

**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiano

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E QUALIDADE DE
ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA DE
MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA REDE DE
BAIXA TENSÃO**

Klinsmann Carvalho Vicente Martins

Instituto Federal Goiano
Campus Trindade
28 de fevereiro de 2023

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Klinsmann Carvalho Vicente Martins

Matrícula:

2018108202640235

Título do trabalho:

Estudo de Implantação e Qualidade de Energia Elétrica do Sistema de Microgeração Fotovoltaica na Rede de Baixa Tensão

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: **24 /02 / 2022**

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

gov.br Documento assinado digitalmente
KLINSMANN CARVALHO VICENTE MARTINS
Data: 22/02/2023 18:48:12-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Trindade
Local

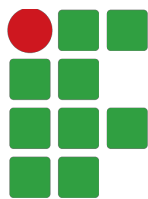
22 /02 / 2023
Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinado de
forma digital por
José Alberto
Gobbes Cararo
Dados:
2023.02.24
20:38:29 -03'00'

Assinatura do(a) orientador(a)



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiano

**ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E QUALIDADE DE
ENERGIA ELÉTRICA DO SISTEMA DE
MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA REDE DE
BAIXA TENSÃO**

Klinsmann Carvalho Vicente Martins

Trabalho de Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia Elé-
trica, orientada pelo Me. José Al-
berto Gobbes Cararo e coorientada
pelo Dr. Geovanne Pereira Furriel.

Instituto Federal Goiano
Campus Trindade
28 de fevereiro de 2023

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

M386e Martins, Klinsmann Carvalho Vicente
ESTUDO DE IMPLANTAÇÃO E QUALIDADE DE ENERGIA
ELÉTRICA DO SISTEMA DE MICROGERAÇÃO FOTOVOLTAICA NA
REDE DE BAIXA TENSÃO / Klinsmann Carvalho Vicente
Martins; orientador Me. José Alberto Gobbes Cararo;
co-orientador Dr. Geovanne Pereira Furriel. --
Trindade, 2023.
115 p.

TCC (Graduação em Bacharelado em Engenharia
Elétrica) -- Instituto Federal Goiano, Campus
Trindade, 2023.

1. Qualidade de Energia. 2. Microgeração
fotovoltaica. 3. Sistema de distribuição. I. Cararo,
Me. José Alberto Gobbes, orient. II. Furriel, Dr.
Geovanne Pereira , co-orient. III. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 4/2023 - CE-TRI/GE-TRI/CMPTRI/IFGOIANO

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Ao(s) 14 dia(s) do mês de Fevereiro de 2023, às 15 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes: José Alberto Gobbes Cararo (orientador), Geovanne Pereira Furriel (coorientador), Cleber Asmar Ganzaroli (membro), Roberto Bessa de Araujo (membro), para examinar o Trabalho de Curso intitulado “Estudo de Implantação e Qualidade de Energia Elétrica do Sistema de Microgeração Fotovoltaica na Rede de Baixa Tensão” do estudante Klinsmann Carvalho Vicente Martins, Matrícula nº 2018108202640235 do Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica do IF Goiano – Campus Trindade. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata que segue assinada pelos membros da Banca Examinadora.

(Assinado Eletronicamente)

José Alberto Gobbes Cararo
Orientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Geovanne Pereira Furriel
Coorientador(a)

(Assinado Eletronicamente)

Cleber Asmar Ganzaroli
Membro

(Assinado Eletronicamente)

Roberto Bessa de Araujo

Membro

Documento assinado eletronicamente por:

- Cleber Asmar Ganzaroli, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/02/2023 11:11:24.
- Geovanne Pereira Furriel, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/02/2023 11:09:35.
- Jose Alberto Gobbes Cararo, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 15/02/2023 10:11:43.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 10/02/2023. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 465711

Código de Autenticação: d34a050129



INSTITUTO FEDERAL GOIANO

Campus Trindade

Av. Wilton Monteiro da Rocha. Setor Cristina II, None, None, TRINDADE / GO, CEP 75380-000

(62) 3506-8000

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais e meus avós que nunca duvidaram da minha capacidade, e sempre me deram força de vontade para batalhar e buscar meu espaço no mundo, nunca deixando eu desistir, por mais difícil que fosse. Aos meus amigos que nestes anos de curso compartilharam seus conhecimentos e agregaram ainda mais para a minha formação. Ao meu orientador Me. José Alberto Gobbes e meu professor Geovanne P. Furriel, que me auxiliaram brilhantemente neste trabalho compartilhando suas experiências e conhecimentos, para que fosse possível a finalização do meu TCC.

