consumo mensal médio conforme,

$$P_{cm} = \frac{P_{ca}}{12} = \frac{3105}{12} = 258,75kW \quad (5.1)$$

em que  $P_{cm}$  é o consumo mensal médio em kW e  $P_{ca}$  é o consumo anual em kW.

Tabela 6 – Exemplo Histórico de Consumo

Mês	Potência Consumida (kW)
Janeiro	235
Fevereiro	280
Março	200
Abril	270
Mai	210
Junho	290
Julho	275
Agosto	215
Setembro	240
Outubro	310
Novembro	320
Dezembro	260
<b>Total Anual</b>	<b>3105</b>

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Durante a etapa de levantamento de consumo, é feito o cálculo que determinará o tamanho do projeto do SFV. É importante o projetista se atentar as necessidades do cliente, se existe alguma possibilidade de aumento do consumo por exemplo, e levar isso em consideração durante os cálculos do levantamento.

### **Boas Práticas**

- Atentar ao consumo real da unidade;
- Atentar à probabilidade de aumento de consumo;

### 5.3 Análise do local

É de suma importância que o projetista faça a análise do local onde será feita a instalação do sistema, pois alguns fatores presentes na localidade podem alterar o projeto. Obstáculos como árvores, prédios vizinhos são alguns exemplos de obstruções que provocam sombreamento e reduzem o rendimento do módulo Fotovoltaico (FV) (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). Esta etapa é muito importante, pois evita custos desnecessários quando evita obstáculos que provoquem sombreamento nas placas. Dessa forma, é possível explorar o melhor potencial de geração da localidade e das placas que serão instaladas.

Um elemento crucial em todos sistemas fotovoltaicos é a trajetória solar e deve ser levado em consideração pois desempenha uma importante função na criação de um sistema GSF eficiente (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). Um SFV pode ser considerado eficiente quando funciona em certa capacidade satisfatória. Caso o sistema não consiga gerar energia suficiente, utilizando toda a capacidade de geração dos painéis fotovoltaicos, significa que ele não possui um bom custo-benefício (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

Durante a visita ao local do projeto, é de suma importância que o projetista se atente à coleta de alguns dados fundamentais para a análise de viabilidade do projeto. A geometria da área onde se pretende executar o projeto é um ponto crucial a ser observado (SOL, 2020). Pontos como área do telhado e integridade estrutural do ponto de instalação das placas devem ser observados por questão de segurança dos trabalhadores que efetuarão a obra e também para uma melhor sustentação da estrutura dos módulos fotovoltaicos (OLIVEIRA, 2018). Outro ponto a ser observado, é a área útil e direção do telhado. Área útil é a região do telhado sem sombreamento e a direção do telhado está relacionado à orientação geográfica dos módulos, os quais idealmente devem estar direcionados para o norte geográfico (OLIVEIRA, 2018).

A visita ao local do de instalação do SFV é de extrema importância para o projetista, pois possibilita a avaliação das condições as quais o sistema terá que funcionar. Do mesmo modo, assegura que o local está adequado para a instalação do SFV ou se o local precisa ser adequado para a implementação do projeto. O projetista durante a visita deve considerar todo o trabalho necessário para a instalação do sistema, a localização de instalação das placas e do inversor, as rotas de cabeamento, a acessibilidade, trajeto dos condutores e condutos, devem ser feitas todas as consideração de espaço (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

Alguns pontos que devem ser observados durante a visita inicial para melhor rendimento do projeto de SFV:

1. **Trajeto do Sol:** determinar onde está localizado o ponto de sol nascente e sol poente, para que as placas sejam instaladas de maneira a ter mais Horas de Sol Pleno (HSP) possível.

2. **Possíveis pontos geradores de Sombreamento**: evitar pontos que gerem sombra nas placas, para evitar que a placa gere menos energia que o esperado. Verificar qual a direção e inclinação do telhado para realizar um dimensionamento das placas mais assertivo, observando água do telhado está direcionada ao norte ou o mais próximo à esta direção e a inclinação do telhado para melhor dimensionamento do projeto.
3. **Área útil do telhado**: atentar se o telhado tem área suficiente par instalar todo número de placa projetado.
4. **Integridade estrutural do telhado**: verificar se a estrutura de suporte das placas pode ser instalada de maneira segura, ou se faz necessário uma reforma na estrutura que irá suportar as placas.

### **Boas Práticas**

- Avaliar trajetória do sol;
  - Inclinação de incidência;
  - Irradiação nos diferentes solstícios;
  - Pontos geradores de sombreamento;
- Avaliar o telhado;
  - Direcionamento geográfico do telhado;
  - Condição estrutural do telhado;
  - Área útil do telhado;

## 5.4 Análise de Viabilidade

Após realizar o levantamento de consumo da unidade e analisar o local de implementação do projeto, o profissional deve desenvolver uma análise de viabilidade do sistema. Nesta análise deve-se avaliar a praticabilidade do projeto. logo, deve ser feito uma averiguação da viabilidade do empreendimento.

### **Boas Práticas**

- Avaliar consumo da unidade e real necessidade de implementação;
- Avaliar retorno financeiro;

- Avaliar necessidade de reforma;
  - Condição estrutural do telhado;
  - Padrão de energia instalado;

## 5.5 Avaliação do Recurso Solar

Inicialmente, busca-se fazer o levantamento do recurso solar no local do projeto, ou seja, quantificar a radiação solar global que incide sobre o painel fotovoltaico (PINHO; GALDINO, 2014). Como existe uma relação entre a produção de energia e a irradiação diária, a avaliação do recurso solar pode ser feita através do número de HSP na localidade. Esta grandeza indica o número de horas no qual a irradiância solar permanece constante e igual a  $1\text{kW}/\text{m}^2$ , de maneira que a energia resultante seja equivalente à energia disponibilizada pelo sol no local do projeto.

Para fazer tal levantamento, o projetista, pode utilizar o banco de dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) (CRECESB, 2021). Ao Acessar o endereço eletrônico, na aba “Potencial energético/potencial solar”, o projetista pode pesquisar a média diária de Irradiação Solar na localidade onde será desenvolvido o projeto. A Figura 9 mostra a tela de entrada de dados de latitude e longitude do sistema da CRESESB. Ao preencher os campos de coordenada geográfica, com os dados de latitude e a longitude do local do projeto, o banco de dados retornará as informações necessárias de Irradiação Solar para dar início ao projeto.

Figura 9 – Entrada de dados de latitude e longitude para obtenção dos dados de irradiação solar no site do CRESESB.

**Coordenada Geográfica**

**Latitude**  **Sul**  **Longitude**  **Oeste**

**Norte:**

graus decimais (00.00°)

graus, minutos e segundos (00°00'00")

I. Os valores válidos de latitude devem estar na faixa de 12° Norte e 40° Sul e de longitude na faixa de 30° Oeste e 80° Oeste. Em caso de dúvida entre em contato conosco.

Fonte: Retirado de Crecesb (2021).

A Figura 10 mostra como são retornadas as informações no site do CRESESB. Neste caso, foi utilizado como exemplo as coordenadas geográficas da cidade de João Monlevade. Foram retornados os dados da localidade mais próxima no banco de dados.

Figura 10 – Irradiação Solar diária média mensal da localidade mais próxima às coordenadas geográficas inseridas na pesquisa.

#### Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Bela Vista de Minas  
Município: Bela Vista de Minas, MG - BRASIL  
Latitude: 19,801° S  
Longitude: 43,149° O  
Distância do ponto de ref. (19,809167° S; 43,173889° O): 2,8 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
✓	Plano Horizontal	0° N	5,50	5,81	4,88	4,45	3,83	3,69	3,90	4,68	4,96	5,02	4,72	5,38	4,73	2,12
✓	Ângulo igual a latitude	20° N	5,02	5,54	4,96	4,91	4,54	4,57	4,76	5,38	5,21	4,89	4,38	4,85	4,92	1,16
✓	Maior média anual	19° N	5,05	5,57	4,97	4,89	4,51	4,54	4,73	5,36	5,21	4,91	4,40	4,89	4,92	1,16
✓	Maior mínimo mensal	17° N	5,11	5,61	4,98	4,86	4,46	4,46	4,66	5,30	5,20	4,94	4,45	4,96	4,92	1,16

Fonte: Retirado de Cresesb (2021).

A informação retornada pelo banco de dados da Cresesb, como visto na Figura 10 é utilizada no cálculo inicial do dimensionamento da geração, conforme mostrado na seção 5.6. É preciso que o projetista esteja atento durante esta etapa, pois a irradiação solar é um dos principais parâmetros para o dimensionamento do SFV.

## 5.6 Dimensionamento da geração

O dimensionamento da geração, é o passo no qual é definido a potência de geração do SFV. Para isso, são utilizados os dados obtidos nos passos anteriores. Como o sistema que está sendo planejado é um sistema real, deve-se levar em consideração as perdas do sistema. As perdas nos sistemas podem ser por diversos motivos, como: (i) temperatura do módulo, (ii) queda de tensão no lado CC, (iii) eficiência do inversor, (iv) diodos e conexões, (v) degradação por incidência da luz, (vi) sombreamento, (vii) sujeira, entre outros (OLIVEIRA, 2018). Geralmente, considera-se o total de perdas entre 20% e 25% (OLIVEIRA, 2018). A Tabela 7 exemplifica as possíveis perdas de um SFV conectado à rede.

Tomando posse dos valores de (i) média diária de irradiação, (ii) fator de desempenho, (iii) consumo diário e (iv) número de dias do ano, é possível calcular a geração de energia esperada do SFV. Inicialmente, calcula-se a média de HSP incidente sobre o sistema,  $H_{sp}$ , conforme,

$$H_{sp} = \frac{\alpha_{isd}}{P_r} \quad (5.2)$$

em que  $H_{sp}$  é média de HSP incidente sobre o sistema, em horas/dia;  $\alpha_{isd}$  é o índice de irradiação solar diária média anual, em kWh/m<sup>2</sup>/dia e  $P_r$  é a potência de irradiação solar por unidade de área em kW/m<sup>2</sup>.

A partir dos dados previamente coletados é possível calcular a potência de geração do projeto, conforme,

$$E_g = P_{fv} \times P_R \times H_{sp} \quad (5.3)$$

Tabela 7 – Percentual de Perdas anuais do SFV conectado a rede dividido por tipos de perda.

Tipos de Perdas	Valor Considerado (%)
Temperatura no Módulo	3,5
Perdas nos conduítes CC	2,0
Perdas nos conduítes CA	1,0
Perdas na Inversão CC/CA	1,5
Desvio no MPPT	2,0
Sombreamento	1,0
Degradação do módulo	1,0
Indisponibilidade do Sistema	2,0
Diodos e Conexões	0,5
Sujeira nos módulos	2,0
Desvio de rendimento do módulo	2,5
<b>Total de perdas</b>	<b>19,0</b>

Fonte: Retirado de Oliveira (2018).

em que,  $E_g$  é a média de potência consumida por dia, em Wh/dia;  $P_{fv}$  é a potência total instalada, em W e  $P_R$  é o fator de desempenho, obtido ao subtrair de 100% o total de perdas visto na Tabela 7.

Durante esta etapa, os dados obtidos na seção 5.2 são utilizados juntamente com os dados obtidos na seção 5.5 para iniciar o dimensionamento do SFV.

**Exemplo (Continuação):** Tomando como referência o histórico de consumo na seção 5.2, e a radiação solar na seção 5.5 é possível calcular a média de HSP incidente sobre o sistema, em  $W_p$ ,

$$H_{sp} = \frac{\alpha_{isd}}{P_r} = 4,7 \text{ h/dia} \quad (5.4)$$

Além disso, é possível calcular o consumo de energia diário médio  $E_g$ , em Wh/dia, ao dividir  $P_{cm}$  pelo média de dias do mês, que seria 30 dias.

$$E_g = \frac{258.750}{30} = 8.625 \text{ Wh/dia} \quad (5.5)$$

Com os dados de  $H_{sp}$  e  $E_g$ , é possível determinar,  $P_{fv}$ , potência total instalada, em Watt pico  $W_p$ , conforme,

$$E_g = P_{fv} \times P_R \times H_{sp} \quad (5.6)$$

$$P_{fv} = \frac{E_g}{P_R \times H_{sp}} = \frac{8.625}{0,80 \times 4,7} \quad (5.7)$$

$$P_{fv} = \frac{8.625}{3,76} = 2.293,8 W_p \quad (5.8)$$

O resultado obtido mostra que a localidade do projeto possui 4,7 horas de sol pleno e que a potência total instalada no projeto deve ser de  $1677,0W_p$

## 5.7 Dimensionamento equipamentos do Sistema Fotovoltaico

Inicialmente é feito o dimensionamento do sistema, calculando a potência que será gerada levando em conta as perdas que podem ocorrer. Logo após, é feito o dimensionamento dos equipamentos. Nessa etapa, é determinado a quantidade e modelo de placas do sistema, o inversor que será utilizado, o dimensionamento dos cabos, dispositivos de proteção e estrutura de fixação.

### **Boas Práticas:** Como escolher o componente?

- Marca consolidada no mercado;
- Suporte técnico no Brasil;
- Tempo de garantia;
- Bom atendimento pós-venda;

### 5.7.1 Painel

Após a visita inicial e dos cálculos já feitos, é possível realizar uma estimativa da quantidade de placas que deve ser utilizadas no sistema. O cálculo do número de placas que serão utilizadas é feito a partir das potências do sistema e do painel escolhido, conforme,

$$N_{Placas} = \frac{P_{fv}}{P_{Gplaca}} \quad (5.9)$$

em que  $N_{Placas}$  é o número de placas do projeto;  $P_{fv}$  é a potência total instalada do projeto, em  $W_p$  e  $P_{Gplaca}$  é a potência do painel escolhido para o projeto, em W.

É importante salientar que o projetista deve se atentar no ajuste da orientação dos módulos desde o projeto até a instalação (OLIVEIRA, 2018). Outro ponto a ser observado é a tensão na saída do painel, para definir o arranjo do sistema, ou seja, as conexões série e paralelo dos painéis, para adequar a saída dos arranjos com a entrada do inversor do projeto.

**Exemplo (continuação):** Com os dados obtidos e supondo que a placa escolhida para o projeto foi o modelo TSM-DE08MII de 350W da marca Trina (LIMITED, 2017),

$$N_{Placas} = \frac{P_{fv}}{P_{Gplaca}} = \frac{2.294}{350} = 6,55 \quad (5.10)$$

Desta forma, o resultado obtido mostra que serão necessárias 7 placas no projeto.

### 5.7.2 Inversor

O inversor é um componente comercial e, por esse motivo, deve ser dimensionado de acordo com os modelos existentes no mercado que melhor se aproximam das necessidades do projeto. Os inversores de sistemas interligados à rede devem ser capazes de interagir com a rede, ajustando os parâmetros de tensão e frequência (OLIVEIRA, 2018). Inversores modernos são eficientes e possuem: (i) rastreamento do ponto de máxima potência, ou MPPT, (ii) medidas de segurança de desconexão em circunstâncias adversas, (iii) mecanismos de anti-ilhamento e (iv) medições de parâmetros (OLIVEIRA, 2018).

No projeto de um SFV, o inversor é escolhido com base nas características do painel solar escolhido (GONÇALVES, 2018). A faixa de tensão na entrada do inversor não deve ser maior que o valor de tensão de circuito aberto  $V_{oc}$  do conjunto de módulos, nem ser menor que o valor de tensão de máxima potência  $V_{mp}$  (OLIVEIRA, 2018). Para o dimensionamento do inversor, deve-se utilizar os dados de placa do componente para confirmar se a decisão é assertiva para o sistema projetado.

O Fator de dimensionamento de inversores (FDI) é uma maneira de representar como a potencia nominal CA do inversor se relaciona com a potência de pico do gerador fotovoltaico dimensionado. De acordo com PINHO e GALDINO (2014), o resultado do FDI deve estar entre 0,75 e 1,05. O cálculo FDI é dado por,

$$FDI = \frac{P_{Nca} (W)}{P_{fv} (W_p)} \quad (5.11)$$

em que  $P_{Nca}$  é a potência nominal CA do inversor, em W,  $P_{fv}$  é a potência de pico do gerador fotovoltaico, em  $W_p$ .

Os módulos conectados em série formam fileiras para se adequarem aos valores de tensão de entrada CC dos inversores. Dessa forma, podem ser calculados os números máximo e mínimo de módulos conectados em série para os valores de tensão se adequarem. Neste contexto, o número máximo é dado por,

$$N_{max} = \frac{V_{max-inv}}{V_{oc-mod}} \quad (5.12)$$

em que  $N_{max}$  é o número máximo de módulos em série;  $V_{max-inv}$  é a tensão máxima de operação do inversor, em V e  $V_{oc-mod}$  é a tensão de circuito aberto do painel solar, em V.

Enquanto o número mínimo é dado por,

$$N_{min} = \frac{V_{mp-inv}}{V_{mp-mod}} \quad (5.13)$$

em que  $N_{min}$  é o número mínimo de módulos em série;  $V_{mp-inv}$  é a tensão máxima potência do inversor, em V; e  $V_{mp-mod}$  é a tensão de máxima potência do painel solar, em V.

O número de fileiras está relacionado a corrente que cada arranjo fornecerá ao sistema, conforme,

$$N_{fileiras} = \frac{I_{max-inv}}{I_{sc-mod}} \quad (5.14)$$

em que  $I_{max-inv}$  é a corrente máxima de entrada do inversor, em A; e  $I_{sc-mod}$  é a corrente de curto circuito do módulo fotovoltaico, em A.

No caso do inversor, primeiramente é feita a escolha do equipamento. Posteriormente, juntamente com os dados de *datasheet*, pode ser calculado se o componente escolhido está em conformidade com o projeto em questão.

#### **Boas Práticas:**

- Observar número de águas do telhado para avaliar numero de entradas de MPPT;
- Atentar para faixa de tensão de operação;
- Utilizar equipamentos homologados;
- Observar certificado de conformidade;

**Exemplo (continuação):** Tomando como referência o histórico de consumo na seção 5.6, e com os dados obtidos anteriormente, visto que a potência do sistema é baixa, o mais indicado seria escolher o micro-inversor MI1200 da marca Hoymiles (NADA, a). Logo é possível calcular o FDI,

$$FDI = \frac{P_{Nca(W)}}{P_{fv(Wp)}} = \frac{2 \times 1.200}{2.450} = 0,97 \quad (5.15)$$

Foi obtido um resultado de FDI de 0.97, que está dentro de faixa indicada. Como foi escolhido um micro-inversor, não faz sentido calcular  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  e  $N_{fileiras}$ , visto que o micro-inversor possui uma entrada para cada placa. Logo, o projetista deve se atentar ao número de entradas do modelo escolhido. Avaliando se este possui entradas suficientes para as placas do sistema projetado.

Levando em consideração a ação dos inversores no SFV conectados à rede, nota-se quão importante é essa etapa no projeto. Durante o dimensionamento do inversor, se faz

necessário que o projetista já tenha em mente onde será feito a instalação do equipamento para que possa passar para a etapa de dimensionamento dos cabos que serão utilizados.

### 5.7.3 Cabos

O dimensionamento dos cabos no sistema FV é muito importante, pois afeta a capacidade, o rendimento e a segurança do sistema (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016). A NBR 5410 (PINHO; GALDINO, 2014) pode ser utilizada para o dimensionamento da bitola adequada do condutor em função do comprimento do ramal, tensão nominal e do nível de perdas planejado (PINHO; GALDINO, 2014).

Outro ponto importante a se atentar durante esta etapa, é o planejamento visando o futuro. O projetista deve levar em conta futuros acréscimos de carga ao sistema, planejando a fiação se atentando a esta possibilidade (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

#### 5.7.3.1 Cabos CC

O dimensionamento dos condutores CC é feito seguindo a Norma ABNT 5410 (GONÇALVES, 2018). Por não existir uma resolução brasileira que normatize o dimensionamento destes condutores o calculo é feito de acordo com a norma europeia IEC 60364 – 7 – 7 – 712 (GONÇALVES, 2018). Inicialmente, calcula-se a corrente de curto-circuito dos módulos fotovoltaicos como,

$$I_{cond} = 1,25I_{cc} \quad (5.16)$$

em que  $I_{cond}$  é a corrente no condutor CC, em A; e  $I_{cc}$  é a corrente de curto circuito, em A.

Os cabos que conectam o conjunto das placas ao inversor, devem suportar 1,25 vezes a corrente máxima de cada arranjo (GONÇALVES, 2018). Neste contexto, a corrente máxima no condutor CC é dada por,

$$I_{max,cc} = 1,25I_{cond} \quad (5.17)$$

em que  $I_{max,cc}$  é a corrente máxima no condutor CC, em A; e  $I_{cond}$  é a corrente nominal no condutor CC, em A.

A bitola dos cabos que conectam o conjunto das placas ao inversor é dada por,

$$S = \frac{2 L I_{max,cc}}{\rho 1\% V_{mpp}} \quad (5.18)$$

em que  $S$  é a secção transversal do condutor, em  $\text{mm}^2$ ;  $L$  é o comprimento do condutor, em m;  $I_{max,cc}$  é a corrente da fileira, em A;  $V_{mpp}$  é a tensão de máxima potência, em V; e  $\rho$  é a condutividade do condutor, em S/m.

**Exemplo (continuação):** Para o dimensionamento dos condutores CC, foi levado em conta a condutividade de 56 e o comprimento do condutor de 20 metros e, utilizando os dados obtidos anteriormente, é possível fazer o dimensionamento dos condutores CC, conforme,

$$I_{cond} = 1,25 \times I_{cc} = 1,25 \times 11,45 = 14,31A \quad (5.19)$$

$$I_{max,cc} = 1,25 \times I_{cond} = 1,25 \times 14,31 = 19,89A \quad (5.20)$$

$$S = \frac{2 \times L \times I_{max,cc}}{\rho \times 1\% \times V_{mpp}} = \frac{2 \times 20 \times 19,89}{56 \times 0,01 \times 34,4} = 41,3mm^2; \quad (5.21)$$

Foi dimensionado um condutor de  $41,3 \text{ mm}^2$ . Para a compra deste componente deve-se escolher um com dimensão próxima a calculada.

### 5.7.3.2 Cabos CA

O condutor que conecta a saída do inversor ao medidor bidirecional e ao quadro de distribuição de circuitos de carga. Eles devem ser dimensionados de forma que suportem a corrente máxima do inversor. É usual definir que a corrente máxima do cabo deve ser 1,25 vezes maior do que a corrente máxima do inversor, conforme,

$$I_{max,ca} = 1,25 I_{Icond,ca} \quad (5.22)$$

em que  $I_{max,ca}$  é a corrente máxima no condutor CA e  $I_{Icond,ca}$  é a corrente nominal no condutor CA.

Após calcular a corrente máxima do condutor, pode-se calcular a bitola do cabo,

$$S_{CA} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{max,ca} \times \cos \theta}{\rho \times 1\% \times V_n} \quad (5.23)$$

em que  $S_{CA}$  é secção transversal do condutor, em  $\text{mm}^2$ ,  $L$  é comprimento do condutor, em m,  $I_{max,ca}$  é a corrente máxima do circuito, em A,  $V_n$  é a tensão de linha, em V,  $\rho$  é condutividade do condutor, em S/m.

**Exemplo (continuação):** Para o dimensionamento dos condutores CA, foi levado em conta a condutividade de 56 e o comprimento do condor de 10 metros e, utilizando os dados obtidos anteriormente, é possível fazer o dimensionamento dos condutores CA,

$$I_{max,ca} = 1,25 \times I_{Icond,ca} = 1,25 \times 5,45 \times 2 = 13,6 \quad (5.24)$$

$$S_{CA} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{max,ca} \times \cos \theta}{\rho \times 1\% \times V_n} = \frac{\sqrt{3} \times 10 \times 13,6 \times 0,85}{36 \times 0,01 \times 220} = 2,52 \quad (5.25)$$

Foi dimensionado um condutor de  $2,52 \text{ mm}^2$ . Para a compra deste componente deve-se escolher um com dimensão próxima a calculada.

Utilizando os dados dos *datasheet* dos painéis e inversor escolhidos para o sistema, juntamente com dados da localidade do projeto, é possível dimensionar os cabos que serão utilizados no SFV. Após o dimensionamento dos cabos, pode ser feito o dimensionamento dos dispositivos de proteção.

#### 5.7.4 Dispositivos de Proteção

Para o dimensionamento dos dispositivos de proteção, utiliza-se como principais referências: (i) a NBR 5410, (ii) as informações técnicas das placas solares e (iii) inversores disponibilizados pelos fabricantes. As partes metálicas da estrutura de suporte dos módulos são aterradas para que os equipamentos estejam com o sistema de aterramento em mesmo potencial.

O DPS é o equipamento que protege o sistema contra os efeitos indiretos de descargas atmosféricas, e sobretensões na rede. Seu dimensionamento é feito conforme,

$$V_{dps,cc} = 1,2 \times N_{Placas} \times V_{oc} \quad (5.26)$$

em que  $N_{Placas}$  é o número de módulos e  $V_{oc}$  é a tensão sem carga de um painel fotovoltaico individual, em V.

No lado CA, o DPS protege a unidade consumidora conectada à rede. A tensão pode ser calculada como,

$$V_{dps,ca} = 1,1 \times V_{ac} \quad (5.27)$$

em que:  $V_{ac}$  é a tensão da unidade consumidora, em V.

Os disjuntores CA oferecem proteção contra sobrecorrente e são instalados entre os inversores e o barramento trifásico. Eles são dimensionados de acordo com,

$$I_n \leq I_{disj} \leq I_{cap} \quad (5.28)$$

em que  $I_n$  é corrente de projeto do circuito, em A;  $I_{disj}$  é corrente nominal do dispositivo de proteção (disjuntor), em A; e  $I_{cap}$  a capacidade de condução de corrente pelos fios condutores, em A.

**Exemplo (continuação):** Com os dados obtidos anteriormente, é possível fazer o dimensionamento dos dispositivos de proteção contra surto para o sistema,

$$V_{dps,cc} = 1,2 \times N_{Placas} \times V_{oc} = 1,2 \times 7 \times 34,4 = 288,96V \quad (5.29)$$

$$V_{dps} = 1,1 \times V_{ac} = 1,1 \times 220 = 242V \quad (5.30)$$

O resultado obtido mostra que: (i) o DPS para a parte de CC é de 288,96 V; e (ii) para a parte CA é de 242 V.

Para concluir a etapa de dimensionamento, após realizar os cálculos que definem quais os dispositivos de proteção serão utilizados, é feita a escolha da estrutura de fixação das placas.

### 5.7.5 Estrutura

Para o dimensionamento da estrutura de fixação das placas, inicialmente é observado o tipo do telhado. Existem vários tipos de telhado, por exemplo, telhado colonial com estrutura de madeira, amianto com estrutura de madeira e metálica e telhado metálico (BALFOUR; SHAW; NASH, 2016).

Estão disponíveis no mercado estruturas de fixação específicas para cada tipo de telhado. Cabe ao projetista se atentar para qual estrutura é mais adequada para o sistema a ser implementado.

#### **Boas Práticas:**

- Escolher estrutura específica para o tipo de telhado;
- Estruturas de alumínio, além de serem mais leves, também são resistentes à oxidação.

## 5.8 Viabilização de acesso

Após o dimensionamento do sistema, o projetista deve seguir para o passo de viabilização de acesso. Neste caso, o projetista entra em contato com a concessionária local para a regularização do sistema projetado. Para isso, cada concessionária possui suas próprias normas e passos a serem tomados.

No caso da concessionária CEMIG, os passos a serem tomados estão na cartilha microgeração distribuída Cemig D (CEMIG, 2021). Este documento está regulamentado de acordo com: (i) a Resolução Normativa 482 da ANEEL (ANEEL, 2012) e (ii) com

o Módulo 3 da Prodist (ANEEL, 2017). Nesta cartilha, estão elencadas todas as ações necessárias para a conexão de um sistema fotovoltaico na rede de distribuição da CEMIG. Vale ressaltar, que as ações não sobrepõe, nem substituem os requisitos e normas técnicas estabelecidos pelas Normas ND 5.30 e 5.31. A Figura 11 mostra o passo a passo de viabilização de acesso exigido pela concessionária, desde o primeiro contato, até a conexão do sistema com a rede de distribuição.

Figura 11 – Fluxograma das etapas a serem seguidas para a conexão do SFV com a rede, desde a solicitação de acesso até a conexão.



Fonte: Adaptado de Cemig (2021).

### 5.8.1 Solicitação de acesso

A primeira etapa da viabilização de acesso do sistema FV é a solicitação de acesso. De acordo com o CREA/MG (CEMIG, 2021) as atividades de projeto, parecer e respectivos laudos técnicos referentes aos sistemas de Microgeração de Energia Elétrica, deverão ser executadas somente por pessoas devidamente habilitadas e registradas nos CREA'S (CEMIG, 2021). Além disso, deverão ser executadas sob a responsabilidade técnica de Engenheiro Eletricista ou Engenheiro de Energia, Técnicos em Eletrotécnica. Eles são os profissionais permitidos para projetar e dirigir as instalações com potências até 800 kVa (CEMIG, 2021). O responsável técnico pelo projeto deve estar cadastrado via Sistema APR WEB (CEMIG, 2021), com registro regularizado no CREA/CFT e deve manter os dados cadastrais sempre atualizados.

A solicitação de acesso é o passo inicial para efetuar a conexão do sistema fotovoltaico projetado com a rede da concessionária. Neste passo o responsável já deve ter ciência do perfil de conexão do cliente. A solicitação é feita via CEMIG Atende Web. O Responsável Técnico (RT) é notificado com o número da nota de serviço, utilizado para o acompanhamento das etapas e anexação dos documentos. Os documentos a serem ane-

xados estão listados no formulário de solicitação de acesso, e pode ser encontrados no site da CEMIG, sendo eles:

1. Documentação de identificação do RT pelo projeto elétrico e instalação do SFV;
2. Projeto elétrico do sistema que será instalado, incluindo detalhes, desde as conexões, até ajustes do sistema de proteção;
3. Diagrama Elétrico do SFV, incluindo as informações dos equipamentos, como placas, inversor, disjuntores, caixa de medição, e dispositivos de proteção;
4. Memorial Descritivo contendo a localização e descrevendo a instalação;
5. Certificado de conformidade dos inversores;
6. Dados de registro da central geradora, possível encontrar no site da ANEEL disponível em ANEEL (2022a);
7. Caso possuir mais de uma unidade consumidora, enviar lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação, indicando a porcentagem de rateio dos créditos conforme descrito na Resolução Normativa nº482/2012 (ANEEL, 2012);
8. Cópia de instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes, para o caso de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada;
9. Documento de reconhecimento da ANEEL, nos casos de cogeração qualificada;
10. Formulário de Análise de Carga, nos casos de novas unidades consumidoras com Geração Distribuída (GD) ou conexão de GD com aumento de potência disponibilizada;
11. Documento oficial com foto do titular da Unidade Consumidora (UC);

O projeto encaminhado pelo RT deve conter um diagrama elétrico que contemple geração, carga e proteção, desde o ponto de entrega até a unidade geradora, incluindo o padrão de entrada. Para o caso de conexão que não utilizam inversores, o projeto deve conter a memória de cálculo da potência instalada em kVA e kW, da mesma forma, deve conter informações de potência nominal, tensão, frequência, corrente, nº de fases e fator de potência (CEMIG, 2021).

Essa etapa inicia o contato do projetista com a concessionária, a partir dela é feita a solicitação de acesso do projeto que está sendo desenvolvido. A solicitação é encaminhada para a CEMIG e será avaliada, para dar continuação ao processo.

**Boas Práticas:**

- Garantir que marca e modelo dos componentes estão; descritos nos documentos tal qual nos dados de placa;
- Atentar quanto atualização de formulário;
- Revisar documentos a serem anexados;
- Garantir anexação de todos documentos necessários.

### 5.8.2 Emissão do parecer de acesso

Após a solicitação de acesso feita é iniciado a etapa de emissão do parecer de acesso. Nesta etapa, é feita uma análise de toda a documentação técnica e fundiária obrigatória anexada no projeto enviado à concessionária (CEMIG, 2021). Com avaliação feita, é identificada a necessidade ou não de obras para a realização da conexão à rede de distribuição (CEMIG, 2021).

Assim sendo, é feita a aprovação ou reprovação da solicitação de acesso. Quando ocorre uma reprovação, o RT recebe uma notificação com os motivos da reprovação e depois de corrigir todos os itens é necessário uma nova solicitação para a condução do processo (CEMIG, 2021).

O parecer de acesso é o documento que contém as condições técnicas e comerciais, requisitos e prazos para a conexão do sistema à rede de distribuição. Este possui validade de 120 dias. Logo, a vistoria não seja solicitada ou reprovada, deve-se iniciar outro processo.

A emissão do parecer de acesso é a resposta da concessionária à solicitação de acesso. Caso a resposta for positiva, o processo continua para a etapa de compra e instalação do SFV.

### 5.8.3 Compra

A compra dos equipamentos pode ser feita tanto em loja física quanto em lojas virtuais. O projetista é o integrador entre o cliente e o vendedor, logo, o projetista faz todo orçamento necessário, passa para o cliente, e juntos escolhem o orçamento que mais se adéque ao projeto, após isso, é realizada a compra na loja em nome do cliente.

Após o parecer positivo da emissão de acesso, o projetista pode iniciar o processo de compra e instalação dos componentes do SFV.

**Boas Práticas:**

- Garantir compra de equipamentos homologados
- Buscar qualidade dos equipamentos

#### 5.8.4 Instalação

Durante a instalação, o projetista deve sempre estar atento às Normas ND 5.30 (CEMIG, 2016a) e 5.31 (CEMIG, 2016b). De mesmo modo, às ações necessárias para o projeto estar de acordo com o exigido pela concessionária. Toda a instalação de uso restrito até o ponto de conexão é de responsabilidade do acessante e deve ser executada somente após liberação formal da CEMIG D (CEMIG, 2021). Todas as obras para a conexão devem seguir o projeto aprovado pela concessionária, seguindo os padrões da CEMIG D.

Após a instalação do sistema, o projetista pode dar continuação no processo e fazer a solicitação da vistoria.

**Boas Práticas:**

- Atentar ao treinamento de NR10 e NR35;
- Atentar ao aperto das conexões realizadas;
- Observar polaridade das conexões do lado CC;
- Repudiar passagem de cabos CC e CA em um mesmo eletroduto;
- Desconsiderar instalação de dispositivos de proteção CC e CA em uma mesma caixa;
- Cautelar no manuseio dos componentes;
- Desconsiderar instalação de dispositivos de proteção CC e CA abaixo do inversor;

#### 5.8.5 Comissionamento

Após a instalação do sistema, antes de energizar todo o circuito, cabe ao instalador realizar uma inspeção em todo o sistema instalado. Durante esta etapa, o profissional deve buscar por possíveis falhas na instalação. Observando por exemplo, as conexões realizada, e polaridade do circuito CC. Confirmar apertos das estruturas e fixação dos componentes. Deve-se realizar um *checklist* para garantir o pleno funcionamento do sistema instalado.

### 5.8.6 Solicitação de vistoria

Concluída a instalação da usina fotovoltaica, com todos os documentos e contratos assinados, o RT possui até 120 dias após a emissão do parecer de acesso para solicitar a vistoria pelo CEMIG Atende Web - Mini/Micro Geração Distribuída - Vistoria de Mini/Micro Geração Distribuída. Caso vença o prazo as condições de conexão estabelecidas pelo parecer de acesso são canceladas com exceção no caso em que um novo prazo for acertado entre ambas as partes (CEMIG, 2021).

A solicitação da vistoria é o passo feito para a conclusão e conexão do sistema à rede de distribuição.

#### **Boas Práticas:**

- Garantir convergência entre projeto e execução;
- Dispor todos documentos necessários;
- Confirmar fixação da placa de geração própria.

### 5.8.7 Vistoria

Realizado o protocolo, a concessionária possui até 7 dias para realizar a vistoria. Nela é feita uma análise do sistema instalado. Se for detectado alguma pendência nas instalações do cliente que impossibilite a conexão à rede, a CEMIG D encaminhará o relatório com as pendências e todas as providências corretivas necessárias. Caso aprovado o ponto de conexão e a autorização para ligação da geração, o sistema será conectado em até 7 dias após a aprovação da vistoria (CEMIG, 2021).

## 5.9 Boas práticas

Nas seções seguintes será apresentado um compilado de boas práticas a serem tomadas durante projeto e execução de um SFV. Estes pontos estão baseados no Capítulo 4, onde são descritos detalhadamente.

- Diretrizes sobre alocação dos componentes;
  - Observar águas do telhado
  - Balancear melhor local para instalação dos componentes
- Cuidado na vistoria com a divergência entre projeto e execução;
  - Atentar à convergência de informações nos documentos enviados à concessionária e execução do projeto

- Confirmar fixação da placa de geração própria
- Importância divulgação da qualidade do trabalho;
  - Conhecer o mercado
  - Divulgar seu diferencial
- Diretrizes para elaboração da análise de viabilidade de um projeto;
  - Observar águas do telhado
  - Balancear melhor local para instalação dos componentes
- Orientação para o uso de softwares durante o projeto;
  - Buscar ferramentas que auxiliam no desenvolvimento de um projeto assertivo e confiável
- Critérios para escolha dos componentes e fornecedores;
  - Optar por marcas consolidadas no mercado;
  - Optar por fornecedores que cumpram os prazos;
- Importância da atualização quanto às normas das concessionárias;
  - Manter-se atualizado ao passos de solicitação de acesso das concessionárias
- Diretrizes para instalação e execução do projeto;
  - Atentar ao treinamento de NR10 e NR35;
  - Atentar ao aperto das conexões realizadas;
  - Observar polaridade das conexões do lado CC;
  - Repudiar passagem de cabos CC e CA em um mesmo eletroduto;
  - Desconsiderar instalação de dispositivos de proteção CC e CA em uma mesma caixa;
  - Cautelar no manuseio dos componentes;
  - Desconsiderar instalação de dispositivos de proteção CC e CA abaixo do inversor;
- Importância da comunicação com o cliente no pós-venda.
  - Explicar o sistema e manutenções necessárias;
  - Garantir satisfação do cliente

Estes pontos foram levantados durante entrevistas com profissionais experientes na área. Logo, espera-se que ao se atentar a estes pontos, o projetista poderá desenvolver um projeto mais assertivo e com menor probabilidade de erro.

## 5.10 Conclusões parciais

Neste capítulo foi apresentado o fluxograma de projeto de MCGSF. Inicialmente, as etapas de pré-projeto, nas quais se observa os passos de levantamento de recurso solar, que avalia os dados da radiação solar no local do projeto. Logo após, os passos de análise do local de instalação, que avalia pontos da trajetória do sol, possíveis pontos geradores de sombreamento e estrutura física da localidade onde será instalado o SFV. Após o pré-projeto, inicia-se o projeto do SFV. Primeiro é feito o dimensionamento dos componentes, seguindo a escolha dos equipamentos, dos passos de submissão à concessionária, execução do projeto e por fim a conexão do sistema à rede elétrica.

## 6 Análise de caso

Neste capítulo será feita a análise de caso de um projeto de MCGSF. Nesta análise será feita uma verificação da eficiência do fluxograma proposto no Capítulo 5, observando as etapas necessárias para a implementação de um sistema, e mostrando a efetividade de cada etapa do fluxograma proposto.

Será desenvolvido de forma detalhada o dimensionamento de um projeto real, implementado e conectado à rede da CEMIG. O estudo de caso terá como ponto de partida os dados de consumo do consumidor e a localidade do projeto. Com essas informações serão demonstrados os cálculos necessários para o dimensionamento do sistema. Por exemplo, a quantidade de placas, e inversor. Por fim serão comparados os resultados obtidos com os dados do projeto real.

### 6.1 Recurso Solar

Inicialmente, como visto no Capítulo 5, é feito o levantamento solar na localização do projeto, é levantado a partir dos dados de latitude e longitude o recurso solar, esses dados serão utilizados para fazer os cálculos de dimensionamento do gerador.

Como citado na seção 5.5 se faz necessário o levantamento dos dados de latitude e longitude do local. A Figura 12 mostra o resultado da pesquisa no banco de dados da Cresesb.

Figura 12 – Irradiação Solar diária média mensal da localidade mais próxima às coordenadas geográficas inseridas na pesquisa e retornado pelo banco de dados da Cepel.

**Estação:** Dionisio  
**Município:** Dionisio , MG - BRASIL  
**Latitude:** 19,801° S  
**Longitude:** 42,649° O  
**Distância do ponto de ref. ( 19,827833° S; 42,740167° O ):** 10,0 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia]													
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média	Delta
✓	Plano Horizontal	0° N	5,76	6,12	5,11	4,67	3,89	3,71	3,94	4,62	4,93	5,15	4,87	5,56	4,86	2,40
✓	Ângulo igual a latitude	20° N	5,24	5,83	5,20	5,17	4,63	4,61	4,82	5,31	5,19	5,02	4,51	5,01	5,04	1,32
✓	Maior média anual	19° N	5,28	5,86	5,21	5,16	4,60	4,57	4,79	5,28	5,18	5,03	4,54	5,04	5,05	1,32
✓	Maior mínimo mensal	19° N	5,28	5,86	5,21	5,16	4,60	4,57	4,79	5,28	5,18	5,03	4,54	5,04	5,05	1,32

Fonte: Retirado de Cresesb (2021).

Ao observar a Figura 12 percebe-se que no ponto de medição mais próximo do local, o nível de radiação solar médio para uma inclinação de 19° é de 5,05kWh/m<sup>2</sup>/dia. Essa informação é essencial para o cálculo de dimensionamento do gerador que será feito na seção 6.3.

## 6.2 Levantamento de Consumo

Após o levantamento do recurso solar no local do projeto e, seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5 é feito o levantamento de consumo para se fazer o dimensionamento do gerador. Utilizando os dados de consumo é feito o cálculo de consumo médio anual. A tabela abaixo mostra uma projeção mensal de consumo da instalação do consumidor.

Tabela 8 – Projeção de consumo mensal.

Mês	Potência Consumida (kW)
Janeiro	400
Fevereiro	400
Março	400
Abril	400
Maio	400
Junho	400
Julho	400
Agosto	400
Setembro	400
Outubro	400
Novembro	400
Dezembro	400

Fonte: Retirado de Siqueira (2022).