RESUMO

Com a crescente urbanização, cada vez mais unidades consumidoras são conectadas aos sistemas de distribuição de energia. Com o surgimento da geração distribuída, as unidades consumidoras tornaram-se unidades geradoras, desta forma, a preocupação com a qualidade da energia do sistema tornou-se crucial. Isto posto, este trabalho desenvolve os passos necessários para a implantação do sistema de geração distribuída fotovoltaica junto a concessionária de distribuição, analisando as etapas para a homologação do sistema na rede de distribuição da concessionária de energia do estado de Goiás, com foco na qualidade de energia elétrica. Sendo assim, o objetivo geral do trabalho é nortear a homologação e instalação do sistema de microgeração distribuída fotovoltaica e verificar se após a conexão com a rede de distribuição são mantidos os parâmetros de qualidade de energia dispostos no módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica (PRODIST). No trabalho, as etapas de homologação envolvem: i) documentação, ii) submissão do projeto, iii) instalação do sistema, iv) vistoria e v) qualidade de energia. Os dados do sistema são coletados utilizando analisador de energia em campanha amostral de 7 dias consecutivos, com intervalo de 10 minutos entre cada leitura, totalizando 1008 leituras. Como resultados, as metodologias utilizadas na homologação, instalação e análise da qualidade de energia foram satisfatórias, comprovado pela aprovação do parecer de acesso e da vistoria realizada pela concessionária. Além disto, todos os dados coletados pelo analisador de energia demonstraram que os parâmetros do sistema estão em conformidade com o módulo 8 do PRODIST.

Palavras-chave: 1. Qualidade de Energia 2. Microgeração fotovoltaica 3. Sistema de distribuição.

IMPLEMENTATION STUDY AND QUALITY OF ELECTRIC ENERGY OF THE SYSTEM OF PHOTOVOLTAIC MICROGENERATION IN THE GRID LOW TENSION

ABSTRACT

With increasing urbanization, more and more consumer units are connected to energy distribution systems. With the emergence of distributed generation, consumer units have become generating units, thus the concern with the quality of the system's energy has become crucial. In this way, this work develops the necessary steps for the implementation of the photovoltaic distributed generation system with the distribution concessionaire, analyzing the steps for the homologation of the system in the ENEL-GO distribution network, focusing on the quality of electric energy. Therefore, the general objective of the work is to guide the homologation and installation of the photovoltaic distributed microgeneration system and to verify if, after the connection with the distribution grid, the energy quality parameters outlined in module 8 of the Electricity Distribution Procedures (PRODIST) are maintained. At work, the approval stages involve: i) documentation, ii) project submission, iii) system installation, iv) inspection, and v) power quality. System data are collected using an energy analyzer in a sampling campaign of 7 consecutive days, with a 10-minute interval between each reading, totaling 1008 readings. As a result, the methodologies used in approval, installation and analysis of energy quality were satisfactory, as evidenced by the approval of the access report and the inspection carried out by the concessionaire. In addition, all data collected by the energy analyzer demonstrated that the system parameters are in compliance with PRODIST module 8.