Utilizando as informações contidas na Tabela 8 e na seção 5.2 é possível calcular o consumo anual e o consumo médio mensal do projeto a ser dimensionado.

$$P_{ca} = 4800 \text{ kW} \quad (6.1)$$

em que  $P_{ca}$  é o consumo anual em kW

$$P_{cm} = 400 \text{ kW} \quad (6.2)$$

em que  $P_{cm}$  é o consumo mensal médio em kW

Foi encontrado para esta projeção de consumo um consumo médio anual de 4800 kW e consumo médio mensal de 400 kW. Seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, a partir das informações levantadas, será feito o dimensionamento do gerador do sistema de geração projetado.

## 6.3 Dimensionamento de Geração

De acordo com o fluxograma proposto, após o levantamento do recurso solar disponível e consumo da unidade na qual será implementada o projeto, deve ser feito o

dimensionamento da geração. Observando as informações contidas na seção 5.6, utilizando os dados de consumo e recurso solar levantados, é possível calcular a potência de geração, conforme,

$$H_{sp} = \frac{\alpha_{isd}}{P_r} = \frac{5,05 \text{ (kWh/m}^2\text{/dia)}}{1 \text{ (kW/M}^2\text{)}} = 5,05 \quad (6.3)$$

$\alpha_{isd}$  é o índice de irradiação solar diária média anual em  $kWh/m^2/dia$  e  $P_r$  é a potência de irradiação solar por unidade de área em  $kW/M^2$ .

Após realizar o levantamento de  $H_{sp}$  e de  $P_{cm}$ , assumindo um valor de  $P_R$  de 80%, é possível calcular a potência de geração diária do projeto  $P_{fv}$ , conforme,

$$E_g = P_{fv} \times P_R \times H_{sp} \quad (6.4)$$

$$E_g = \frac{400.000}{30} = P_{fv} \times 0,80 \times 5,05 \quad (6.5)$$

em que,  $E_g$  é o consumo diário médio (Wh/dia),  $P_{fv}$  é a potência total instalada (Wp),  $H_{sp}$  é a média diária anual de HSP, e  $P_R$  é o fator de desempenho.

$$P_{fv} = \frac{13.330}{4,0} = 3325 \text{ (W}_p\text{)} \quad (6.6)$$

A partir dos cálculos realizados, foi obtido o resultado da potência de pico de geração do projeto, que deve ser de  $3.325W_p$ . Seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, após o cálculo da potência de geração, será feito o dimensionamento dos componentes do sistema.

## 6.4 Dimensionamento dos Componentes

Após o dimensionamento de geração, é feito o dimensionamento dos componentes, inicialmente é feito o dimensionamento dos painéis, logo após o dimensionamento do inversor, depois os cabos e os dispositivos de proteção.

### 6.4.1 Painel

Como proposto na subseção 5.7.1, para o dimensionamento do painel inicialmente é escolhido o modelo da placa fotovoltaica que será utilizada no projeto, logo após, com os dados do *datasheet* do painel é feito o cálculo da quantidade de placas necessárias no projeto. Para o sistema, foi escolhido o painel da marca DAH Solar, modelo DHM72X10-545W com  $545W_p$  de potência (SOLAR, 2020). Logo, é possível calcular a quantidade de placas para o projeto, conforme,

$$N_{Placas} = \frac{P_{fv}}{P_{Gplaca}} = \frac{3.325}{545} = 6,10 \quad (6.7)$$

em que  $N_{Placas}$  é o número de placas do projeto,  $P_{fv}$  é a potência total instalada do projeto em  $W_p$  e  $P_{Gplaca}$  é a potência do painel escolhido para o projeto em  $W$ .

Desta forma, observa-se que para o projeto, serão necessários 7 placas solares. A partir deste resultado, é possível calcular a potência máxima de geração do sistema, multiplicando a quantidade de placas pela potência do painel escolhido, conforme,

$$P_{Pico} = 7 \times 545 = 3.815 W_p \quad (6.8)$$

Logo, o sistema terá potência máxima de geração de  $3.815 W_p$ .

Seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, após o dimensionamento das placas deve ser feito o dimensionamento do inversor.

### 6.4.2 Inversor

Como proposto na subseção 5.7.2, para o dimensionamento do painel, inicialmente é escolhido o modelo do inversor que mais se adéque para o projeto. Logo após são feitos os cálculos para comprovar se o componente escolhido está de acordo com as necessidades do projeto. Visto que o projeto desenvolvido não irá gerar uma potência muito elevada, uma escolha mais assertiva seria utilizar o microinversor, que atenderia melhor para as necessidades do projeto. Para o sistema, foi escolhido o microinversor da marca Apsystems, modelo QS1A de  $1.500 W$ , com saída bifásica de  $220 V$  e  $60 Hz$  (LATAM, 2020). Logo, é possível calcular o fator de dimensionamento do inversor FDI, lembrando que, é recomendado que este fator esteja entre  $0,75$  e  $1,05$ .

$$FDI = \frac{P_{nca(W)}}{P_{fv}} \quad (6.9)$$

$$FDI = \frac{1500 \times 2}{3815} = 0,78 \quad (6.10)$$

O resultado obtido mostra que o FDI está na faixa recomendada, logo a escolha foi acertiva. Como foi escolhido um micro-inversor, não foi necessário calcular  $N_{max}$ ,  $N_{min}$  e  $N_{fileiras}$ , visto que o micro-inversor possui uma entrada para cada placa.

### 6.4.3 Cabos

Seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, após o dimensionamento do inversor, deve ser feito o dimensionamento dos cabos. Lembrando que, os cabos elétricos de interligação, eletrodutos, eletrocalhas e conectores devem cumprir os requisitos da norma NBR 5410. Logo, é feito o dimensionamento dos cabos, tanto CC quanto CA:

### 6.4.3.1 CABOS CC

De acordo com subseção 5.7.3.1 é possível obter a secção transversal dos cabos CC a partir das seguintes equações:

$$I_{cond} = 1,25 \times I_{cc} = 1,25 \times 15 = 18,75A \quad (6.11)$$

em que  $I_{cond}$  é a corrente no condutor CC e  $I_{cc}$  é a corrente de curto circuito.

$$I_{max,cc} = 1,25 \times I_{cond} = 1,25 \times 18,75 = 23,43A \quad (6.12)$$

em que  $I_{max,cc}$  é a corrente máxima no condutor CC e  $I_{cond}$  é a corrente nominal no condutor CC.

Depois de realizar os cálculos de corrente no condutor e corrente máxima no condutor, é possível realizar o dimensionamento da secção transversal do condutor, conforme,

$$S = \frac{2 \times L \times I_{max,cc}}{\rho \times 1\% \times V_{mpp}} = \frac{2 \times 10 \times 23,43}{56 \times 0,01 \times 60} = 12,2mm^2; \quad (6.13)$$

em que  $S$  é a secção transversal do condutor em  $mm^2$ ;  $L$  é o comprimento do condutor em m;  $I_{max}$  é a corrente da fileira e A;  $V_{mpp}$  é a tensão de máxima potência em V; e  $\rho$  é a condutividade do condutor em S/m.

A partir dos cálculos realizados, foi obtido o resultado secção transversal dos cabos CC de  $12,2mm^2$ .

### 6.4.3.2 CABOS CA

De acordo com subseção 5.7.3.2 é possível obter a secção transversal dos cabos CA a partir da seguinte equação:

$$S_{CA} = \frac{\sqrt{3} \times L \times I_{max,ca} \times \cos\theta}{\rho \times 1\%_n} = \frac{\sqrt{3} \times 5 \times 47,3 \times 0,85}{36 \times 0,01 \times 242} = 3,99 \quad (6.14)$$

em que  $S_{CA}$ : secção transversal do condutor em  $mm^2$ ,  $L$ : comprimento do condutor em m,  $I$ : corrente máxima do circuito em A,  $V_n$ : tensão de linha em V,  $\rho$ : condutividade do condutor em S/m.

A partir dos cálculos realizados, foi obtido o resultado secção transversal dos cabos CA de  $4mm^2$ .

## 6.4.4 Proteção

Após o dimensionamento dos cabos, seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, deve ser feito o dimensionamento dos dispositivos de proteção. De acordo com subseção 5.7.4 o dimensionamento destes dispositivos é feito a partir das seguintes equações:

$$V_{dps,cc} = 1,2 \times N_{Placas} \times V_{oc} = 1,2 \times 7 \times 50 = 420V \quad (6.15)$$

em que  $N_{Placas}$  é o número de módulos e  $V_{oc}$  é a tensão sem carga de um painel fotovoltaico individual.

$$V_{dps} = 1,1 \times V_{ac} = 1,1 \times 220 = 242V \quad (6.16)$$

em que:  $V_{ac}$  é a tensão da unidade consumidora. A partir dos cálculos realizados, foi obtido o resultado de dispositivo DPS de 420V para a parte CC e de 242V para a parte CA. No sistema projetado, foi feito um painel para receber o sistema CA na saída dos dois microinversores e conectar ao quadro de distribuição de cargas da unidade. Para cada micro inversor, foi utilizado os seguintes dispositivos de proteção:

- Dispositivo de corrente residual 25A (ABB F202 PV B; F204 B)
- Disjuntor Bipolar de 25A
- Dispositivo de proteção contra surtos DPS AC (ABB-OVR T1 T2).

O aterramento do sistema foi feito com cabo de cobre de 10 mm<sup>2</sup>, e conectado ao aterramento existente que segue a NBR 5410.

Seguindo o fluxograma proposto no Capítulo 5, após o dimensionamento do sistema, o projetista deve seguir para o passo de viabilização de acesso.

## 6.5 Viabilização de Acesso

Como visto na seção 5.8, após o dimensionamento do sistema e escolhas dos componentes, o projetista continua no processo para os passos de viabilização de acesso. Nesta etapa o integrador faz a solicitação de acesso para a concessionária. Aguarda a concessionária emitir o parecer de acesso aprovando ou reprovando o projeto. Para então realizar a compra e instalação dos componentes, solicitar a vistoria e finalmente, após a aprovação da vistoria, a concessionária realizar a conexão do sistema instalado à rede de distribuição.

### 6.5.1 Solicitação de Acesso

Seguindo o fluxograma proposto, na etapa de solicitação de acesso, visto na subseção 5.8.1 cabe ao integrador enviar os documentos necessários para a concessionária realizar a avaliação da solicitação de acesso e emitir o parecer de acesso. Para o projeto, além dos documentos de identificação do RT e cliente, foram desenvolvidos os seguintes documentos:

**ART:** anotação de responsabilidade técnica, documento de identificação do RT, também inclui dados do contratante, do serviço e descrição das atividades a serem desenvolvidas. O documento completo encontra-se no Anexo A.

**Formulário:** formulário de solicitação de acesso, a concessionária disponibiliza em seu site, basta o RT foi preenchido os campos necessários com a identificação da unidade consumidora, como endereço e titular, dados da unidade consumidora, como localização geografia, demanda máxima de carga, tipo de padrão, tensão e atendimento, tipo de ramal, e dados de geração como potência total, quantidade, marca e modelo dos módulos e inversores. O documento completo encontra-se no Anexo B.

**Memorial Descritivo:** relatório de todo sistema projetado, inicialmente foi descrito o objetivo do projeto, logo em seguida foi descrito os dados do consumidor e unidade consumidora, foram descritos os dados da geração distribuída, descrevendo detalhadamente cada componente do sistema, logo após foi feita uma previsão da produção de energia, por fim foram anexados documentos como folha de dados das placas, inversores, material de montagem da estrutura; certificado de conformidade do inversor; formulário de geração; ART; Diagrama unifilar; e planta de situação da instalação. O documento completo encontra-se no Anexo F.

**Diagrama Unifilar** foi desenvolvido um desenho técnico no qual é descrito o diagrama unifilar do projeto, detalhando os componentes, e conexões da instalação O documento completo encontra-se no Anexo D.

**Planta** foi feita uma captura de tela de uma foto de satélite mostrando os dados de localização geográfica do local do projeto e a distancia do padrão e a casa, isto que o projeto foi desenvolvido em área rural. O documento completo encontra-se no Anexo E.

### 6.5.2 Instalação e finalização

Após o envio dos documentos da solicitação de acesso e parecer de acesso aprovado pela concessionária, o integrador já está autorizado a realizar a instalação do sistema de geração. A Figura 13 a seguir mostra como foi feita a instalação da estrutura de fixação das placas no telhado. A Figura 14 a seguir mostra como foi feita a fixação dos microinversores na estrutura de fixação. A Figura 15 a seguir mostra como foi feita a fixação das placas junto à estrutura de fixação no telhado.

Figura 13 – Instalação da estrutura de fixação das placas no telhado



Fonte: Retirado de Siqueira (2022).

Figura 14 – Fixação dos microinversores na estrutura



Fonte: Retirado de Siqueira (2022).

Figura 15 – Fixação das placas junto à estrutura de fixação no telhado



Fonte: Retirado de Siqueira (2022).

## 6.6 Conclusões Parciais

Neste capítulo foi feita a análise de caso de um projeto de MCGSF. Foi tomado como ponto de partida o fluxograma proposto no Capítulo 5 e junto com os dados de consumo de uma unidade consumidora, foi desenvolvido um projeto de MCGSF. Seguindo o passo a passo proposto é possível observar qual seria o resultado no fim das etapas, se estes seriam congruentes com o projeto desenvolvido. Observando o projeto já instalado, pode-se verificar que os resultados obtidos a partir do passo a passo proposto foram positivos, visto que foram semelhantes aos resultados de projeto aprovados pela concessionária e implementados em um projeto real.

## 7 Conclusão

O potencial crescimento no mercado de geração fotovoltaica no país motivou o estudo deste trabalho. De acordo com Absolar (2020) geração proveniente dessas fontes tem crescido de maneira exponencial. Nesse cenário, a mão de obra profissional especializada em projetar este tipo de sistema é fundamental. No entanto, no melhor conhecimento do autor, a literatura deste assunto ainda é nova, precoce. É difícil encontrar documentos completos e adequados para desenvolvimento de projeto, que sintetizem os principais passos para um projeto, as principais regras e regulamentações e os cuidados a serem tomados na implementação de um sistema de microgeração fotovoltaico, sendo este o foco deste trabalho.

O objetivo principal é desenvolver um fluxograma de projeto de microgeração fotovoltaica, para auxiliar novos profissionais a realizarem a implementação de um sistema de microgeração com mais facilidade. A metodologia utilizada se baseou em uma revisão bibliográfica sobre os sistemas fotovoltaicos e as normas e regulamentações vigentes no país para então, desenvolver um passo a passo a ser seguido. No decorrer do trabalho observou-se que a literatura possuía algumas lacunas de cunho prático. Dessa forma, foi proposto entrevistar profissionais experientes na área para preencher essas lacunas.

Com objetivo de simplificar o processo de desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos, foi sistematizado no Capítulo 5 um fluxograma de projeto de microgeração fotovoltaica em sistemas interligados à rede. O fluxograma engloba desde os passos iniciais, das primeiras análises feitas para se iniciar um projeto, ao dimensionamento dos componentes, até o último passo para a integração do sistema à rede de conexão. Durante a elaboração do projeto, atentou-se para que o passo a passo desenvolvido seguisse o padrão das normas regulamentações vigentes no país e no estado de Minas Gerais. Com o intuito de validar o fluxograma proposto no Capítulo 5, foi desenvolvido um estudo de caso. A partir de dados de consumo e local de uma unidade consumidora, foi desenvolvido um projeto de microgeração solar fotovoltaica. O resultado deste projeto, foi comparado com o projeto instalado na localidade, homologado e em funcionamento. Foi visto que, os resultados foram coincidentes, logo, pode-se avaliar de maneira positiva a efetividade do fluxograma proposto.

Com intuito de preencher algumas lacunas de cunho prático em projetos de microgeração solar, foi proposto o desenvolvimento de entrevistas com profissionais da área. Logo, com as informações levantadas nas entrevistas, foi desenvolvido um conjunto de boas ações a serem tomadas. Além disso, cada boa ação elencada foi analisada do ponto de vista de sua influência na elaboração do projeto. O desenvolvimento do conjunto de boas ações pode ajudar novos profissionais a desenvolver de modo mais assertivo seus sistemas, visto que, no melhor conhecimento do autor, não foi encontrado em literatura

respostas para essas questões.

Tanto no Brasil como mundo, os sistemas de geração solar fotovoltaica ainda são muito recentes. Por exemplo, a lei de marco legal foi instaurada apenas em janeiro de 2022 e as respectivas resoluções normativas ainda estão em desenvolvimento. Neste contexto, muito ainda precisa ser estudado e desenvolvido para que esses sistemas sejam aperfeiçoados.

## 7.1 Trabalhos futuros

A lista a seguir mostra algumas propostas de continuidade deste trabalho:

- Desenvolver um fluxograma amplo para projetos de minigeração solar fotovoltaica.
- Desenvolver uma pesquisa das normas internacionais e como elas comunicam com os regulamentos vigentes no país.
- Desenvolver uma pesquisa sobre as novas regulamentações no Brasil após a publicação da Lei 14.300 e quais as reações do mercado após esses regulamentos.
- Construir um material de *onboarding*<sup>1</sup> para utilização em ambiente corporativo.

---

<sup>1</sup> Termo em inglês utilizado para sintetizar o processo de integração e adaptação de novos colaboradores em determinada empresa.

# Referências

ABSOLAR. 45

ABNT, N. Abnt nbr 16149 - sistemas fotovoltaicos (fv) – características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição. 2013. Último acesso em 18/12/2021. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/autorizar/visualizacao-nbr/32852/identificar/visitante>>. 10, 19, 20, 21, 22

ABSOLAR. Revisão das regras de gd deve ser concluída até março de 2021. 06 2020. Último acesso em 16/12/21. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/revisao-das-regras-de-gd-deve-ser-concluida-ate-marco-de-2021/>>. 66

ABSOLAR. Panorama da solar fotovoltaica no brasil e no mundo - infográfico. 2021. Último acesso em 05/08/21. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. 1

ALMEIDA, R. A. et al. Estudo sobre os componentes utilizados em sistemas fotovoltaicos conectados a rede. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 8, p. 77752–77769, 2021. 8, 10, 11

ANEEL. Resolução normativa 482 - condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. 2012. Último acesso em 18/12/2021. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. 2, 13, 14, 15, 49, 51

ANEEL. *Resolução Normativa 687 - Condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica*. 2016. Último acesso em 18/12/2021. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. 2, 15, 16, 35

ANEEL. Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional – prodist. 2017. Último acesso em 18/12/2021. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>. 18, 19, 50

ANEEL. Dados de geração distribuída de usina fotovoltaica - ufv. 2022. Último acesso em 23/10/22. Disponível em: <<https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/formularios/geracao-distribuida>>. 51

ANEEL. Nota tecnica 0041/2022 -srd/sgt/srm/srg/scg/sma/spe/aneel. 2022. Disponível em: <<https://www.solarize.com.br/downloads/Aneel-NT-0014-22.pdf>>. 16, 17

BALFOUR, J.; SHAW, M.; NASH, N. B. Introdução ao projeto de sistemas fotovoltaicos. *São Paulo: LTD*, 2016. 2, 5, 6, 8, 10, 11, 38, 46, 49

BRAGA, R. P. Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações. *Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro*, 2008. 6

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o sistema de compensação de energia elétrica (scee) e o programa de energia renovável social (pers); altera as leis nºs 10.848, de 15 de março de 2004, e

- 9.427, de 26 de dezembro de 1996; e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília, DF, 2022. ISSN 1677-7042. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm)>. 16, 24, 25
- BRAZILIENSE, C. *Entenda a crise hídrica que ameaça o fornecimento de energia no Brasil*. 2021. 1
- CEMIG. Part apr web cemig. 2021. Último acesso em 23/10/22. Disponível em: <<https://web.cemig.com.br/PARTAPR/Login.aspx>>. 50
- CEMIG, D. Fornecimento de energia elétrica em média tensão–rede de distribuição aérea ou subterrânea. *Norma Técnica ND 5.3, dezembro de 2019*, 2019. 21, 22, 23
- CEMIG, D. C. Requisitos para a conexão de acessantes ao sistema de distribuição cemig d–conexão em baixa tensão. 2016. 2, 21, 30, 53
- CEMIG, D. C. Requisitos para a conexão de acessantes ao sistema de distribuição cemig d–conexão em mé tensão. 2016. 2, 21, 53
- CEMIG, D. S. Cartilha microgeração distribuída cemig d. 08 2021. Último acesso em 05/08/21. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/mini-e-microgeracao-distribuida/>>. 49, 50, 51, 52, 53, 54
- COSTA, T. M. G. Metodologia para projeto de microgeração fotovoltaica. Universidade Federal de Minas Gerais, 2015. 2
- CRECESB, C. Potencial solar - sundata v 3.0 - informação sobre radiação solar média diária. 2021. Último acesso em 15/07/2021. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>>. 40, 41, 57
- FILHO, J. M. Instalações elétricas. 8. Ed. Rio de Janeiro: Gen–LTC, 2010. 2
- GONÇALVES, G. G. *PROJETO DE UMA MINIGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NO PRÉDIO DO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ*. Tese (Doutorado) — CENTRO DE TECNOLOGIA DA UFRJ Guilherme Guimarães Gonçalves Projeto de . . . , 2018. 14, 15, 44, 46
- LATAM, A. Datasheet do microinversor qs1a. 2020. Último acesso em 23/10/22. Disponível em: <[https://latam.apsystems.com/wp-content/uploads/2020/06/4302117202\\_APsystems-Microinverter-QS1A-for-LATAM-Datasheet-Portuguese\\_-Rev1.0\\_2020-05-22.pdf](https://latam.apsystems.com/wp-content/uploads/2020/06/4302117202_APsystems-Microinverter-QS1A-for-LATAM-Datasheet-Portuguese_-Rev1.0_2020-05-22.pdf)>. 60
- LIMITED, T. S. Folha de dados do painel tsm-de14a (ii). 2017. Último acesso em 23/10/22. Disponível em: <[https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EN\\_TSM\\_DE14A\\_II\\_Tallmaxplus\\_B\\_2017\\_web.pdf](https://static.trinasolar.com/sites/default/files/EN_TSM_DE14A_II_Tallmaxplus_B_2017_web.pdf)>. 44
- MTE, M. do Trabalho e previdência. Guia de elaboração e revisão de normas. 2020. Último acesso em 16/12/21. Disponível em: <[https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/manuais-e-publicacoes/guia\\_de\\_elaboracao\\_e\\_revisao\\_de\\_normas.pdf/view](https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/manuais-e-publicacoes/guia_de_elaboracao_e_revisao_de_normas.pdf/view)>. 13
- OLIVEIRA, G. X. S. d. Análise de viabilidade técnica e econômica para implantação de um gerador fotovoltaico de 76, 8 kwp em uma unidade consumidora comercial de baixa tensão. Universidade Federal de Uberlândia, 2018. 2, 18, 19, 38, 41, 42, 43, 44

- PEREIRA, S. C. M. *Projeto de microgeração fotovoltaica conectada à rede de distribuição com análise econômico-financeira para a comunidade do Quilombo do Campinho da Independência em Paraty-RJ*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2019. 2, 14, 18
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. *Citado*, v. 3, 2014. 2, 5, 7, 36, 40, 44, 46
- RIOS, I.; RIOS, E. Microgeração fotovoltaica conectada à rede elétrica: o que mudou com a resolução normativa nº 687 da agência nacional de energia elétrica—aneel. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 8, n. 2, p. 119–122, 2017. 9
- SABINO, M. *Aneel aprova reajuste de 15,7% nas tarifas de energia da Elektro*. 2022. 1
- SIQUEIRA, F. *Projeto de Microgeração Fotovoltaica Residencial*. Ipatinga: [s.n.], 2022. Cortesia da VDA Engenharia. 58, 64
- SOL, A. do. Cartilha - como dimensionar sistema fotovoltaico. 2020. Último acesso em 8/12/21. Disponível em: <<https://docero.com.br/doc/s1xnxnc>>. 36, 38
- SOLAR, D. Folha de dados do painel dhm-72x10-545 w. 2020. Último acesso em 23/10/22. Disponível em: <<https://www.dahsolarpv.com/uploadfile/attachment/fa752941d4f4cde09f6adadfafd2696b.pdf>>. 59
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. *São Paulo: Érica*, v. 2, 2012. 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12

# APÊNDICE A – Transcrição das Entrevistas

Neste apêndice será apresentado a transcrição das entrevistas realizadas com dois profissionais experientes na área de projetos de geração solar fotovoltaica. Para realizar as entrevistas foi desenvolvido um questionário com perguntas diretas e perguntas abertas sobre projetos. O questionário foi dividido em subtemas: *(i)* pré-projeto; *(ii)* projeto; *(iii)* normas e regulamentações; *(iv)* instalação.

## A.1 Entrevistado A

**Lucas: Maneiras de abordagem do cliente? Como vem fazendo? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado A:** O tipo de abordagem mais eficiente é o porta a porta, a conversa direta é maneira que se mostra mais eficiente, Ao se comparar com maneiras de marketing digital a maneira convencional se mostra mais eficiente pelo quesito de poder explicar ao cliente de forma clara o trabalho e mostrar o seu diferencial..

**Lucas: Sobre o desenvolvimento da análise de viabilidade? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado A:** O primeiro de tudo é analisar a conta de luz do cliente, ao analisar o consumo se leva em conta o perfil do cliente, no caso de clientes com baixo consumo e sem intenção de aumentar esse consumo existem outras alternativas mais eficientes, lembrando que ao instalar um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica, o cliente continuará tendo que pagar algumas taxas para a concessionária. Outro ponto a se analisar é o telhado do cliente, analisar o sombreamento do telhado, também deve-se analisar a condição estrutural do telhado, avaliando se o mesmo suportará a carga de peso adicional no telhado..

**Lucas: Maneiras de apresentar o orçamento? Como vem fazendo? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado A:** O melhor na apresentação do orçamento é explicar para o cliente detalhadamente o orçamento, visando que existem pessoas que buscam somente preço, mostrar para o cliente o diferencial dos componentes que estão no orçamento, mostrando para o cliente pontos de cada componente, como garantia, suporte técnico que justifica um maior investimento.

**Lucas: Sobre o uso de softwares? Utiliza algum?**

**Entrevistado A:** Basicamente para projeto, auto-cad para fazer o diagrama elétrico do projeto, e um software de simulação de projeto, pvsol, este software simula de maneira 3d a edificação onde será feito o projeto, e edificações vizinhas, pontos geradores de sombreamento, também permite colocar o nível de radiação de cada cidade, permitindo uma simulação assertiva da geração de energia do projeto.

**Lucas: Sobre a escolha dos componentes/ marcas/ fornecedores? Como vem fazendo?**

**Entrevistado A:** Desde o início da carreira viu que existem as marcas melhores, tal qual , no Brasil, se tratando de inversores convencionais temos a solaredge e fronius como as marcas top de linha no mercado nacional, por isso é a que indica ao clientes, outra marca é a Solis que é outra marca de qualidade com preço mais acessível. Se tratando de micro investidores a melhor marca é a ApSystems, outra marca é a Deye que também é uma marca boa com assistência técnica no brasil. Um ponto de avaliação ao se escolher uma marca é se a marca tem suporte técnico no Brasil e se é uma marca consolidada no mercado. Para se escolher o fornecedor é ver se ele tem a disponíveis marcas boas e se ele possui estoque, para o cliente não ficar esperando muito tempo a entrega dos componentes, ou no máximo que respeite prazos estipulados para entrega.

**Lucas: Sobre o parecer de acesso? Como vem fazendo? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado A:** Levando em consideração a CEMIG, possui um modelo de memorial e diagrama unifilar para acelerar o processo. A CEMIG disponibiliza apenas o formulário para preencher com os dados do cliente e da usina. É bom ter um modelo para não ter que toda vez iniciar um projeto do zero.

**Lucas: Sobre o número de placas e arranjos para conexão (telhados com mais e de uma água), o uso de Strings? Como vem fazendo?**

**Entrevistado A:** Primeiro de tudo, observar a quantidade de água do telhado, após isso deve-se analisar o inversor, existem diversos inversores com diferentes números de entradas, para cada MPPT do inversor, pode ser conectado certa quantidade de módulos com uma orientação fixa, por exemplo, se o inversor possui 2 MPPT é possível colocar módulos em duas orientações diferentes. Outra ferramenta que pode ser utilizada é o microinversor, pois o micro inversor possui uma entrada para cada placa.

**Lucas: Algo que você acrescentaria sobre os procedimentos de projeto?**

**Entrevistado A:** O principal ponto de atenção é observar o padrão do cliente, a CEMIG exige um padrão bifásico, caixa CM2 e disjuntor de 63A, deve-se observar no banco de

dados qual padrão e disjuntor está cadastrado para o cliente e se for necessário já adiantar a correção dos dados para evitar que o projeto seja reprovado. Outra coisa é observar o número de caixa, caso possua mais de uma caixa de padrão próximas deve-se pedir uma permissão de uso do telhado para os dono do outro padrão, caso não tenha essa autorização a CEMIG reprova o projeto. Mais um ponto é descrever exatamente o nome, modelo e marca dos componentes, tal qual está na placa do componente, caso o projeto seja enviado com uma letra diferente o mesmo pode ser reprovado.

**Lucas: Sobre normas e regulamentos, como você observa as mudanças atuais?**

**Entrevistado A:** Tento observar as mudanças de modo pessimista, espero que a partir das mudanças o mercado terá uma grande desaceleração, tornando inviável o investimento feito pelo cliente.

**Lucas: Normas de projeto? Possui algum ponto de atenção?**

**Entrevistado A:** Cada concessionária age de um jeito, a CEMIG não possui normas para instalação fotovoltaico, possui normas de padrão, normas de instalação em media tenção, e baixa tenção. A CEMIG possui um manual que explica passo a passo os pontos de homologação de processo.

**Lucas: Sobre a equipe necessária? Como vem fazendo?**

**Entrevistado A:** Uma equipe boa para instalação de um projeto seriam 3 pessoas, só que não no tempo todo da instalação. Para a instalação de toda a estrutura n telhado 2 pessoas é um número bom, 3 pessoas seria no caso para subir com as placas para o telhado, isso de forma manual. Para o resto da instalação 2 pessoas é o necessário.

**Lucas: Sobre o uso de EPI's? Quais utilizar?**

**Entrevistado A:** Protetor solar é importante, camisa com protetor UV também é importante. Cinto de segurança, linha de vida, luva com isolamento elétrico, olhos de proteção e botina.

**Lucas: Sobre a atenção com os equipamentos e conexões durante a instalação? Como portar?**

**Entrevistado A:** É importante trabalhar com a rede CA desenergizada, para evitar qualquer dano no inversor, na rede CC utilizar ferramentas com boa isolação. Com as placas deve-se ter cuidado no momento de subir, para evitar a queda do equipamento, evitar colocar peso em cima da placa, para evitar quebrar algum celular fotovoltaico. Com o inversor deve-se tomar cuidado para o componente não sofrer uma queda, deve-se também cuidado na instalação no inversor, por exemplo ligar a rede CC com polaridades inverti-

das, instalar a parte CA desenergizada, e conferir todas as instalações antes de energizar todo o circuito, testando a tensão as placas, tensão da rede, conferir as instalações no inversor.

**Lucas: Cabos CA e CC pode passar no mesmo eletroduto?**

**Entrevistado A:** Nunca passar cabo CC e CA no mesmo eletroduto por questões de manutenção e evitar aquecimentos não esperados.

**Lucas: Sobre o norte 20º a qualquer custo? O que pensa sobre isso?**

**Entrevistado A:** Totalmente contra. Por questões de segurança e estéticas. A questão do 20º é no caso ideal, é bom lembrarmos que o ideal é diferente do real e trabalhamos com o real.

**Lucas: Sobre estruturas de fixação das placas? Como escolher a estrutura ideal?**

**Entrevistado A:** Para cada tipo de telhado existem as estruturas específicas, para o telhado colonial tem uma, para o telhado metálico tem pelo menos três tipos de estruturas diferentes, para o telhado de amianto tem uma estrutura para vigas metálicas e outro para vigas de madeira. A avaliação da estrutura do telhado, no caso do telhado colonial é feita a avaliação da madeira do telhado, se está em boas condições, se está sem cupim, por exemplo. Para telhado metálico e amianto, é observado a distância entre as terças e as tesouras, se as placas ficarão bem ancoradas ou se ficarão em algum vão, também é observado o tipo do material utilizado na estrutura.

**Lucas: Sobre o posicionamento dos componentes: Inversores, string CC? Como vem fazendo?**

**Entrevistado A:** Para posicionar as placas escolhe a melhor água do telhado, para instalar as placas. Para a instalação do inversor é decidido junto com o cliente, o melhor local para a instalação, o melhor ponto seria um local que permite a instalação CA direta no quadro de distribuição ou no padrão, nunca em circuitos secundários.

**Lucas: Sobre os riscos da String CC embaixo do inversor? Possui algum risco?**

**Entrevistado A:** Existem riscos na instalação da String CC embaixo do inverso. O inversor é o componente mais caro do projeto, a instring box é utilizado para proteger o inversor de qualquer surto, ou curto circuito, e ela corre o risco dela pegar fogo, logo se instalada embaixo do inversor, caso pegue fogo, também pode pegar fogo no inversor, não fazendo o papel de proteger o inversor, logo a instalação da string box é feita ao lado do inversor a uma distância de 50 cm do inversor.

**Lucas: Falamos sobre: pré-projeto, projeto e instalação. Você acrescentaria outra área do serviço? (pós-venda? manutenção?) Algo que você acrescentaria sobre sistema fotovoltaico?**

**Entrevistado A:** Pós venda e manutenção andam juntos, manutenção preventiva em sistema solar é a limpeza das placas, inversores e testes de apertos das conexões e instalação. A pós venda além da limpeza, compreende também o monitoramento do sistema do cliente, analisando .A manutenção corretiva é mais difícil de acontecer e quando acontece é mais o acionamento da garantia, por isso a importância da escolha de um componente com assistência técnica no brasil .

## A.2 Entrevistado B

**Lucas: Sobre maneiras de abordagem do cliente? Como vem fazendo? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado B:** Essa é uma questão pessoal, cada profissional vai enxergar de uma forma. Preza pela qualidade e confiabilidade na execução do serviço. Não está aberto a prestar serviço a qualquer tipo de cliente, por questão de mercado e cultura, prefere ofertar um serviço com orçamento maior que o concorrente, porém um serviço com maior qualidade, fugindo de ofertar um serviço mal feito, um dimensionamento pior. Evita os clientes que procuram por preço mais barato, explicando para o cliente o diferencial do serviço, exemplificando e mostrando para o cliente o valor do seu serviço. O investimento em componentes é similar entre os concorrentes, o que diferencia um profissional de outro é a maneira que executa o serviço, garantindo que o sistema será homologado e terá um perfeito funcionamento, sem correr riscos com parte elétrica nem estrutural. Ter conhecimento técnico é um diferencial de mercado..

**Lucas: Sobre o desenvolvimento da análise de viabilidade? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado B:** Preza por ter mais informações possíveis, se possível visitar o local de instalação, caso não for possível pedir fotos para o cliente, local de instalação parte elétrica, para conseguir fazer o pré projeto com menor quantidade de incógnitas. Antes

**Lucas: Sobre maneiras de apresentar o orçamento, como vem fazendo? Algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado B:** Prezo por um orçamento mais individualizado, evitando tabelas prontas. Utilizando de conhecimentos técnicos e cuidados. Buscando oferecer um serviço que será melhor para o cliente e para o profissional.

**Lucas: Sobre o uso de softwares? Utiliza algum?**

**Entrevistado B:** Não acho trabalhoso o dimensionamento, me sento confortável em usar excel, autocad. Uso dados radia-sol e junto a uma planilha para fazer dimensionamento, e o google earth

**Lucas: Sobre a escolha dos componentes/ marcas/ fornecedores? Como vem fazendo?**

**Entrevistado B:** Não trabalha com marca nova/ desconhecida, busca conhecer bem a marca, conversa com vendedor, assistência técnica. Busca entregar equipamentos de qualidade para o cliente. Caso seja necessário um atendimento de pós venda, sabe que será possível esse atendimento bem prestado, o tempo é a melhor forma de adquirir experiência. Possui uma lista de marcas/fornecedores, questões de bom atendimento pós venda, entrega tudo que é necessário, que entrega no prazo. Prefere oferecer um serviço mais personalizado

**Lucas: Sobre o parecer de acesso? Como vem fazendo? algum método se mostrou mais eficiente?**

**Entrevistado B:** É uma coisa muito transitória, cada concessionária possui um atendimento diferente das outra. Por ser um setor novo, em desenvolvimento, é importante a atenção, é importante estar sempre em contato com a concessionária, evitando ser pego de surpresa em futuros trabalhos. Ao desenvolver um trabalho personalizado, evito o erro ou desatenção que pode acontecer ao replicar ou derivar um trabalho anterior. É importante ir ao site da concessionária, pegar o formulário atualizado, se possível olhar exemplos e modelos da concessionária.

**Lucas: Sobre o número de placas e arranjos para conexão (telhados com mais e de uma água), uso de Strings? Como vem fazendo?**

**Entrevistado B:** É ponto de atenção para fazer um trabalho diferenciado. Antes de fechar o negócio, faça a visita prévia, veja a necessidade do cliente, caso necessário utilizar 2 ou mais águas do telhado, avalia se será necessário o uso de micro inversor caso a potência seja relativamente baixa e não terá como utilizar inversor com 2 ou mais mppt. Isso faz toda diferença.

**Lucas: Sobre os números de MPPT? Como funciona?**

**Entrevistado B:** Inicialmente, olha a questão de telhado e demanda de geração do cliente, observando a área necessária de telhado, observando a restrição de área. caso existir, procurar módulos de maior potência, e vê qual melhor água de telhado e caso se faz necessário mais área, outras águas do telhado, se necessário três águas procurar um

inversor com três entradas MPPT, caso não exista inversor para a potência necessária, busca utilizar microinversor. O diferencial, “mais engenharia” é fazer uma boa escolha de componentes. Olha a questão de corrente tensão e potência dos componentes, placas e inversor.

**Lucas: Algo que você acrescentaria sobre os procedimentos de projeto?**

**Entrevistado B:** É tudo muito tranquilo, o mais complicado seria a escolha dos componentes.

**Lucas: Como se atualiza em relação às mudanças atuais nas normas e regulamentos?**

**Entrevistado B:** Por estar lidando na área está imerso no meio, as informações chegam de maneira rápida e direta, por conhecidos até por clientes

**Lucas: Qual a principal mudança nas normas de projeto?**

**Entrevistado B:** A principal mudança na taxaço da tarifa de distribuição, possui pontos positivos e negativos. Cabe aos profissionais espalharem a informação e divulgação para os clientes

**Lucas: Quais são as expectativas futuras em relação às mudanças atuais nas normas e regulamentos?**

**Entrevistado B:** A curto prazo não espera muitas mudanças nas normas/regulamentos, ainda não está em tempo de discussão. Acredita que as mudanças terá um impacto bem significativo, que terá um impacto bem negativo, que a demanda até o fim do anos terá a crescer, porém após o início do ano a tendência da demanda sofrer uma baixa. grande parte da procura busca evitar as consequências da nova regulamentação.

**Lucas: Sobre os principais pontos de atenção em relação às nas normas e regulamentos?**

**Entrevistado B:** Normas tem que seguir, buscar atender todas as normas, por exemplo acertar as cores de cabos, aproveitamento de cabos, prestando atenção nos pontos necessários para atender todas as normas. É de grande importância acompanhar todo o desenvolvimento do projeto de perto.

**Lucas: Sobre a equipe necessária? Como vem fazendo?**

**Entrevistado B:** Busca trabalhar com pessoas com experiência no assunto, pois toda execução demanda atenção e envolve riscos. Se faz necessário pessoal com experiência/

maldade para executar um serviço correto, com segurança, e atenção ao manejo dos componentes

**Lucas: Sobre o uso de EPI's? Quais utilizar?**

**Entrevistado B:** Além dos EPI's necessários para trabalhos com eletricidade, como luvas, botas. Linha de vida, e colete de identificação. Com segurança todo cuidado é pouco, utilizo também protetor solar, óculos de proteção, e capacete de segurança.

**Lucas: Sobre a atenção com os equipamentos e conexões durante a instalação? Como portar?**

**Entrevistado B:** As placas podem variar distribuição de peso em cima delas, mais resistentes e mais sensíveis. a mesma atenção com segurança e manuseio dos componentes. qualquer duvida ,não fazer o trabalho de qualquer forma, fazer o serviço sem nenhuma duvida para não correr risco de fazer o serviço errado.

**Lucas: Cabos CA e CC pode passar em mesmo eletroduto?**

**Entrevistado B:** Não passar cabos CC e CA no mesmo eletroduto, seguir esquema de cores, e componentes de proteção. Um ponto de atenção aos casos de inversores que possuem proteção integrada, caso necessite ou não de string-box. trabalhar com componentes de qualidade é preferível um componente de qualidade com valor mais caro ao componente mais barato com uma qualidade duvidosa, fugindo de qualquer risco futuro.

**Lucas: Sobre o norte 20º a qualquer custo? O que pensa sobre isso?**

**Entrevistado B:** A engenharia em si é muito bom senso, por mais que a parte técnica diga que a melhor geração é 20º norte, a forma de lidar com o cliente o bom senso ao tomar a melhor decisão, às vezes é melhor optar por colocar mais placas do que fazer alguma alteração no telhado do cliente.

**Lucas: O que observa sobre estruturas de fixação das placas?**

**Entrevistado B:** Um ponto importante é a avaliação previa da estrutura do telhado. Antes da execução do serviço é importante a avaliação da estrutura do telhado. Se esta estrutura irá aguentar toda a carga que será somada ao peso do telhado. Durante a avaliação da estrutura do telhado, à qualquer dúvida, uma avaliação mais correta cabe a um responsável da área civil ou mecânica.