Keywords: Power quality. Photovoltaic microgeneration. Distribution system.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Faixas de tensão em relação a de referência.	8
2.2 Triângulo das Potências.	9
3.1 Agentes e consumidores do sistema elétrico brasileiro.	21
3.2 Princípio básico de uma célula fotovoltaica.	25
3.3 Células de silício monocristalino.	25
3.4 Células de silício policristalino.	26
3.5 Diagrama de blocos para implementação da técnica de MPPT.	27
3.6 Sistema de compensação de energia elétrica no Brasil.	29
3.7 Procedimentos e etapas de acesso.	32
4.1 Procedimentos utilizados na execução do sistema solar.	35
4.2 Etapas de montagem.	41
5.1 Acesso a página do profissional CREA-GO.	47
5.2 Etapa 01 do preenchimento da ART.	47
5.3 Etapa 02 do preenchimento da ART.	48
5.4 Etapa 03 do preenchimento da ART.	48
5.5 Etapa 04 do preenchimento da ART.	49
5.6 Local onde é disponibilizado o boleto da ART para pagamento.	50
5.7 Local onde está localizada as ART registradas.	50
5.8 Dados do inversor.	51
5.9 Dados do módulo.	51
5.10 Recorte do certificado internacional do inversor.	52
5.11 Certificação do INMETRO para os módulos de 450W.	52
5.12 Detalhe genérico da medição existente.	55
5.13 Placa de advertência de geração distribuída no circuito.	56
5.14 Tipo de projeto.	57
5.15 Cadastro projeto.	57
5.16 Envio dos documentos.	58
5.17 Envio do projeto.	58
5.18 Aprovação do projeto.	59
5.19 Estrutura solar para telha metálica.	60
5.20 Conexão <i>leap-frog</i> dos módulos fotovoltaicos.	61
5.21 Placas montadas e circuito CC encaminhado até o inversor.	61

5.22	Montagem finalizada do quadro de proteção CA, inversor e da placa de advertência.	62
5.23	Solicitação de Vistoria de Mini e Microgeradores.	63
5.24	Documentos para solicitação de vistoria de Mini e Microgeradores.	64
5.25	Conexão do analisador de energia.	65
5.26	Tensão RMS.	66
5.27	Faixas de tensão em relação à tensão de referência.	66
5.28	Fator de Potência.	67
5.29	Distorção harmônica total de tensão (DTT).	68
5.30	Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3 ($DTT_p\%$).	68
5.31	Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3 ($DTT_i\%$).	69
5.32	Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3 ($DTT_3\%$).	70
5.33	Desequilíbrio de tensão.	70
5.34	Variação de frequência.	71

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
2.1 Indicadores das distorções harmônicas.	10
2.2 Limites das distorções harmônicas totais.	11
2.3 Limites para o indicador de desequilíbrio de tensão.	12
2.4 Limites para flutuação de tensão.	13
2.5 Classificação das VTCD.	15
2.6 Tabela para recolhimento de parâmetros de amplitude e duração para contabilização de eventos de VTCD.	16
2.7 Registro dos níveis de sensibilidade das diversas cargas.	17
2.8 F_{ponde} e FI_{BASE} de acordo com a tensão nominal.	18
3.1 Cobrança parcial dos componentes tarifários.	30
3.2 Requisitos mínimos do ponto de conexão da microgeração e minigeração distribuída.	31
4.1 Documentos exigidos para conexão de microgeração Grupo B na concessionária ENEL.	36
5.1 Levantamento feito na visita técnica.	46
5.2 Capacidade de condução de corrente para cabos instalados em temperatura ambiente de 60 °C.	53
5.3 Lista de materiais utilizados na montagem do sistema fotovoltaico.	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMT	– Afundamento Momentâneo de Tensão
ANEEL	– Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	– Anotação de Responsabilidade Técnica
AT	– Alta Tensão
ATT	– Afundamento Temporário de Tensão
BT	– Baixa Tensão
CA	– Corrente Alternada
CC	– Corrente Contínua
CREA	– Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
DRC	– Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica
DRP	– Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária
DUB	– Diagrama Unifilar Básico
EA	– Energia Ativa
EAT	– Extra Alta Tensão
EMUC	– Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras
EMT	– Elevação Momentânea de Tensão
ER	– Energia Reativa
ETT	– Elevação Temporária de Tensão
EUA	– Estados Unidos da America
FP	– Fator de Potência
GC	– Geração Centralizada
GD	– Geração Distribuída
GE	– <i>General Electric</i>
IEEE	– Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IFG	– Instituto Federal de Goiás
IMT	– Interrupção Momentânea de Tensão
ITT	– Interrupção Temporária de Tensão
kV	– Quilovolt
kVA	– Quilovolt-ampere
kVAr	– Quilovolt-ampere-reactivo
kW	– Quilowatt
kWh	– Quilowatt-hora
MPPT	– Maximum Power Point Tracking
MT	– Média Tensão
n _{lc}	– número de leituras situadas na faixa crítica
n _{lp}	– número de leituras situadas na faixa precária
ONS	– Operador Nacional do Sistema Elétrico
P	– Potência
P	– Potência ativa
PRODIST	– Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional
pu	– por unidade
Q	– Potência reativa