**Lucas: Sobre o posicionamento dos componentes: Inversores, string CC? Como vem fazendo?**

**Entrevistado B:** Inicialmente é avaliado de maneira técnica qual o melhor ponto de

conexão, o que esta mais perto do centro de carga, por exemplo quadro de distribuição, caixa de passagem da saída do padrão. Após é ideal conversar com o cliente, mostrando o melhor lugar e buscar junto ao cliente, com bom senso o melhor lugar de se posicionar os componentes. Outro ponto a se olhar caso o componente tiver conectividade Wifi se o local possui sinal para conexão.

**Lucas: Sobre os riscos da String CC embaixo do inversor? Como evitar qualquer risco?**

**Entrevistado B:** Pelo menos 30-40cm ao lado do inversor, quanto menos próximos melhor, a uma distancia de segurança, caso uma falha ocorra em um componente não venha colocar o outro em risco.

**Lucas: Algo que você acrescentaria sobre as instalação? Entrevistado B:** Sempre vistoriar todos os serviços executados, por mais que a equipe seja bem treinada, sempre pode ocorrer falhas, é importante a supervisão/ vistoria após a execução do serviço se possível durante a execução do mesmo faz toda diferença.

**Lucas: Falamos sobre: pré-projeto, projeto e instalação. Você acrescentaria outra área do serviço? (pós-venda? manutenção?) Algo que você acrescentaria sobre sistema fotovoltaico?**

**Entrevistado B:** Pós venda é muito importante para o cliente ficar satisfeito após a execução do serviço, para você ficar no mercado, tendo indicação. Preso por explicar a fatura para o cliente, explicar como utilizar o aplicativo de monitoramento da geração.

### A.3 Conclusão parcial

A partir das entrevistas realizadas, transcritas neste apêndice, foi possível fazer o levantamento das boas práticas apresentadas no ???. Ao se atentar a questões levantadas o profissional poderá realizar um projeto mais assertivo e confiável.

## ANEXO A – ART

Wondershare  
PDFelement

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO  
Nº MG2022 [REDACTED]

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

## 1. Responsável Técnico

F [REDACTED]  
Título profissional: ENGENHEIRO ELETRICISTA RNP: 14 [REDACTED]  
Registro: 2 [REDACTED]

## 2. Dados do Contrato

Contratante: V [REDACTED] CPF/CNPJ: 3 [REDACTED]  
SEM DEFINIÇÃO [REDACTED] Nº: 99999  
Complemento: CS Bairro: ÁREA RURAL  
Cidade: D [REDACTED] UF: MG CEP: 3 [REDACTED]

Contrato: Não especificado Celebrado em:  
Valor: R\$ [REDACTED] Tipo de contratante: Pessoa Física  
Ação Institucional: Outros

## 3. Dados da Obra/Serviço

SEM DEFINIÇÃO [REDACTED] Nº: 99999  
Complemento: CS Bairro: ÁREA RURAL  
Cidade: D [REDACTED] UF: MG CEP: 35 [REDACTED]  
Data de Início: 09/06/2022 Previsão de término: 11/07/2022 Coordenadas Geográficas: 0, 0  
Finalidade: RESIDENCIAL Código: Não Especificado  
Proprietário: V [REDACTED] CPF/CNPJ: 3 [REDACTED]

## 4. Atividade Técnica

	Quantidade	Unidade
16 - Execução		
46 - Execução de instalação > ELETROTÉCNICA > INSTALAÇÕES ELÉTRICAS > DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO > #11.10.1.1 - PARA FINS RESIDENCIAIS	3.815,00	w
14 - Elaboração		
80 - Projeto > ELETROTÉCNICA > INSTALAÇÕES ELÉTRICAS > DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO > #11.10.1.1 - PARA FINS RESIDENCIAIS	3.815,00	w

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

## 5. Observações

PROJETO E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÃO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 3,815KWP CONECTADA À REDE DE BAIXA TENSÃO DA CEMIG.

## 6. Declarações

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.  
- A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confea).  
- Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

## 7. Entidade de Classe

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

## 8. Assinaturas

Declaro serem verdadeiras as informações acima

[REDACTED] de [REDACTED] de 2022  
Local data

[REDACTED] - CPF: [REDACTED]

[REDACTED] - CPF: [REDACTED]

## 9. Informações

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

## 10. Valor

Valor da ART: R\$ [REDACTED] Registrada em: 06/06/2022 Valor pago: R\$ [REDACTED] Nosso Número: 8 [REDACTED]

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: yB3ca  
Impresso em: 15/06/2022 às 16:15:38 por: , ip: 179.191.51.205

www.crea-mg.org.br  
Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br  
Fax:





Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA FOTOVOLTAICA.** <sup>(20)</sup>

Potência Total Módulos (kWp)	Quantidade de Módulos	Fabricante dos Módulos*	Modelo dos Módulos*	Potência Total Inversores (kW)	Quantidade de Inversores	Fabricante do Inversor*	Modelo do Inversor*	Área dos Arranjos (m <sup>2</sup> )	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)
3,815	7	DAH SOLAR	DAH DHM72X10 -545W	3	2	ALTENERG Y POWER SYSTEMS (APSYSTE MS)	QS1A	15	1

\*ATENÇÃO: Dados de placa

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA - CGH.** <sup>(21)</sup>

Potência Aparente (kVA)	Potência Instalada (kW)	Fator de Potência (Entre 0 e 1)	Tensão (kV)	Nome do Rio	Sub-Bacia	Nível Operacional Normal de Montante (metros)	Nível Operacional Normal de Jusante (metros)	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA TÉRMICA** <sup>(22)</sup>

Combustível	Número do Despacho de qualificação	Data do Despacho	Potência Aparente (kVA)	Potência Instalada (kW)	Fator de Potência (Entre 0 e 1)	Ciclo Termodinâmico	Máquina Motriz	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA EÓLICA.** <sup>(23)</sup>

Potência Instalada (kW)	Fabricante dos Aerogeradores	Modelo dos Aerogeradores	Quantidade de Aerogeradores	Eixo do Rotor	Altura da Pá (metros)	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

#### 4 – DOCUMENTAÇÃO A SER ANEXADA (OBRIGATÓRIA)

- 1. Número de registro válido no conselho profissional competente do responsável técnico<sup>1</sup>.
- 2. Memorial descritivo da instalação contendo a planta de situação com indicação do local do padrão de entrada, conforme Normas Técnicas de Distribuição ND 5.1 e ND 5.2 ou indicação do local da subestação de entrada, conforme ND 5.3 e modelos disponibilizados no site da Cemig.
- 3. Diagrama unifilar contemplando geração, carga, medição e proteção (inversor, se for o caso), conforme modelo disponibilizado no site da Cemig.
- 4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro de concessão no Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.
- 5. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL, a depender do tipo de fonte.
- 6. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento, conforme Resolução Normativa nº 482/2012.
- 7. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).
- 8. Formulário de Análise de Carga, com os respectivos anexos necessários (para solicitação de Ligação Nova de Unidade Consumidora com GD ou conexão de GD com aumento ou redução de potência disponibilizada).

9. Documentos originais do titular da UC (RG ou outro documento oficial com foto e CPF) para pessoa física e, para pessoa jurídica, documentos relativos à sua constituição, ao seu registro e do(s) seu(s) representante(s) legal(is).
10. Cópia do instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes de consórcio, cooperativa, condomínio voluntário ou edifício ou qualquer outra forma de associação civil instituída em caso de empreendimentos de modalidade Geração Compartilhada.
11. Quando se tratar de ligações novas, apresentar documento, com data, que comprove a propriedade ou posse do imóvel onde será implantada a central geradora, conforme Art. 67 da Resolução Normativa 1000/2021.
12. Para imóveis rurais apresentar o documento de Cadastro Ambiental Rural – CAR. O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, Lei nº 12.651/2012, obrigatório para todos os imóveis rurais.
13. Documento que comprove a propriedade da unidade consumidora para a qual está sendo solicitada a ligação da central geradora particular pertencente a uma edificação coletiva ou agrupamento.
14. Documento fornecido pelo condomínio que comprove autorização de uso de área comum da edificação coletiva para instalação de central geradora de uso particular da unidade em questão.
15. Documento que comprove o direito de posse pelo proprietário da central geradora em casos de aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas.

Nota<sup>1</sup>: Os Técnicos em Eletrotécnica poderão projetar e dirigir instalações com potência até 800 kVA (Decreto nº 90.922/85).

#### 5 – CONTATO NA DISTRIBUIDORA (preenchido pela Distribuidora)

Responsável / Área: Gerência de Processos Especiais de Expansão e Manutenção de Média e Baixa Tensão - EM/PE	Endereço: Av. Barbacena, 1200, Santo Agostinho, CEP 30190-131, BH - MG
Telefone: 0800 721 0167	E-mail: GeracaoDistribuida@cemig.com.br

#### 6 – SOLICITANTE

Nome do Cliente ou Procurador Legal: V.A. [REDACTED]	
Endereço de Correspondência: [REDACTED], 99999, CS, AREA RURAL - [REDACTED], MG	
Telefone: (31) [REDACTED]	E-mail: engenhariavda@gmail.com
Local e data: [REDACTED], 10 DE JUNHO DE 2022	Assinatura do Cliente/Responsável Legal: 

#### Notas Explicativas:

As informações contidas neste Formulário de Solicitação de Acesso devem estar em conformidade com o Diagrama Unifilar Básico e o Memorial Descritivo enviados à Cemig.

<sup>1</sup> Número da Instalação: O número da unidade consumidora na qual será instalada a geração distribuída. Caso tratar-se de ligação nova, não preencher.

<sup>2</sup> Grupo e Subgrupo: Informe o código de subgrupo aplicável conforme o nível de tensão para o grupo A ou finalidade para o grupo B.

Grupo A - grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV		Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV	
Subgrupo	Nível de Tensão	Subgrupo	Finalidade
A1	Igual ou superior a 230 kV	B1	Residencial
A2	88 kV a 138 kV	B2	Rural
A3	69 kV	B3	Industrial
A3a	30 kV a 44 kV	B3	Demais Classes
A4	2,3 kV a 25 kV	B4	Iluminação Pública

<sup>3</sup>Classe: Informe a classificação da unidade consumidora em Residencial, Industrial, Comercial, Rural, Poder Público, Iluminação Pública ou Serviço Público.

<sup>4</sup>Localização em Coordenadas: Informe as coordenadas da localização do ponto de entrega da energia no formato UTM Modelo: "6 dígitos numéricos, 7 dígitos numéricos". Obrigatório informar Fuso, E (Abscissa) e N (Ordenada). A central geradora deverá estar conectada a no máximo 5,0 metros da divisa da propriedade em áreas urbanas e a no máximo 30 metros da primeira estrutura na propriedade do consumidor em áreas rurais.

Site para conversão de coordenadas geográficas: <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>. Selecione o Datum: SIRGAS2000.

<sup>5</sup>Haverá Mudança de Local do Padrão de Entrada: Informe se haverá mudança de local do padrão de entrada de energia. Na planta anexada indique o novo local da medição considerando as coordenadas informadas na seção "2 – Dados da Unidade Consumidora" deste formulário e os critérios permitidos nas normas técnicas da Cemig.

<sup>6</sup>Demanda Máxima de Carga - Consumo Próprio (kVA): Valor máximo de demanda de carga consumida na Unidade Consumidora. Para os casos que não houver Demanda de Carga, conforme Ofício Circular nº 0010/2017 da ANEEL, a solução de conexão informada no Parecer de Acesso considera exclusivamente a atividade de geração, sendo o consumo da unidade no ponto de conexão nulo. Assim, deve ser solicitada nova análise de aumento de carga quando necessário.

<sup>7</sup>Grupo Motor Gerador de Emergência - Diesel ou Gás (kVA): Caso exista outra modalidade de geração, com operação em paralelo com a Cemig, e que não seja habilitada para o sistema de compensação de energia, tal como geração a diesel, ela deverá contar com disjuntor independente, com as funções de proteção ANSI conforme especificações das ND's 5.30 e 5.31.

<sup>8</sup>Transformador particular (kVA): Informe a potência instalada de transformação da subestação de entrada ou o arranjo de transformadores utilizados.

<sup>9</sup>Tipo de Subestação Conforme ND 5.3: Para a construção da subestação de entrada de média tensão o cliente deve optar por um dos tipos de subestações, considerando suas aplicações e características, que podem ser consultadas no site da Cemig pelo endereço eletrônico: [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/nd5\\_3\\_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/nd5_3_000001p.pdf)

ATENÇÃO: O uso da subestação tipo N°1 foi descontinuado das normas Cemig, portanto NÃO é permitida para ligação de novas Unidades Consumidoras usando esse padrão de construção.

As subestações tipo N° 5 e N° 8 somente são aplicáveis para potências de transformação até 300 kVA e não podem ser de uso compartilhado.

<sup>10</sup>Tipo de Padrão de Entrada: Neste campo deverá ser informado a capacidade em amperes do disjuntor individual do padrão Cemig que atende à instalação. Se existir disjuntor geral, no caso de mais de uma unidade consumidora, informe a corrente nominal do disjuntor geral instalado. Caso haja modificações no padrão de entrada de uso coletivo com disjuntor geral, é necessário solicitar uma vistoria do quadro de medição coletivo antes do pedido de vistoria e conexão da GD.

<sup>11</sup>Disjuntor Solicitado para Alteração de Carga: Informe a capacidade do novo disjuntor, caso haja necessidade de alteração de carga. Vale destacar que deverá ser anexado também o formulário de alteração de carga com informações específicas.

<sup>12</sup>Tensão de Atendimento (V): Tensão nominal do ponto de conexão com a rede da concessionária.

<sup>13</sup>Tipo de Ramal: Assinalar o tipo de ramal de ligação, se aéreo ou subterrâneo, no qual a unidade consumidora será atendida.

<sup>14</sup>Localização dos Módulos Solares:

De acordo com as definições contidas nas ND's 5.1 e 5.2:

Edificação Individual: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

Edificações de Uso Coletivo: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia, sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio.

Edificações Agrupadas ou Agrupamentos: Conjunto de edificações, reconhecidas pelos poderes públicos, constituído por duas ou mais unidades consumidoras, construídas no mesmo terreno ou em terrenos distintos sem separação física entre eles e juridicamente demarcada pela prefeitura e com área de circulação comum às unidades, sem caracterizar condomínio.

De acordo com o item 3.2.2 da ND 5.30: "Conexão de microgeração particular em unidade consumidora pertencente ao empreendimento, para uso e benefício próprio desta única unidade consumidora, não envolvendo outras unidades do empreendimento: Nesta modalidade, deverá ser comprovada a propriedade do imóvel que abriga a unidade consumidora e as instalações de geração. Quando se tratar de empreendimentos com condomínio formalizado, e caso haja a utilização de áreas de uso comum para abrigar as instalações de geração, deverá ser comprovada a autorização do condomínio para utilização da área comum. Poderá ser utilizada a própria caixa de medição já existente na unidade consumidora, desde que esteja em bom estado de conservação e condições de segurança adequadas".

"Para os casos de aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas para instalação de microgeração em edificações coletivas e agrupamentos, deverá ser criada unidade consumidora adicional para conexão da central geradora e deverá ser comprovado o direito de posse do terreno, telhado ou estrutura pelo proprietário da usina. O titular da nova unidade consumidora com GD deverá ser o proprietário da usina".

Diante do exposto acima, será necessário apresentar documentação específica nos seguintes casos:

- Edificações de uso coletivo (telhado coletivo ou em área comum do condomínio): Comprovação de posse do proprietário e autorização do condomínio.
- Edificações de uso coletivo (telhado independente e privativo): Comprovação de posse do proprietário do imóvel.
- Agrupamentos: Comprovação de posse do proprietário do imóvel.
- Aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas: Comprovação do direito de posse do terreno, telhado ou estrutura pelo proprietário da usina. Nestes casos será necessário criar uma unidade consumidora exclusiva para a microgeração, devendo ser provida caixa de medição adicional para abrigar o medidor bidirecional. Ao protocolar a solicitação de acesso, deve ser informado que se trata de uma ligação nova e devem ser atendidas as normas técnicas referentes a edificações coletivas (ND 5.2).

<sup>15</sup>Tipo de Solicitação:

Ligação de Nova Unidade Consumidora COM Geração Distribuída: as ligações de novas unidades consumidoras são as que podem ser caracterizadas por pontos de conexão ainda não atendidos pela concessionária. Para novas unidades consumidoras do grupo B deverá também ser anexado, no APR Web, o Formulário de Ligação Nova.

Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente SEM Alteração de Potência Disponibilizada: trata-se de conexão de GD em unidade consumidora do grupo B (que não precisará alterar o disjuntor existente) ou do grupo A (que não precisará alterar o contrato de demanda - CUSD).

Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente COM Alteração de Potência Disponibilizada: no caso de solicitações de conexão de geração distribuída em unidade consumidora existente com alteração de potência disponibilizada, também deve ser informada a capacidade em amperes do novo disjuntor que está sendo solicitado para atendimento individual à instalação. Para unidades consumidoras do grupo B deverá também ser anexado, no APR Web, o Formulário de Análise de Carga específico para unidades individuais ou de atendimento coletivo.

GD Existente COM Alteração de Potência Ativa Instalada Total: trata-se de unidade consumidora que já possui geração distribuída e o interessado deseja alterar a potência de injeção da central geradora.

ATENÇÃO: Por potência disponibilizada (Seção 1.1, Módulo 1, da Resolução Normativa nº 956/2021), considera-se a potência que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos e instalações do usuário, calculada da seguinte forma:

a) unidade consumidora do grupo A: a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW);

b) unidade consumidora do grupo B: a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA). Verifique as tabelas nas normas técnicas da Cemig.

<sup>16</sup>Caracterização: Modalidade de alocação de créditos utilizada no sistema de compensação de energia elétrica.

<sup>17</sup>Potência Ativa Instalada Total de Geração (kW): Corresponde à máxima potência ativa gerada pela central geradora, em kW. Para centrais geradoras fotovoltaicas, trata-se do menor valor entre a Potência Total dos Inversores (kW) e a Potência Total dos Módulos (kWp).

Esse é o valor de referência considerado na Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL e que é utilizado para enquadramento no limite de unidade consumidora caracterizada como microgeração (até 75kW).

ATENÇÃO: O usuário deve atentar-se ao disposto no Art. 353 da Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021:

*Art. 353. A distribuidora deve suspender imediatamente o fornecimento de energia elétrica quando for constatada deficiência técnica ou de segurança nas instalações do consumidor e demais usuários, que caracterize risco iminente de danos a pessoas, bens ou ao funcionamento do sistema elétrico.*

§ 1o Enquadram-se no caput:

(...)

*II - o aumento da geração instalada sem consulta à distribuidora, em qualquer hipótese*

<sup>18</sup>Tipo de fonte renovável de energia elétrica ou cogeração qualificada (conforme Resolução Normativa nº 235/2006) utilizada pela central geradora.

<sup>19</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD de Outorga ou Registro.

<sup>20</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD - Central Geradora Fotovoltaica.

*Potência Total Módulos (kWp): Informe a potência elétrica total, em kWp, obtida a partir do efeito fotovoltaico, somando todos os módulos agrupados.*

*Potência Total Inversores (kW): Informe a potência nominal elétrica total, em kW, somando todas as saídas dos inversores, respeitadas limitações de potência decorrentes dos módulos, do controle de potência do inversor ou de outras restrições técnicas.*

<sup>21</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD Central Geradora Hidrelétrica - CGH.

<sup>22</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD de Central Geradora Térmica - UTE.

<sup>23</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD de Central Geradora Eólica - EOL.



# ANEXO C – Memorial Descritivo

Wondershare  
PDFelement

**Memorial Descritivo do Sistema de  
,81 Kwp, Usina Solar V  
conectado à rede elétrica de  
BT da CEMIG.**



**Um projeto realizado por:**



**VDA ENGENHARIA**  
Energia Solar Fotovoltaica

**Ipatinga, 15 de junho de 2022**

# Sumário

1	<b>OBJETIVO</b>	2
2	<b>DESCRIÇÃO GERAL DO CONSUMIDOR</b>	3
2.1	Localização da Instalação do Cliente	3
2.2	Disjuntor Geral de Entrada	4
2.3	Tipo de Atividade do Cliente	4
3	<b>DESCRIÇÃO GERAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA</b>	6
3.1	Módulos fotovoltaicos	6
3.2	Microinversores	6
3.3	Estruturas Metálicas	7
3.4	Dispositivos de Proteção	7
3.4.1	Composição do quadro de distribuição AC	7
3.5	Aterramento	8
3.6	Sinalizações	8
3.7	Cabos	8
4	<b>PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA</b>	9
5	<b>ANEXOS</b>	10
5.1	Anexo I- Folha de Dados do Modulo Fotovoltaico:	11
5.2	Anexo II- Folha de dados dos Microinversores APSYSTEMS:	13
5.3	Anexo III- Certificado de Conformidade dos Microinversores APSYS- TEMS:	15
5.4	Anexo IV- Material na montagem da estrutura:	16
5.5	Anexo V- Formulário de Geração Cemig:	18
5.6	Anexo VI- ART do Projeto:	23
5.7	Anexo VII- Diagrama Elétrico do Projeto:	24
5.8	Anexo VIII- Planta de situação da instalação:	25

# 1 OBJETIVO

O Projeto tem como objetivo a geração de energia elétrica através de módulos fotovoltaicos, conectados à rede da CEMIG (ON-GRID), e com a finalidade que o consumidor possa gerar sua própria energia conforme regulamentação ANEEL 482/12, e cobrir parcialmente o seu consumo. A VDA Engenharia é responsável pelo projeto, e é uma empresa com foco em energia solar e projetos de eficiência energética. O Projetista responsável é o Engenheiro [REDACTED] CREA-MG [REDACTED] G. Profissional com vasta experiência em projetos de elétrica, instrumentação e automação.

## 2 DESCRIÇÃO GERAL DO CONSUMIDOR

O consumidor requisitante é a [REDACTED] CPF: [REDACTED] e-mail: engenhariavda@gmail.com e telefone (31) [REDACTED]. É registrada na CEMIG na classe rural bifásico, e proprietária do número do cliente 7 [REDACTED], número da instalação 3 [REDACTED].

### 2.1 Localização da Instalação do Cliente

A instalação será realizada no telhado da residência que fica localizada em [REDACTED], [REDACTED], 99999, CS, ÁREA RURAL, [REDACTED] Minas Gerais, CEP 3 [REDACTED]. Sua coordenada em UTM é 736693:7805985, fuso 23.

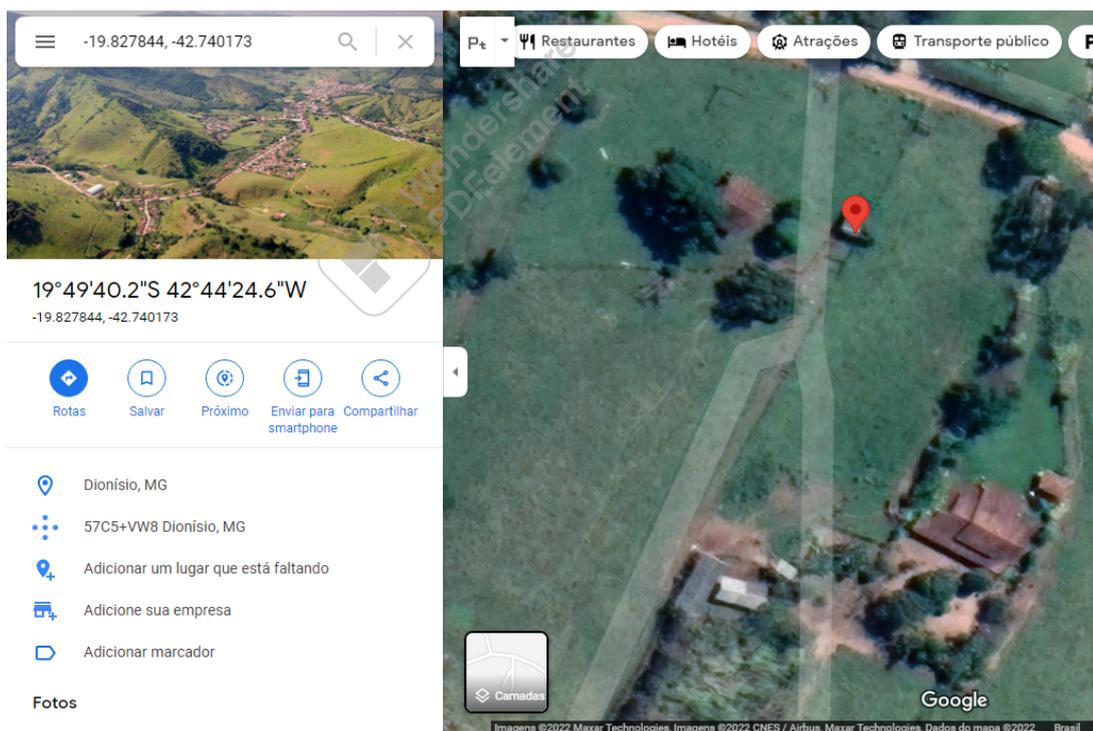


Figura 1 – Localização da Instalação do Cliente.

## 2.2 Disjuntor Geral de Entrada

O padrão de entrada tem disjuntor bifásico com corrente de 60 Amperes, conforme fotografia a seguir.



Figura 2 – Imagem do disjuntor.

## 2.3 Tipo de Atividade do Cliente

O cliente tem como atividade uma residência, e o consumo detalhado conforme tabela abaixo.

Mês	Consumo
Janeiro	400
Fevereiro	400
Março	400
Abril	400
Maio	400
Junho	400
Julho	400
Agosto	400
Setembro	400
Outubro	400
Novembro	400
Dezembro	400
Média	400
Total	4800

Figura 3 – Consumo Anual e Média .



## 3 DESCRIÇÃO GERAL DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Com potência total de 3,815 kWp, o sistema contará com 7 módulos de 545 W de Silício Monocristalino, distribuídos em dois microinversores, sendo um com 4 módulos, e outro com 3 módulos. Os microinversores são homologados pelo Inmetro e estes farão a conversão do sinal para o padrão alternado da CEMIG, que será conectado no quadro de distribuição geral, conforme resolução 482/12 da ANEEL. Os microinversores tem saída bifásica alternada de 220V/60Hz , e a conexão será feita respeitando o balanceamento das cargas nas fases.

A proteção do sistema obedece às normas do Prodist e a ND 5.30 da CEMIG, e conta com dispositivos de supressão de surtos no lado DC e AC, chaves fusível, disjuntores seccionadores no lado DC e AC, sendo que ambos são da classe II. E mais detalhes constam no diagrama elétrico no anexo 7 deste documento. Apresentaremos a seguir as informações técnicas gerais, dados dos componentes do sistema.

### 3.1 Módulos fotovoltaicos

**PAINEL:** PAINEL SOLAR FOTOVOLTAICO DAH DHM72X10-545W

**TOLERÂNCIA:** 0 - + 5 W

**POTÊNCIA:** 545 Wp

**PESO:** 29 Kg

**DIMENSÕES:** 2279mm X 1134mm X 35mm

**EFICIÊNCIA PAINEL:** 21,09%

**TIPO:** MONOCRISTALINO

**VMP (V):** 42,2 V

**IMP (I):** 12,91 A

**GARANTIA:** 12 ANOS CONTRA DEFEITO DE FABRICAÇÃO E 30 ANOS CONTRA PERDA DE 20% DA PRODUÇÃO DE ENERGIA.

O anexo 1 contempla a folha de dados (data sheet) completa.

### 3.2 Microinversores

Os microinversores escolhidos possuem certificação conforme anexo 3 , a saída é bifásica de 220V /60Hz. Serão utilizados dois microinversores do modelo APSYSTEMS QS1A-BR 1500W , conforme folhas de dados em anexo.

Foi utilizada uma fórmula para dimensionar os microinversores, onde o Fator de Dimensionamento do microinversor é a relação entre potência nominal CA do microinversor e a potência de pico do gerador, o cálculo do microinversor foi realizado através da Equação 1.

$$FDI = \frac{P_{Nca}(W)}{P_{FV}(W_p)}, \quad (3.1)$$

Onde,

FDI (adimensional)  $\rightarrow$  é o fator de dimensionamento do inversor ( $0,75 \leq FDI \leq 1,05$ ),

$P_{Nca}$   $\rightarrow$  é a potência nominal CA do inversor,

$P_{FV}$   $\rightarrow$  é a potência de pico do painel fotovoltaico,

Informações básicas do microinversor APSYSTEMS QS1A-BR:

**INVERSOR:** APSYSTEMS QS1A-BR 1500W

**EFIC. MAX/EUR:** 96,5%/99,5%

**MAX POT CC:** 2,25 kW

**MAX POT CA:** 1,5 kVA

**PESO** 4,5 Kg

**DIMENSÕES:** 281 mm x 231 mm x 41,3 mm

**IAC MAX:** 6,81 A

**FREQUÊNCIA:** 50/60 HZ

**GARANTIA:** 15 ANOS CONTRA DEFEITO DE FABRICAÇÃO.

O anexo 2 contempla a folha de dados (data sheet) completa.

### 3.3 Estruturas Metálicas

A estrutura de fixação é fornecida pela empresa especializada em fixação de sistemas fotovoltaicos K2 SYSTEM, o material é resistente a corrosão, os trilhos serão de alumínio e fixados sobre o telhado de chapa metálica trapezoidal, e os detalhes da certificações e materiais empregados estão no anexo 4 deste documento.

### 3.4 Dispositivos de Proteção

#### 3.4.1 Composição do quadro de distribuição AC

O Projeto contará com um painel que receberá o sistema AC na Saída dos dois inversores e encaminhará para o quadro de distribuição de cargas do cliente. E os dispositivos presentes no quadro de distribuição AC para cada inversor, serão os seguintes:

- Dispositivo de corrente residual 25A (ABB F202 PV B; F204 B)
- Disjuntor Bipolar de 25A
- Dispositivo de proteção contra surtos DPS AC (ABB-OVR T1 T2).

### 3.5 Aterramento

O aterramento do sistema será feito com cabo de cobre de 10 mm<sup>2</sup>, e será conectado ao aterramento existente que segue a NBR 5410 no que diz respeito ao item aterramento.

### 3.6 Sinalizações

As sinalizações e avisos de proteção para atender as normas serão confeccionados e fixados nos locais conforme IEC 60364-7-712 e ND 5.30 da CEMIG.

### 3.7 Cabos

Os cabos elétricos de interligação, eletrodutos, eletrocalhas e conectores estão dentro dos requisitos da norma NBR 5410.



## 4 PREVISÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA

O levantamento do recurso solar para o local do projeto foi obtido através do software SunData do CRESESB. Este programa fornece os dados de três pontos mais próximos onde ocorrem medição, obtivemos o valor médio neste caso. Os valores a seguir têm como fonte dos índices de irradiação o Centro de Referência para energia solar e Eólica Sergio Brito CRESESB e CEPEL. Para apresentação dos valores foi utilizado o software especializado PVSYST e os dados foram extraídos do Software.

Mês	Geração	Consumo
Janeiro	468	400
Fevereiro	484	400
Março	416	400
Abril	384	400
Mai	320	400
Junho	316	400
Julho	329,6	400
Agosto	399,2	400
Setembro	420	400
Outubro	420	400
Novembro	428	400
Dezembro	448	400
Média	402,7333	400
<b>Total</b>	<b>4832,8</b>	<b>4800</b>

Figura 4 – Expectativa de geração de energia

## 5 ANEXOS



## 5.1 Anexo I- Folha de Dados do Modulo Fotovoltaico:



**More Power Generation**  
Larger size of light receiving area and higher module conversion efficiency

**10 Busbar Technology**  
Higher power collection density improves power generation

**Stable Generation Performance**  
Guaranteed 0~+5W positive tolerance and slower power attenuation:  
first year ≤2%, 0.55% per year from 2-25

**Higher Power Gains and Lower Losses**  
Excellent low irradiance performance and low shadow loss

**Process Optimized and Upgraded**  
Lower risk of hot spot and stronger anti-PID ability

**Strong Environmental Adaptability and Great Durability**  
Certified by Dust-Sand, Salt-Mist, Ammonia etc. weather resistance tests and enhanced mechanical load: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal)

**Comprehensive Products and System Certificates**



IEC 61215 / IEC 61730 / CE / INMETRO  
 OHSAS 18001-  
 2007/International standards for occupational health & safety  
 ISO 14001-  
 2015/Standards for environmental management system  
 ISO 9001-  
 2015/Quality management system

Figura 5 – Legenda

# DHM-72X10 520~550W

Design	Mechanical Specification	
	<b>Cells Type</b> <b>Mono 182×91mm</b>	<b>Dimension (L×W×T)</b> <b>2279×1134×35mm</b>
	<b>Weight</b> <b>29kg</b>	<b>Packing</b> <b>31pcs/pallet, 620pcs/40HQ</b>
	<b>Cable</b> (Including connector)	4.0mm <sup>2</sup> , Portrait: 300mm(+)/400mm(-) Landscape: 1400mm(+)/1400mm(-)
	<b>No. of Cells</b>	144 (6×24)
	<b>Glass</b>	3.2mm High Transmission, Antireflection Coating
	<b>Junction box</b>	IP68, 3 Bypass Diodes
	<b>Connector</b>	MC4 Compatible
<b>Operating Parameters</b>		
	<b>Maximum system voltage</b>	1000V/1500V DC
	<b>Operating Temperature</b>	-40 ~ +85°C
	<b>Maximum series fuse rating</b>	25A
	<b>Snow load, frontside</b>	5400Pa
	<b>Wind load, backside</b>	2400Pa
	<b>Nominal operating cell temperature</b>	45°C±2°C
	<b>Application level</b>	Class A

## STC-Electrical Characteristics

Module Type	DHM-72X10						
Maximum Power (Pmax)	520W	525W	530W	535W	540W	545W	550W
Open-circuit Voltage (Voc)	49.0V	49.2V	49.4V	49.6V	49.8V	50.0V	50.2V
Maximum Power Voltage (Vmp)	41.2V	41.4V	41.6V	41.8V	42.0V	42.2V	42.4V
Short-circuit Current (Isc)	13.42A	13.48A	13.54A	13.60A	13.66A	13.72A	13.78A
Maximum Power Current (Imp)	12.62A	12.68A	12.74A	12.80A	12.86A	12.91A	12.97A
Module Efficiency (%)	20.12%	20.31%	20.51%	20.70%	20.89%	21.09%	21.28%
Temperature Coefficient of Isc	0.05%/°C						
Temperature Coefficient of Voc	-0.31%/°C						
Temperature Coefficient of Pmax	-0.35%/°C						

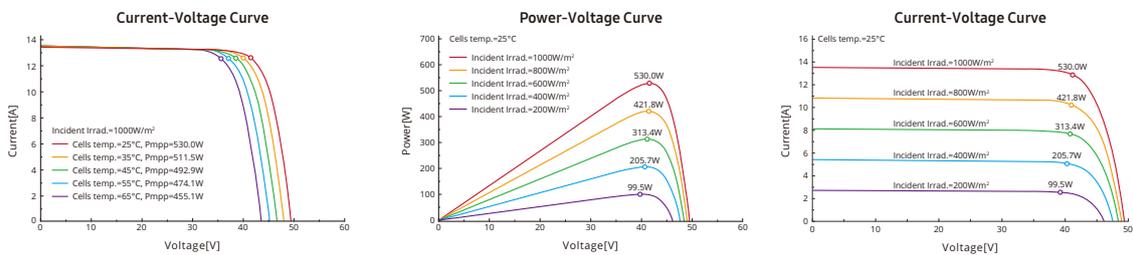
Standard Test Environment : Irradiance 1000W/m<sup>2</sup>, Cell temperature 25°C, Spectrum AM1.5

## NOCT-Electrical Characteristics

Maximum Power (Pmax)	387W	391W	394W	398W	402W	405W	409W
Open-circuit Voltage (Voc)	46.0V	46.1V	46.3V	46.5V	46.7V	46.9V	47.1V
Maximum Power Voltage (Vmp)	38.6V	38.8V	39.0V	39.2V	39.4V	39.6V	39.8V
Short-circuit Current (Isc)	10.84A	10.89A	10.94A	10.99A	11.04A	11.09A	11.13A
Maximum Power Current (Imp)	10.01A	10.06A	10.11A	10.15A	10.20A	10.24A	10.29A

Standard Test Environment : Irradiance 800W/m<sup>2</sup>, Ambient temperature 20°C, Spectrum AM1.5, Wind speed 1m/s

## I-V Curve (DHM-72X10-530W)



## 5.2 Anexo II- Folha de dados dos Microinversores APSYSTEMS:

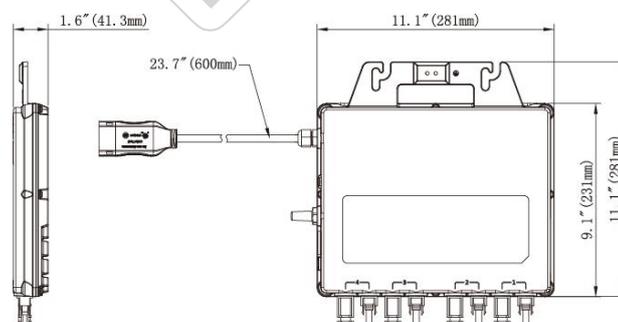


Liderando a Indústria na

Tecnologia de Microinversor



### DIMENSIONS



O QS1A APsystems é um microinversor conectado à rede em conformidade com UL 1741. Alta eficiência, alta confiabilidade do QS1 e possui 4 entradas com MPPT independentes, potência máxima de saída CA atingindo 1500W. Um quarto da quantidade de inversores e um quarto da instalação significa economia real para clientes residenciais e comerciais.

## Datasheet do Microinversor QS1A

Região	LATAM	
Modelo	QS1A-MX	QS1A-BR
<b>Dados de Entrada (DC)</b>		
Faixa recomendada de potência do módulo fotovoltaico (STC)	250Wp-440Wp+	
Faixa de Tensão do MPPT	30V-52V	
Faixa de Tensão de Operação	16V-55V	
Tensão Máxima de Entrada	60V	
Tensão de Inicialização	20V	
Corrente de curto-circuito Máxima de Entrada	13.3A×4	
Corrente DC Máxima de curto-circuito	15A×4	
<b>Dados de Saída (AC)</b>		
Máxima Potência Contínua de Saída	1500W	
Tensão Nominal de Saída	240V/211V-264V	220V/176V-242V
Faixa de Tensão Ajustável de Saída	150V-280V	
Corrente Nominal de Saída	6.25A	6.81A
Número máximo por segmento	3 unidades por disjuntor 25A	
Frequência Nominal de Saída	60Hz/59.3Hz-60.5Hz	
Faixa de Frequência Ajustável de Saída	55Hz-65Hz	
Fator de Potência	>0.99	
Distorção Harmônica Total	<3%	
Corrente máxima de falha (AC) e duração	47.3 Apk, 1.4 ms de duração	
<b>Eficiência</b>		
Eficiência Máxima	96.5%	
Eficiência Nominal MTTP	99.5%	
Consumo de Energia Noturno	30mW	
<b>Dados Mecânicos</b>		
Faixa de Temperatura Ambiente de Operação	-40°F to +149°F(-40°C to +65°C)	
Faixa de Temperatura Interna de Operação	-40°F to +185°F(-40°C to +85°C)	
Dimensões (L x A x P)	11.1" x 9.1" x 1.6"(281mm x 231mm x 41.3mm)	
Peso	9.9lbs(4.5kg)	
Corrente Máxima do Cabo Tronco	25A(12AWG)	
Classificação de Proteção	Tipo 6	IP67
Refrigeração	Convecção Natural - Sem Ventoinhas	
<b>Características</b>		
Comunicação (Inversor com ECU)	Wireless	
Tipo de Transformadores	Transformadores de Alta Frequência, Galvanicamente Isolado	
Monitoramento	Via EMA* Portal Online	
Garantia	15 anos padrão, 25 anos estendida	
<b>Certificado e Conformidade</b>		
Conformidade de Segurança e EMC	UL1741; CSA C22.2 No. 107.1-16; NOM-001-SCFI-1993	
Conformidade de conexão com a rede	IEEE1547	

\*Plataforma de Análise e Gerenciamento de Energia da APsystems (EMA)

© Todos os Direitos Reservados

Especificações sujeitas a mudanças sem aviso prévio – por favor garantir que está utilizando a versão atualizada mais recente encontrada em [www.apsystems.com](http://www.apsystems.com)

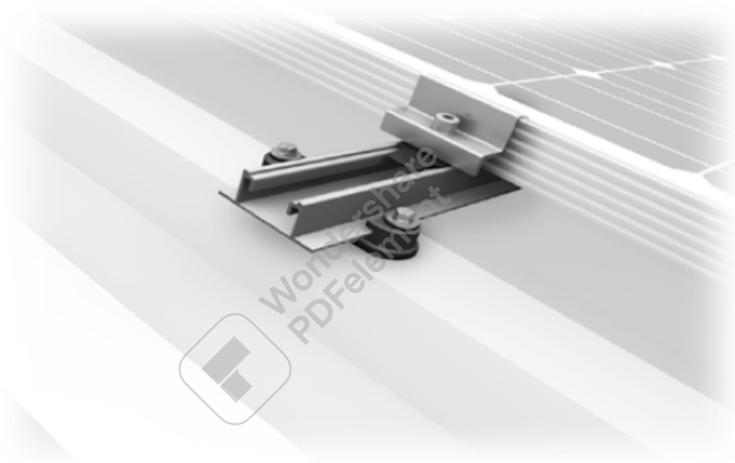
### 5.3 Anexo III- Certificado de Conformidade dos Microinversores APSYSTEMS:

Registro 002939/2020 Data Concessão 12/05/2020 Validade 12/05/2024					
Razão Social Ecori Energia Solar LTDA - 13.329.758/0001-10			Número de certificado Não aplicável!		
Endereço AV ALFREDO FOLCHINI, 1368 Cep:15081500   VILA TONINHO - São José do Rio Pret - SP			Telefone (17) 3228.1200		
E-mail ecori@ecori.com.br					
Objeto/Produto					
Programa de Avaliação da Conformidade: Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)					
Portaria: 4 de 04/01/2011					
Nome de Família: Monofásico 1500 W					
Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição	Código de barras
12/05/2020	Incluido	APsystems	QS1A	Microinversor On-Grid	