QEE	–	Qualidade de Energia Elétrica
RN	–	Resolução Normativa
RNP	–	Registro Nacional Profissional
SCEE	–	Sistema de Compensação de Energia Elétrica
SDBT	–	Sistema de Distribuição em Baixa Tensão
SICAP	–	Sistema de Controle de Análise de Projetos
SIN	–	Sistema Interligado Nacional
<i>TR</i>	–	Tensão de Referência
TUSD	–	Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição
TUST	–	Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão
UC	–	Unidade Consumidora
UTM	–	Universal Transverso de Mercator
VTCD	–	Variações de Tensão de Curta Duração
V	–	Tensão
W	–	Watt

LISTA DE SÍMBOLOS

Δ_{ADINF}	–	Variação adequada inferior
Δ_{PRINF}	–	Variação precária inferior
Δ_{ADSUP}	–	Variação adequada superior
Δ_{PRSUP}	–	Variação precária superior
V_h	–	Tensão harmônica de ordem h
V_1	–	Tensão fundamental medida
$DIT_h\%$	–	Distorção harmônica individual de tensão de ordem h
$DTT\%$	–	Distorção harmônica total de tensão
$DTT_p\%$	–	Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplos de 3
$DTT_i\%$	–	Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3
$DTT_3\%$	–	Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3
$DTT95\%$	–	Valor do indicador $DTT\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas
$DTT_p95\%$	–	Valor do indicador $DTT_p\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas
$DTT_i95\%$	–	Valor do indicador $DTT_i\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas
$DTT_395\%$	–	Valor do indicador $DTT_3\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas
$FD\%$	–	Fator de desequilíbrio de tensão
V_-	–	Magnitude da tensão eficaz de sequência negativa na frequência fundamental
V_+	–	Magnitude da tensão eficaz de sequência positiva na frequência fundamental
V_{ab}, V_{bc} e V_{ca}	–	Magnitudes das tensões eficazes de linha na frequência fundamental
$FD95\%$	–	Valor do indicador $FD\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas
P_{st}	–	Representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa associados à flutuação de tensão verificada num período contínuo de 10 minutos
P_{lt}	–	Representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa associados à flutuação de tensão verificada num período contínuo de 2 horas
$P_{st}95\%$	–	Representa o valor do indicador P_{st} que foi superado em apenas 5% das 1.008 leituras válida
P_i	–	Nível de flutuação de tensão que foi excedido durante i% do tempo, em que i vai de 0 a 50
V_n	–	Tensão nominal
V_e	–	Amplitude do evento de VTCD
f_e	–	Frequência de ocorrência dos eventos de VTCD
FI_{BASE}	–	Fator de impacto base
V_{res}	–	Tensão residual do evento de VTCD
V_{ref}	–	Tensão de referência

t_f	–	Instante final do evento de VTCD
t_i	–	Instante inicial do evento de VTCD
n	–	Quantidade de eventos de VTCD registrados no período de avaliação
I_B	–	Corrente de projeto
I_{SCMOD}	–	Corrente de curto-circuito do módulo
SSA	–	Número total de séries fotovoltaicas conectadas em paralelo
I_n	–	Corrente nominal

SUMÁRIO

Pág.

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO 2 Qualidade de energia elétrica	5
2.1 Qualidade de Energia Elétrica	5
2.2 Agência Reguladora de Energia Elétrica	5
2.3 PRODIST Módulo 8	6
2.3.1 Variações de tensão em regime permanente	7
2.3.2 Fator de potência	8
2.3.3 Distorções harmônicas	9
2.3.4 Desequilíbrio de tensão	12
2.3.5 Flutuação de tensão	13
2.3.6 Variação de frequência	14
2.3.7 Variação de tensão de curta duração	14
2.4 Normas internacionais	18
2.5 Considerações Finais	19
CAPÍTULO 3 Geração fotovoltaica	21
3.1 Caracterização do sistema elétrico brasileiro	21
3.2 Tarifa de distribuição de energia elétrica	22
3.2.1 Grupo A	23
3.2.2 Grupo B	23
3.3 Energia fotovoltaica no Brasil	24
3.4 Captação e conversão	24
3.5 Geração distribuída	27
3.6 Resolução Normativa N ^o 482	28
3.7 Lei N ^o 14300 de 06/01/2022	30
3.8 PRODIST módulo 3	30
3.9 Considerações Finais	33
CAPÍTULO 4 Metodologia	35

4.0.1	Sistema de Microgeração Fotovoltaica	35
4.1	Etapas e documentação para a homologação do sistema fotovoltaico	35
4.1.1	Visita	36
4.1.2	Documentação do cliente e da unidade consumidora	37
4.1.3	ART	37
4.1.4	Procuração	37
4.1.5	Projeto elétrico	37
4.1.6	Memorial descritivo	38
4.1.7	Formulário de solicitação de acesso	38
4.1.8	Certificado da concessão do INMETRO para inversores	39
4.1.9	Folha de dados do inversor e dos módulos fotovoltaicos	39
4.1.10	Formulário de dados para registro da central geradora	39
4.2	Submissão do projeto	39
4.3	Instalação do sistema fotovoltaico	40
4.4	Solicitação de vistoria do sistema	41
4.4.1	Vistoria do sistema	42
4.5	Qualidade de energia	42
4.5.1	Parâmetros do Módulo 8 do PRODIST	42
4.6	Considerações Finais	44
CAPÍTULO 5 Resultados		45
5.1	Sistema de minigeração fotovoltaica	45
5.1.1	Visita	45
5.1.2	Documentação do cliente e da unidade consumidora	46
5.1.3	ART	46
5.1.4	Procuração	50
5.1.5	Folha de dados do inversor e módulos fotovoltaicos	50
5.1.6	Projeto elétrico	53
5.1.7	Memorial descritivo, solicitação de acesso e registro da central geradora	56
5.2	Submissão do projeto	56
5.3	Instalação do sistema fotovoltaico	58
5.4	Solicitação e vistoria do sistema	62
5.5	Qualidade de energia	64
5.5.1	Parâmetros de qualidade de energia	65
5.6	Considerações Finais	71
CAPÍTULO 6 Conclusão		73

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
ANEXO A - Folha de dados do inversor	81
ANEXO B - Folha de dados do módulo	107
ANEXO C - Prancha aprovada	111
ANEXO D - Parecer de acesso.	115

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira conta com capacidade instalada de 179.366MW com cerca de 60,9% de geração hidrelétrica. Na forma em que o sistema de geração de energia elétrica está distribuído, em um cenário de estiagem, as usinas hidrelétricas enfrentam escassez de matéria-prima, sendo necessário o acionamento das termelétricas, sistema caro e utilizado somente em casos de necessidade extrema, implicando diretamente no preço do kWh (ONS, 2022a).

Em 2001, o Brasil passou por manobra de corte programado para redução do consumo de energia elétrica, visando a redução do risco de colapso elétrico, isto devido à baixa dos níveis dos reservatórios das hidrelétricas e a alta demanda das termelétricas (FEARNSIDE, 2018). Como forma de evitar problemas futuros devido à dependência hídrica e, simultaneamente, explorar a matriz energética disponível, o governo passou a investir e incentivar a utilização das energias renováveis, limpas e sustentáveis, como a energia eólica e a energia solar (UNEP, 2022).