## 5.4 Anexo IV- Material na montagem da estrutura:

Mounting systems for solar technology



**K2 SYSTEMS**  
**SLOPED ROOF SYSTEMS**  
**SPEEDRAIL SYSTEM**

**SPEEDRAIL SYSTEM**

- The K2 SpeedRail system for trapezoidal sheet metal roofs
- Simple and extremely fast assembly from above with the K2 SpeedClip and K2 SpeedLock
- System rails K2 SpeedRail 22, K2 SpeedRail 36
- Very attractive price-performance ratio
- Can also be installed in cross bracing (e.g. with CrossRail)
- General technical approval Z-14.4-603 has been applied for
- CSTB certification for France
- High flexibility - for all module types



Detail illustration - SpeedRail

Technical data	
Field of application	Sloped roof of 5° - 75° roof pitch
Roofing	Minimum thickness of 0.5 mm for steel sheeting and a minimum thickness of 0.8 mm for aluminium sheeting
PV modules	Suitable for all standard module types
Module orientation	Vertical / horizontal (cross bracing with K2 AddOn)
Material	Aluminium (EN AW-6063 T66)
Connecting elements	Stainless steel screws A2-70, plastic PA66 GF35
Roof connection	Technically approved self-tapping screws with SpeedClip
Static principles	Calculation principles in accordance with Eurocode 9 - dimensioning and construction of aluminium structures,
Load assumption in accordance with	DIN EN 1991 (Eurocode 1)
System components	SpeedRail range, SpeedClip, SpeedLock, mid and end clamp sets, M K2



System Explosion drawing

## 5.5 Anexo V- Formulário de Geração Cemig:

 <b>FORMULÁRIO DE SOLICITAÇÃO DE ACESSO PARA MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA COM POTÊNCIA IGUAL OU INFERIOR A 10kW</b> Gerência de Processos Especiais de Expansão e Manutenção de Média e Baixa Tensão - EM/PE Revisão-p-31/03/2022				
<b>1 – IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA - UC</b>				
NÚMERO DO CLIENTE: 70 [REDACTED]	NÚMERO DA INSTALAÇÃO <sup>(1)</sup> : 30 [REDACTED] <small>Obs.: Caso tratar-se de ligação nova, o campo acima não deve ser preenchido.</small>			
Titular da UC: VA [REDACTED]				
Grupo <sup>(2)</sup> : <input type="checkbox"/> A <input checked="" type="checkbox"/> B Subgrupo: B2 Classe <sup>(3)</sup> : RURAL BIFÁSICO	CPF/CNPJ: 3 [REDACTED]			
Rua/Av.: [REDACTED]	Número: 99999			
Complemento CS	Bairro: AREA RURAL			
Município: D [REDACTED]	CEP: 35 [REDACTED]			
Telefone: (31) [REDACTED]	Estado: MG			
Celular: (31) [REDACTED]	E-mail: engenhariavda@gmail.com			
<b>2 – DADOS DA UNIDADE CONSUMIDORA</b>				
Localização em Coordenadas do Ponto de Conexão Com a Cemig (Ponto de Entrega) <sup>(4)</sup> : Coordenadas UTM: Fuso: 23 E (Abscissa): 736693 (6 Dígitos) N (Ordenada): 7805985 (7 Dígitos) <small>Obs.: Em caso de mudança de local, as coordenadas devem ser preenchidas considerando o novo local do ponto de entrega.</small>				
Haverá Mudança de Local do Padrão de Entrada <sup>(5)</sup> : Não <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/>				
Demanda Máxima de Carga - Consumo Próprio* (kVA) <sup>(6)</sup> : 13,2 Potência do Grupo Motor Gerador de Emergência - Diesel ou Gás (kVA) <sup>(7)</sup> : <small>*Obs.: Para alteração de carga, o campo (6) deve ser preenchido com a nova demanda informada no formulário de análise de carga.</small>				
Clientes do Grupo A (Se Aplicável): Transformador particular (kVA) <sup>(8)</sup> : 75 <input type="checkbox"/> 112,5 <input type="checkbox"/> 225 <input type="checkbox"/> 300 <input type="checkbox"/> 500 <input type="checkbox"/> 750 <input type="checkbox"/> 1000 <input type="checkbox"/> outro <input type="checkbox"/> Tipo de Subestação Conforme ND 5.3 <sup>(9)</sup> : N°1 <input type="checkbox"/> N°2 <input type="checkbox"/> N°4 <input type="checkbox"/> N°5 <input type="checkbox"/> N°8 <input type="checkbox"/>				
Tipo de Padrão de Entrada <sup>(10)</sup> : Disjuntor Individual Atual: 60A Monopolar <input type="checkbox"/> Bipolar <input checked="" type="checkbox"/> Tripolar <input type="checkbox"/> Disjuntor Individual Solicitado para Alteração de Carga <sup>(11)</sup> : A Monopolar <input type="checkbox"/> Bipolar <input type="checkbox"/> Tripolar <input type="checkbox"/> <small>No caso de agrupamento ou padrão coletivo*, informar o Disjuntor Geral do Padrão: A *Em casos exigidos pela ND 5.2</small>				
Tensão de Atendimento (V) <sup>(12)</sup> : 220	Tipo de Ramal <sup>(13)</sup> : Aéreo <input checked="" type="checkbox"/> Subterrâneo <input type="checkbox"/>			
Localização dos Módulos Solares <sup>(14)</sup> : <input checked="" type="checkbox"/> Edificação Individual <input type="checkbox"/> Edificação de Uso Coletivo (telhado coletivo ou em área comum do condomínio) <input type="checkbox"/> Edificação de Uso Coletivo (telhado independente e privativo) <input type="checkbox"/> Agrupamento				
Tipo de Solicitação <sup>(15)</sup> : <input type="checkbox"/> Ligação de Nova Unidade Consumidora COM Geração Distribuída. <input checked="" type="checkbox"/> Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente SEM Alteração de Potência Disponibilizada. <input type="checkbox"/> Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente COM Alteração de Potência Disponibilizada. <small>Obs.: Seleccione a opção acima para unidade consumidora do grupo B em caso de novo disjuntor individual informado em "Disjuntor Individual Solicitado para Alteração de Carga" ou para unidade consumidora do grupo A em caso de necessidade de alteração de demanda contratada.</small> <input type="checkbox"/> GD Existente COM Alteração de Potência Ativa Instalada Total de Geração (apenas para alteração da central geradora) Potência Atual: kW Nova Potência Total: kW				
Caracterização <sup>(16)</sup> : <input checked="" type="checkbox"/> Consumo Local <input type="checkbox"/> Autoconsumo Remoto <input type="checkbox"/> Geração Compartilhada <input type="checkbox"/> Empreendimento de Múltiplas Unidades Consumidoras				
<b>3 – DADOS DA GERAÇÃO</b>				
Potência Ativa Instalada Total de Geração (kW) <sup>(17)</sup> : 3,0				
Tipo de Fonte da Central Geradora <sup>(18)</sup> : Solar <input checked="" type="checkbox"/> Hidráulica <input type="checkbox"/> Biomassa <input type="checkbox"/> Cogeração Qualificada <input type="checkbox"/> Eólica <input type="checkbox"/> Outra <input type="checkbox"/> (especificar):				
Preencha o quadro a seguir somente se a central geradora possui <b>OUTORGA OU REGISTRO</b> . <sup>(19)</sup> Se não aplicável, mantenha os campos vazios:				
CEG de empreendimento - GGG.FF.UF.999999-9.VV	Nome da Central Geradora	Tipo do Ato de Outorga ou Registro	Número do Ato de Outorga ou Registro	Ano do Ato de Outorga ou Registro

--	--	--	--	--

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA FOTOVOLTAICA**. <sup>(20)</sup>

Potência Total Módulos (kWp)	Quantidade de Módulos	Fabricante dos Módulos*	Modelo dos Módulos*	Potência Total Inversores (kW)	Quantidade de Inversores	Fabricante do Inversor*	Modelo do Inversor*	Área dos Arranjos (m <sup>2</sup> )	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)
3,815	7	DAH SOLAR	DAH DHM72X10 -545W	3	2	ALTENERG Y POWER SYSTEMS (APSYSTE MS)	QS1A	15	1

\*ATENÇÃO: Dados de placa

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA HIDRELÉTRICA - CGH**. <sup>(21)</sup>

Potência Aparente (kVA)	Potência Instalada (kW)	Fator de Potência (Entre 0 e 1)	Tensão (kV)	Nome do Rio	Sub-Bacia	Nível Operacional Normal de Montante (metros)	Nível Operacional Normal de Jusante (metros)	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA TÉRMICA**. <sup>(22)</sup>

Combustível	Número do Despacho de qualificação	Data do Despacho	Potência Aparente (kVA)	Potência Instalada (kW)	Fator de Potência (Entre 0 e 1)	Ciclo Termodinâmico	Máquina Motriz	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

Preencher o quadro abaixo para projeto de **CENTRAL GERADORA EÓLICA**. <sup>(23)</sup>

Potência Instalada (kW)	Fabricante dos Aerogeradores	Modelo dos Aerogeradores	Quantidade de Aerogeradores	Eixo do Rotor	Altura da Pá (metros)	Qtde de Instalações a receber o crédito (Inst. geradora + Inst. receptoras)

#### 4 – DOCUMENTAÇÃO A SER ANEXADA (OBRIGATÓRIA)

- 1. Número de registro válido no conselho profissional competente do responsável técnico<sup>1</sup>.
- 2. Memorial descritivo da instalação contendo a planta de situação com indicação do local do padrão de entrada, conforme Normas Técnicas de Distribuição ND 5.1 e ND 5.2 ou indicação do local da subestação de entrada, conforme ND 5.3 e modelos disponibilizados no site da Cemig.
- 3. Diagrama unifilar contemplando geração, carga, medição e proteção (inversor, se for o caso), conforme modelo disponibilizado no site da Cemig.
- 4. Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro de concessão no Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.
- 5. Dados necessários para registro da central geradora conforme disponível no site da ANEEL, a depender do tipo de fonte.
- 6. Lista de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (se houver) indicando a porcentagem de rateio dos créditos e o enquadramento, conforme Resolução Normativa nº 482/2012.
- 7. Documento que comprove o reconhecimento, pela ANEEL, da cogeração qualificada (se houver).
- 8. Formulário de Análise de Carga, com os respectivos anexos necessários (para solicitação de Ligação Nova de Unidade Consumidora com GD ou conexão de GD com aumento ou redução de potência disponibilizada).

9. Documentos originais do titular da UC (RG ou outro documento oficial com foto e CPF) para pessoa física e, em caso de pessoa jurídica, documentos relativos à sua constituição, ao seu registro e do(s) seu(s) representante(s) legal(is).
10. Cópia do instrumento jurídico que comprove o compromisso de solidariedade entre os integrantes de consórcio, cooperativa, condomínio voluntário ou edificação ou qualquer outra forma de associação civil instituída em caso de empreendimentos de modalidade Geração Compartilhada.
11. Quando se tratar de ligações novas, apresentar documento, com data, que comprove a propriedade ou posse do imóvel onde será implantada a central geradora, conforme Art. 67 da Resolução Normativa 1000/2021.
12. Para imóveis rurais apresentar o documento de Cadastro Ambiental Rural – CAR. O CAR é um registro público eletrônico de âmbito nacional, Lei nº 12.651/2012, obrigatório para todos os imóveis rurais.
13. Documento que comprove a propriedade da unidade consumidora para a qual está sendo solicitada a ligação da central geradora particular pertencente a uma edificação coletiva ou agrupamento.
14. Documento fornecido pelo condomínio que comprove autorização de uso de área comum da edificação coletiva para instalação de central geradora de uso particular da unidade em questão.
15. Documento que comprove o direito de posse pelo proprietário da central geradora em casos de aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas.

Nota<sup>1</sup>: Os Técnicos em Eletrotécnica poderão projetar e dirigir instalações com potência até 800 kVA (Decreto nº 90.922/85).

#### 5 – CONTATO NA DISTRIBUIDORA (preenchido pela Distribuidora)

Responsável / Área: Gerência de Processos Especiais de Expansão e Manutenção de Média e Baixa Tensão - EM/PE	Endereço: Av. Barbacena, 1200, Santo Agostinho, CEP 30190-131, BH - MG
Telefone: 0800 721 0167	E-mail: GeracaoDistribuida@cemig.com.br

#### 6 – SOLICITANTE

Nome do Cliente ou Procurador Legal: V [REDACTED]	
Endereço de Correspondência: [REDACTED], 99999, CS, ÁREA RURAL - [REDACTED], MG	
Telefone: (31) [REDACTED]	E-mail: engenhariavda@gmail.com
Local e data: [REDACTED], 10 DE JUNHO DE 2022	Assinatura do Cliente/Responsável Legal: [REDACTED]

#### Notas Explicativas:

As informações contidas neste Formulário de Solicitação de Acesso devem estar em conformidade com o Diagrama Unifilar Básico e o Memorial Descritivo enviados à Cemig.

<sup>1</sup> Número da Instalação: O número da unidade consumidora na qual será instalada a geração distribuída. Caso tratar-se de ligação nova, não preencher.

<sup>2</sup> Grupo e Subgrupo: Informe o código de subgrupo aplicável conforme o nível de tensão para o grupo A ou finalidade para o grupo B.

Grupo A - grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV		Grupo B: grupamento composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV	
Subgrupo	Nível de Tensão	Subgrupo	Finalidade
A1	Igual ou superior a 230 kV	B1	Residencial
A2	88 kV a 138 kV	B2	Rural
A3	69 kV	B3	Industrial
A3a	30 kV a 44 kV	B3	Demais Classes
A4	2,3 kV a 25 kV	B4	Iluminação Pública

<sup>3</sup>Classe: Informe a classificação da unidade consumidora em Residencial, Industrial, Comercial, Rural, Poder Público, Iluminação Pública ou Serviço Público.

<sup>4</sup>Localização em Coordenadas: Informe as coordenadas da localização do ponto de entrega da energia no formato UTM Modelo: "6 dígitos numéricos, 7 dígitos numéricos". Obrigatório informar Fuso, E (Abscissa) e N (Ordenada). A central geradora deverá estar conectada a no máximo 5,0 metros da divisa da propriedade em áreas urbanas e a no máximo 30 metros da primeira estrutura na propriedade do consumidor em áreas rurais.

Site para conversão de coordenadas geográficas: <http://www.dpi.inpe.br/calcula/>. Selecione o Datum: SIRGAS2000.

Classificação: Público

<sup>5</sup>Haverá Mudança de Local do Padrão de Entrada: Informe se haverá mudança de local do padrão de entrada de energia. Na planta de situação anexada indique o novo local da medição considerando as coordenadas informadas na seção "2 – Dados da Unidade Consumidora" deste formulário e os critérios permitidos nas normas técnicas da Cemig.

<sup>6</sup>Demanda Máxima de Carga - Consumo Próprio (kVA): Valor máximo de demanda de carga consumida na Unidade Consumidora. Para os casos que não houver Demanda de Carga, conforme Ofício Circular nº 0010/2017 da ANEEL, a solução de conexão informada no Parecer de Acesso considera exclusivamente a atividade de geração, sendo o consumo da unidade no ponto de conexão nulo. Assim, deve ser solicitada nova análise de aumento de carga quando necessário.

<sup>7</sup>Grupo Motor Gerador de Emergência - Diesel ou Gás (kVA): Caso exista outra modalidade de geração, com operação em paralelo com a Cemig, e que não seja habilitada para o sistema de compensação de energia, tal como geração a diesel, ela deverá contar com disjuntor independente, com as funções de proteção ANSI conforme especificações das ND's 5.30 e 5.31.

<sup>8</sup>Transformador particular (kVA): Informe a potência instalada de transformação da subestação de entrada ou o arranjo de transformadores utilizados.

<sup>9</sup>Tipo de Subestação Conforme ND 5.3: Para a construção da subestação de entrada de média tensão o cliente deve optar por um dos tipos de subestações, considerando suas aplicações e características, que podem ser consultadas no site da Cemig pelo endereço eletrônico: [https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/nd5\\_3\\_000001p.pdf](https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/07/nd5_3_000001p.pdf)

ATENÇÃO: O uso da subestação tipo Nº1 foi descontinuado das normas Cemig, portanto NÃO é permitida para ligação de novas Unidades Consumidoras usando esse padrão de construção.

As subestações tipo Nº 5 e Nº 8 somente são aplicáveis para potências de transformação até 300 kVA e não podem ser de uso compartilhado.

<sup>10</sup>Tipo de Padrão de Entrada: Neste campo deverá ser informado a capacidade em amperes do disjuntor individual do padrão Cemig que atende à instalação. Se existir disjuntor geral, no caso de mais de uma unidade consumidora, informe a corrente nominal do disjuntor geral instalado. Caso haja modificações no padrão de entrada de uso coletivo com disjuntor geral, é necessário solicitar uma vistoria do quadro de medição coletivo antes do pedido de vistoria e conexão da GD.

<sup>11</sup>Disjuntor Solicitado para Alteração de Carga: Informe a capacidade do novo disjuntor, caso haja necessidade de alteração de carga. Vale destacar que deverá ser anexado também o formulário de alteração de carga com informações específicas.

<sup>12</sup>Tensão de Atendimento (V): Tensão nominal do ponto de conexão com a rede da concessionária.

<sup>13</sup>Tipo de Ramal: Assinalar o tipo de ramal de ligação, se aéreo ou subterrâneo, no qual a unidade consumidora será atendida.

<sup>14</sup>Localização dos Módulos Solares:

De acordo com as definições contidas nas ND's 5.1 e 5.2:

Edificação Individual: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, contendo uma única unidade consumidora.

Edificações de Uso Coletivo: É toda e qualquer construção, reconhecida pelos poderes públicos, constituída por duas ou mais unidades consumidoras, cujas áreas comuns, com consumo de energia, sejam juridicamente de responsabilidade do condomínio.

Edificações Agrupadas ou Agrupamentos: Conjunto de edificações, reconhecidas pelos poderes públicos, constituído por duas ou mais unidades consumidoras, construídas no mesmo terreno ou em terrenos distintos sem separação física entre eles e juridicamente demarcada pela prefeitura e com área de circulação comum às unidades, sem caracterizar condomínio.

De acordo com o item 3.2.2 da ND 5.30: "Conexão de microgeração particular em unidade consumidora pertencente ao empreendimento, para uso e benefício próprio desta única unidade consumidora, não envolvendo outras unidades do empreendimento: Nesta modalidade, deverá ser comprovada a propriedade do imóvel que abriga a unidade consumidora e as instalações de geração. Quando se tratar de empreendimentos com condomínio formalizado, e caso haja a utilização de áreas de uso comum para abrigar as instalações de geração, deverá ser comprovada a autorização do condomínio para utilização da área comum. Poderá ser utilizada a própria caixa de medição já existente na unidade consumidora, desde que esteja em bom estado de conservação e condições de segurança adequadas".

"Para os casos de aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas para instalação de microgeração em edificações coletivas e agrupamentos, deverá ser criada unidade consumidora adicional para conexão da central geradora e deverá ser comprovado o direito de posse do terreno, telhado ou estrutura pelo proprietário da usina. O titular da nova unidade consumidora com GD deverá ser o proprietário da usina".

Diante do exposto acima, será necessário apresentar documentação específica nos seguintes casos:

- Edificações de uso coletivo (telhado coletivo ou em área comum do condomínio): Comprovação de posse do proprietário do imóvel e autorização do condomínio.
- Edificações de uso coletivo (telhado independente e privativo): Comprovação de posse do proprietário do imóvel.
- Agrupamentos: Comprovação de posse do proprietário do imóvel.
- Aluguel, cessão ou arrendamento de áreas, telhados ou estruturas: Comprovação do direito de posse do terreno, telhado ou estrutura pelo proprietário da usina. Nestes casos será necessário criar uma unidade consumidora exclusiva para a microgeração, devendo ser provida caixa de medição adicional para abrigar o medidor bidirecional. Ao protocolar a solicitação de acesso, deve ser informado que se trata de uma ligação nova e devem ser atendidas as normas técnicas referentes a edificações coletivas (ND 5.2).

<sup>15</sup>Tipo de Solicitação:

Ligação de Nova Unidade Consumidora COM Geração Distribuída: as ligações de novas unidades consumidoras são as que podem ser caracterizadas por pontos de conexão ainda não atendidos pela concessionária. Para novas unidades consumidoras do grupo B deverá também ser anexado, no APR Web, o Formulário de Ligação Nova.

Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente SEM Alteração de Potência Disponibilizada: trata-se de conexão de GD em unidade consumidora do grupo B (que não precisará alterar o disjuntor existente) ou do grupo A (que não precisará alterar o contrato de demanda - CUSD).

Conexão de GD em Unidade Consumidora Existente COM Alteração de Potência Disponibilizada: no caso de solicitações de conexão de geração distribuída em unidade consumidora existente com alteração de potência disponibilizada, também deve ser informada a capacidade em amperes do novo disjuntor que está sendo solicitado para atendimento individual à instalação. Para unidades consumidoras do grupo B deverá também ser anexado, no APR Web, o Formulário de Análise de Carga específico para unidades individuais ou de atendimento coletivo.

GD Existente COM Alteração de Potência Ativa Instalada Total: trata-se de unidade consumidora existente na qual já possui geração distribuída e o interessado deseja alterar a potência de injeção da central geradora.