Através da Resolução Normativa (RN) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) nº 482/2012 o consumidor passou a ter o direito de possuir um sistema de Geração Distribuída (GD), podendo gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada, além de poder fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (ANEEL, 2022a). Por se tratar de sistema de geração de energia e por conter sistema de compensação de créditos, foi disposto no módulo 03 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST) os requisitos para conexão de microgeração (sistemas com até 75 kW) e minigeração distribuída (sistemas maiores que 75 kW e menores que 5 MW). Para que se mantenha a qualidade da energia elétrica na distribuição, uma vez que o sistema é interligado com a rede de distribuição, é necessário que este obedeça aos limites dispostos no módulo 08 do PRODIST (ANEEL, 2022b).

No Brasil, a energia solar representa cerca de 3,7% da capacidade instalada de energia elétrica, sendo que em 2021 o país ocupou o 4º lugar no quesito crescimento em energia solar fotovoltaica (EXAME, 2022). No início da implantação dos sistemas fotovoltaicos, a capacidade instalada de energia solar era advinda dos sistemas de Geração Centralizada (GC) com potência instalada maior que 5MW, mas a partir de 2019, a GD com potência limitada até 5MW passou a representar dois terços da energia solar no país (NEXO, 2022; ONS, 2022a).

May et al. (2016) em seu trabalho, traz o estudo de caso de sistema fotovoltaico conectado na baixa tensão, sendo analisado a qualidade de energia do sistema com relação as distorções harmônicas de corrente. Utilizando para medição um analisador de energia, conectado ao sistema por um período de 14 dias, realizou a coleta de dados para comparativo com os limites descritos na ABNT NBR 16149.

Borges et al. (2019) por sua vez, utilizou o sistema solar fotovoltaico do Instituto Federal de Goiás (IFG), campus Itumbiara, conectado ao sistema de média tensão, para análise dos parâmetros de distúrbios harmônicos e distúrbios de tensão conforme disposto no módulo 8 do PRODIST, visando analisar tecnicamente a qualidade da energia elétrica do sistema. Por sua vez, Dantas e Apolonio (2018) fazem a análise dos parâmetros dispostos no módulo 8 do PRODIST em sistema fotovoltaico de baixa tensão conectado à rede, utilizando a leitura realizada por analisador de energia durante o período de leitura de um dia.

Analisando os trabalhos expostos, é reconhecido a relevância do tema, com estudos referentes a implementação e determinação da qualidade do sistema de geração fotovoltaica conectado ao sistema de baixa tensão. Uma vez que a aplicação nos trabalhos é na geração do sistema já implantado, estes não contemplam o acompanhamento da homologação e instalação do sistema conforme regras da distribuidora, para certificação de que os dados obtidos nas leituras de análise de qualidade de energia não sofreram intervenção devido a incompatibilidades do sistema. Além disto, nenhum dos trabalhos mencionados contempla a coleta dos dados conforme o que é disposto no módulo 8 do PRODIST. Desta forma, tem-se como hipótese que, se o sistema fotovoltaico for implementado seguindo todas as etapas de homologação exigidas pela distribuidora de energia, a análise da qualidade de energia elétrica do sistema estará em conformidade com o disposto no módulo 8 do PRODIST.

O presente trabalho colabora para formação pessoal do discente, além de contribuir profissionalmente elucidando os passos para homologação e os parâmetros utilizados na implantação do sistema fotovoltaico, como também, mensurando a qualidade da geração do sistema. Em conjunto, os resultados desse trabalho contribuem para o meio acadêmico no embasamento de futuros trabalhos sobre análise da qualidade de energia conforme o PRODIST.