ATENÇÃO: Por potência disponibilizada (Seção 1.1, Módulo 1, da Resolução Normativa nº 956/2021), considera-se a potência que o sistema elétrico da distribuidora deve dispor para atender aos equipamentos elétricos e instalações do usuário, calculada da seguinte forma:

- a) unidade consumidora do grupo A: a demanda contratada, expressa em quilowatts (kW);
- b) unidade consumidora do grupo B: a resultante da multiplicação da capacidade nominal de condução de corrente elétrica do dispositivo de proteção geral da unidade consumidora pela tensão nominal, observado o fator específico referente ao número de fases, expressa em quilovolt-ampère (kVA). Verifique as tabelas nas normas técnicas da Cemig.

<sup>16</sup>Caracterização: Modalidade de alocação de créditos utilizada no sistema de compensação de energia elétrica.

<sup>17</sup>Potência Ativa Instalada Total de Geração (kW): Corresponde à máxima potência ativa gerada pela central geradora, em kW. Para centrais geradoras fotovoltaicas, trata-se do menor valor entre a Potência Total dos Inversores (kW) e a Potência Total dos Módulos (kWp).

Esse é o valor de referência considerado na Resolução Normativa nº 482/2012 da ANEEL e que é utilizado para enquadramento no limite de unidade consumidora caracterizada como microgeração (até 75kW).

ATENÇÃO: O usuário deve atentar-se ao disposto no Art. 353 da Resolução Normativa ANEEL nº 1000/2021:

*Art. 353. A distribuidora deve suspender imediatamente o fornecimento de energia elétrica quando for constatada deficiência técnica ou de segurança nas instalações do consumidor e demais usuários, que caracterize risco iminente de danos a pessoas, bens ou ao funcionamento do sistema elétrico.*

§ 1o Enquadram-se no caput:

(...)

*II - o aumento da geração instalada sem consulta à distribuidora, em qualquer hipótese*

<sup>18</sup>Tipo de fonte renovável de energia elétrica ou cogeração qualificada (conforme Resolução Normativa nº 235/2006) utilizada pela central geradora.

<sup>19</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD de Outorga ou Registro.

<sup>20</sup>Dados para Sistema de Registro de Geração Distribuída – SISGD - Central Geradora Fotovoltaica.

## 5.6 Anexo VI- ART do Projeto:

Página 1/1

Anotação de Responsabilidade Técnica - ART  
Lei nº 6.496, de 7 de dezembro de 1977

CREA-MG

ART OBRA / SERVIÇO  
Nº MG2022

Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais

INICIAL

**1. Responsável Técnico**

F: [REDACTED]  
 Título profissional: ENGENHEIRO ELETRICISTA RNP: 14 [REDACTED]  
 Registro: 281961MG

**2. Dados do Contrato**

Contratante: V [REDACTED] CPF/CNPJ: 3 [REDACTED]  
 SEM DEFINIÇÃO Nº: 99999  
 Complemento: CS Bairro: ÁREA RURAL  
 Cidade: D [REDACTED] UF: MG CEP: 35 [REDACTED]

Contrato: Não especificado Celebrado em:  
 Valor: R\$ [REDACTED] Tipo de contratante: Pessoa Física  
 Ação Institucional: Outros

**3. Dados da Obra/Serviço**

SEM DEFINIÇÃO Nº: 99999  
 Complemento: CS Bairro: ÁREA RURAL  
 Cidade: D [REDACTED] UF: MG CEP: 35 [REDACTED]  
 Data de Início: 09/06/2022 Previsão de término: 11/07/2022 Coordenadas Geográficas: 0, 0  
 Finalidade: RESIDENCIAL Código: Não Especificado  
 Proprietário: V [REDACTED] CPF/CNPJ: 3 [REDACTED]

**4. Atividade Técnica**

Atividade	Quantidade	Unidade
16 - Execução		
16 - Execução de instalação > ELETROTÉCNICA > INSTALAÇÕES ELÉTRICAS > DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO > #11.10.1.1 - PARA FINS RESIDENCIAIS	3.815,00	w
14 - Elaboração		
14 - Projeto > ELETROTÉCNICA > INSTALAÇÕES ELÉTRICAS > DE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM BAIXA TENSÃO > #11.10.1.1 - PARA FINS RESIDENCIAIS	3.815,00	w

Após a conclusão das atividades técnicas o profissional deve proceder a baixa desta ART

**5. Observações**

PROJETO E EXECUÇÃO DE INSTALAÇÃO DE UMA USINA SOLAR FOTOVOLTAICA DE 3,815KWp CONECTADA À REDE DE BAIXA TENSÃO DA CEMIG.

**6. Declarações**

- Declaro estar ciente de que devo cumprir as regras de acessibilidade previstas nas normas técnicas da ABNT, na legislação específica e no decreto n. 5296/2004.  
 - A Resolução nº 1.094/17 instituiu o Livro de Ordem de obras e serviços que será obrigatório para a emissão de Certidão de Acervo Técnico - CAT aos responsáveis pela execução e fiscalização de obras iniciadas a partir de 1º de janeiro de 2018. (Res. 1.094, Confrea).  
 - Cláusula Compromissória: Qualquer conflito ou litígio originado do presente contrato, bem como sua interpretação ou execução, será resolvido por arbitragem, de acordo com a Lei no. 9.307, de 23 de setembro de 1996, por meio do Centro de Mediação e Arbitragem - CMA vinculado ao Crea-MG, nos termos do respectivo regulamento de arbitragem que, expressamente, as partes declaram concordar

**7. Entidade de Classe**

- SEM INDICAÇÃO DE ENTIDADE DE CLASSE

**8. Assinaturas**

Declaro serem verdadeiras as informações acima

[REDACTED] - CPF: [REDACTED]  
 [REDACTED] - CPF: [REDACTED]

Local: [REDACTED] de [REDACTED] de 2022

**9. Informações**

\* A ART é válida somente quando quitada, mediante apresentação do comprovante do pagamento ou conferência no site do Crea.

**10. Valor**

Valor da ART: R\$ [REDACTED] Registrada em: 06/06/2022 Valor pago: R\$ [REDACTED] Nosso Número: 85 [REDACTED]

A autenticidade desta ART pode ser verificada em: <https://crea-mg.sitac.com.br/publico/>, com a chave: yB3ca  
 Impresso em: 15/06/2022 às 16:15:38 por: ip: 179.191.51.205

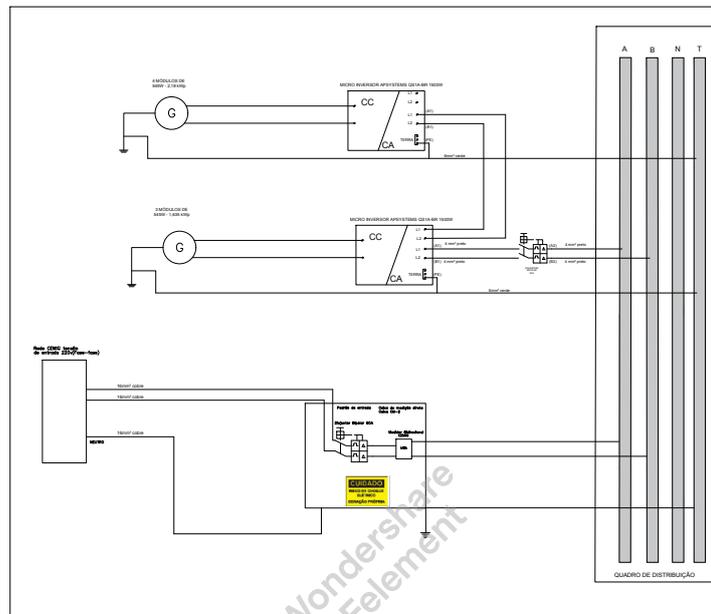
www.crea-mg.org.br  
 Tel: 0312732

crea-mg@crea-mg.org.br  
 Fax:

**CREA-MG**  
 Conselho Regional de Engenharia e Agronomia de Minas Gerais



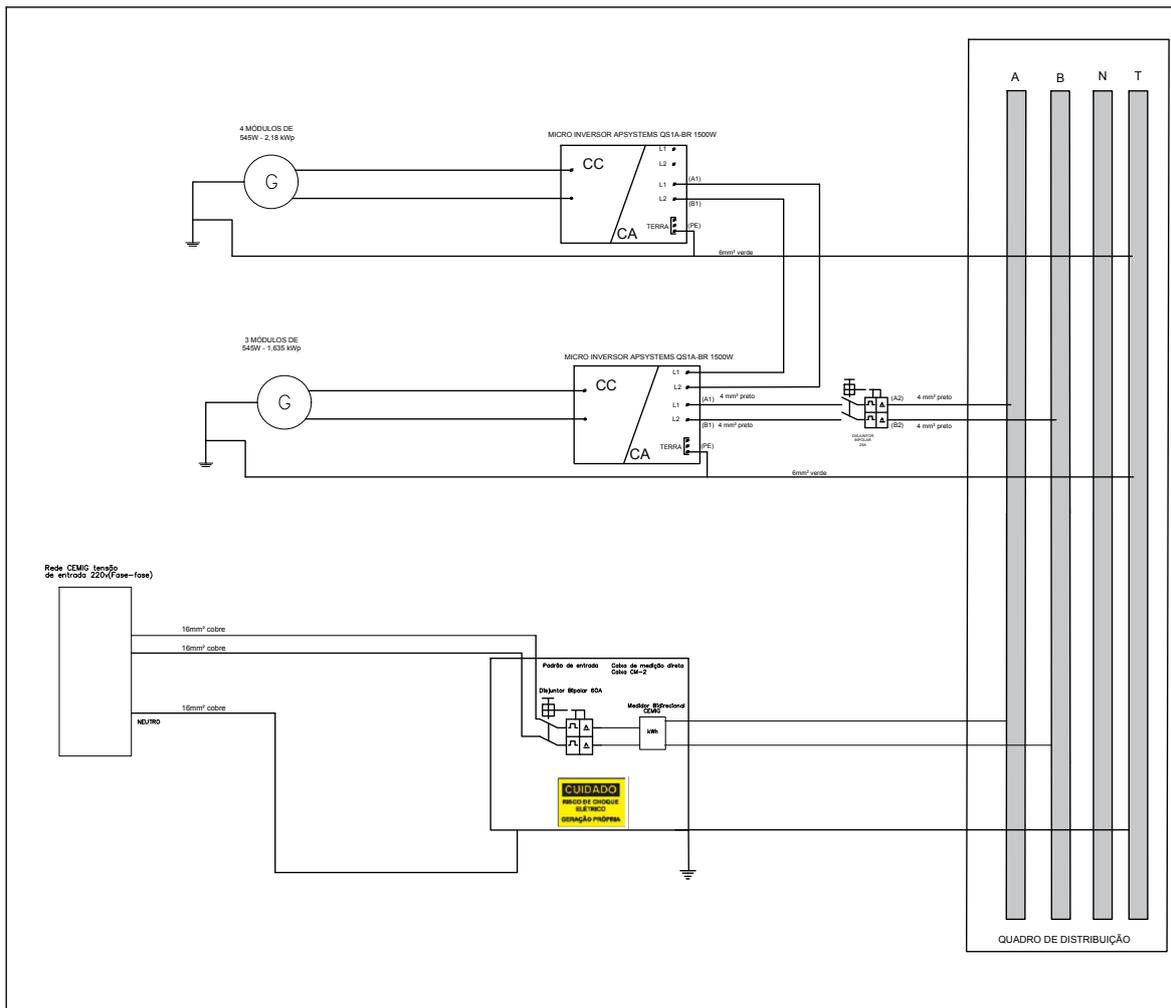
### 5.7 Anexo VII- Diagrama Elétrico do Projeto:



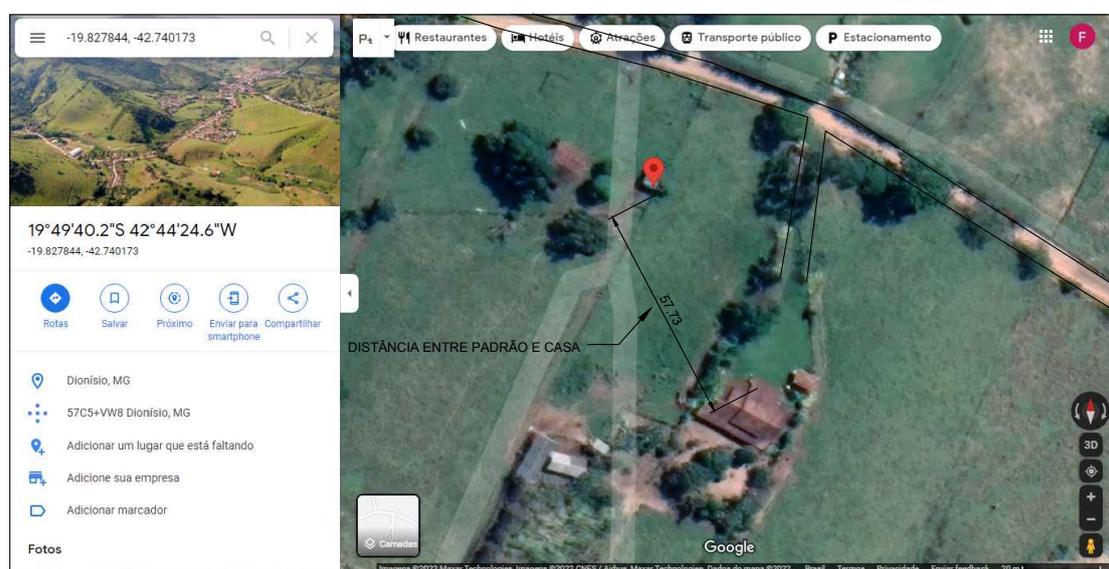
## 5.8 Anexo VIII- Planta de situação da instalação:



# ANEXO D – Diagrama Unifilar



# ANEXO E – Planta



# ANEXO F – Orçamento



VDA ENGENHARIA  
Energia Solar Fotovoltaica

---

## ORÇAMENTO

---

---

---

Validade: 7 dias

# O QUE FAZEMOS

**Somos um grupo focado na qualidade e valor de nossos projetos.**

Oferecemos serviços de instalação, manutenção, operação e monitoramento de usinas solares.

## 95%

**de redução na conta de energia**

pague somente a taxa mínima mais taxa de disponibilidade

## 3%

**de retorno mensal**

tenha, em média, 3% de retorno sobre o montante investido

### Orçamento 1 - Equipamentos e Instalação - 400kWh/mês

Modelo das placas	DAH SOLAR 545W
Número de placas	7
Modelo dos inversores	MICROINVERSORES APSYSTEMS QS1A-BR
Número de inversores	2
Potência de pico (kWp)	3,815
Área necessária (m <sup>2</sup> )	14,14
Energia (kWh/ano)	4800
Energia (kWh/mês)	400
Custo - equipamentos	R\$ 14.442,06
Custo - instalação	R\$ 3.700,00
<b>Custo Total do projeto</b>	<b>R\$ 18.142,06</b>

O orçamento apresentado acima visa suprir o consumo total de energia, gerando, consequentemente, uma significativa redução na fatura de energia do cliente.

Pode ocorrer a variação de alguns equipamentos e o seu valor pois, dependendo da disponibilidade do fornecedor, os materiais a serem comprados podem sofrer alterações, porém, visamos sempre focar na qualidade e no valor dos produtos a serem instalados.



Figura 1 - Inversor utilizado



Figura 2 - Placa utilizada

### Retorno do Investimento

Levando-se em consideração o valor apresentado neste orçamento, é feita uma simulação do tempo necessário para se ter todo o montante investido de volta, além de se ter um acréscimo na renda acumulada do cliente.

Assim sendo, a tabela a seguir descreve o tempo necessário e o valor acumulado do retorno deste investimento durante um período de 25 anos, levando em conta os valores atuais da tarifa de energia elétrica, desconsiderando reajustes.

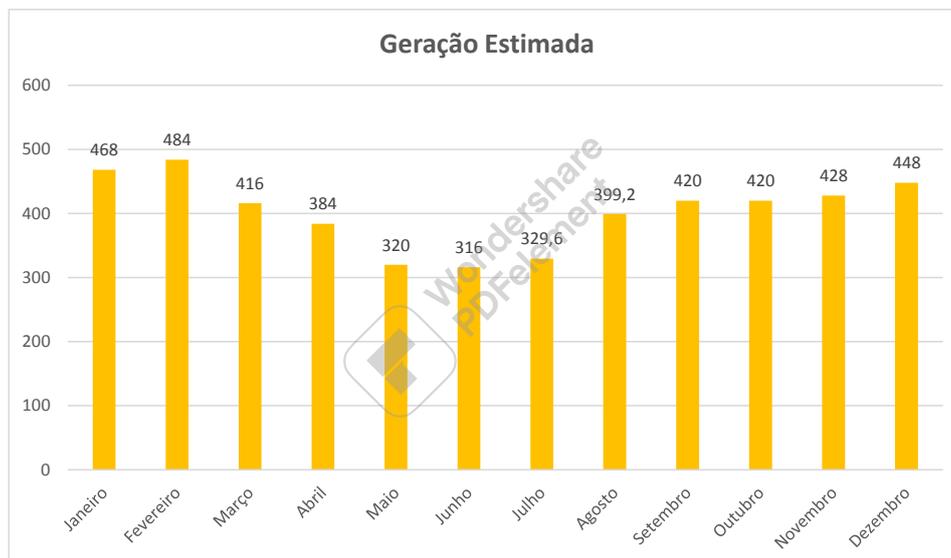
Valor do kWh:	R\$ 1,13	Geração média mensal:	400
Consumo médio mensal:	400	Investimento inicial:	R\$ 18.142,06

Gasto com energia acumulado em 25 anos		Retorno acumulado do investimento em 25 anos		Geração e consumo estimados do cliente		
Ano 1	R\$ 5.424,00	Ano 1	-R\$ 12.718,06	Mês	Geração	Consumo
Ano 2	R\$ 10.848,00	Ano 2	-R\$ 7.294,06	Janeiro	468	400
Ano 3	R\$ 16.272,00	Ano 3	-R\$ 1.870,06	Fevereiro	484	400
Ano 4	R\$ 21.696,00	Ano 4	R\$ 3.553,94	Março	416	400
Ano 5	R\$ 27.120,00	Ano 5	R\$ 8.977,94	Abril	384	400
Ano 6	R\$ 32.544,00	Ano 6	R\$ 14.401,94	Maiο	320	400
Ano 7	R\$ 37.968,00	Ano 7	R\$ 19.825,94	Junho	316	400
Ano 8	R\$ 43.392,00	Ano 8	R\$ 25.249,94	Julho	329,6	400
Ano 9	R\$ 48.816,00	Ano 9	R\$ 30.673,94	Agosto	399,2	400
Ano 10	R\$ 54.240,00	Ano 10	R\$ 36.097,94	Setembro	420	400
Ano 11	R\$ 59.664,00	Ano 11	R\$ 41.521,94	Outubro	420	400
Ano 12	R\$ 65.088,00	Ano 12	R\$ 46.945,94	Novembro	428	400
Ano 13	R\$ 70.512,00	Ano 13	R\$ 52.369,94	Dezembro	448	400
Ano 14	R\$ 75.936,00	Ano 14	R\$ 57.793,94	Média	402,7333	400
Ano 15	R\$ 81.360,00	Ano 15	R\$ 63.217,94	Total	4832,8	4800
Ano 16	R\$ 86.784,00	Ano 16	R\$ 68.641,94			
Ano 17	R\$ 92.208,00	Ano 17	R\$ 74.065,94			
Ano 18	R\$ 97.632,00	Ano 18	R\$ 79.489,94			
Ano 19	R\$ 103.056,00	Ano 19	R\$ 84.913,94			
Ano 20	R\$ 108.480,00	Ano 20	R\$ 90.337,94			
Ano 21	R\$ 113.904,00	Ano 21	R\$ 95.761,94			
Ano 22	R\$ 119.328,00	Ano 22	R\$ 101.185,94			
Ano 23	R\$ 124.752,00	Ano 23	R\$ 106.609,94			
Ano 24	R\$ 130.176,00	Ano 24	R\$ 112.033,94			
Ano 25	R\$ 135.600,00	Ano 25	R\$ 117.457,94			

Como mostrado na tabela anterior, referente à geração e ao consumo do cliente, percebe-se que os valores referentes à geração sofrem uma certa variação durante o ano. Isto se deve aos fatores como temperatura, sombreamento, orientação, inclinação e sujeira dos módulos, que fazem com que, no decorrer do ano, haja essa variação.

É válido ressaltar que a empresa não garante a produção de energia se as limpezas nos módulos e nos equipamentos não forem feitas de forma adequada e com uma correta periodicidade, além de outros fatores, que possam vir a causar sombreamento nos módulos.

O gráfico, a seguir, mostra como seria o comportamento da geração de energia no decorrer de 1 ano.



#### Serviços Adicionais:

Como serviços adicionais para o projeto de sua usina, oferecemos, também, um pacote inicial de benefícios para todos os clientes da VDA Engenharia:

- 2 limpezas (uma a cada 6 meses);
- Monitoramento wi-fi;
- Relatório de geração trimestral;
- 2 inspeções físicas da montagem;
- Controle dos sistemas auxiliares da usina;
- Controle de vegetação que possa causar sombreamento nos módulos.