Diante do crescimento da geração distribuída fotovoltaica é importante o estudo da homologação e instalação destes sistemas, bem como da qualidade de energia gerada em sistemas interligados à rede. Desta forma, o objetivo geral do trabalho é acompanhar a homologação e instalação do sistema de microgeração distribuída

fotovoltaica, realizado por uma empresa do ramo, e averiguar se após a conexão com a rede de distribuição são mantidos os parâmetros dispostos no módulo 8 do PRODIST para a qualidade de energia. Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos: i) descrever os principais passos utilizados na empresa para homologação do sistema de microgeração distribuída junto à concessionária de energia elétrica; ii) verificar os procedimentos e etapas de acesso; iii) descrever a instalação do sistema executado pela empresa; iv) listar os principais materiais utilizados na instalação do sistema; v) descrever os passos para a solicitação da vistoria do sistema por parte da concessionária; vi) realizar a leitura dos dados de geração do sistema, após interligado com a rede de distribuição, e comparar estes dados com os limites dispostos no módulo 8 do PRODIST.

Este trabalho está estruturado da seguinte forma. O segundo e terceiro capítulo são de referenciais teóricos necessários para homologação, instalação e conexão do sistema de microgeração distribuída fotovoltaica, acompanhado de componentes essenciais para o sistema fotovoltaico e limites descritos para a qualidade de energia no Brasil. No quarto capítulo são dispostas as metodologias referentes a homologação e instalação do sistema, além dos passos para a parametrização e conexão do analisador de energia. O quinto capítulo apresenta os resultados obtidos em cada passo, tanto na homologação quanto na montagem do sistema fotovoltaico seguido dos dados obtidos através da campanha amostral com analisador de energia. Por fim, o sexto capítulo apresenta as conclusões do trabalho.

CAPÍTULO 2

Qualidade de energia elétrica

Este capítulo trata dos conceitos necessários para a fundamentação do trabalho, no que diz respeito a qualidade de energia. Inicia-se conceituando o termo Qualidade de Energia Elétrica (QEE) e, em sequência, aborda-se a agência responsável por fiscalizar e designar os parâmetros a serem seguidos, referentes ao setor elétrico. Em seguida, discute-se os indicadores dispostos no módulo 8 do PRODIST para a regularização da qualidade de energia.

2.1 Qualidade de Energia Elétrica

A qualidade de um sistema se relaciona diretamente com a com o formato de uma onda senoidal, onde atribui-se uma maior ou menor qualidade de acordo com o grau de pureza em que a onda se encontra. Para isso tem-se padrões a serem seguidos para que haja a outorga do termo, no qual trazem os níveis toleráveis de cada ponto essencial para plenitude do conjunto (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Com relação à energia elétrica, tem-se que a qualidade do sistema x é relacionada aos fenômenos eletromagnéticos, caracterizando a forma de onda da tensão e da corrente para um determinado momento. Para que estes fenômenos sejam amenizados, seguir os padrões estabelecidos fazem com que a eficiência do sistema se mantenha em um nível onde, tanto a vida útil quanto a resposta entregue sejam as melhores (KAGAN et al., 2009). A baixa qualidade de energia elétrica está relacionada ao não cumprimento dos padrões estabelecidos em normas, o que acarreta em problemas, como: i) danos em equipamentos; ii) diminuição da vida útil dos equipamentos e iii) problemas no fornecimento de energia elétrica (DECKMANN; POMILIO, 2017).

Os equipamentos eletrônicos vêm se tornando vilões no que se refere a qualidade de energia, e isto se dá pelo fato de distorcerem as formas de onda, gerando uma poluição na rede de energia. As sensibilidades dos equipamentos à qualidade da energia entregue são variáveis, desta forma, havendo a discordância dos parâmetros estabelecidos em norma, os equipamentos não produzem como deveriam e apresentam menor durabilidade (BONEBERG et al., 2017).

2.2 Agência Reguladora de Energia Elétrica

No Brasil, a ANEEL é responsável por regularizar o setor elétrico, estando vinculada ao ministério de minas e energia. Sendo criada através da Lei nº 9.427/1996 e do

Decreto nº 2.335/1997, suas atividades começaram a partir do ano de 1997 sendo atreladas a: i) regular a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica; ii) fiscalizar, diretamente ou mediante convênios com órgãos estaduais, as concessões, as permissões e os serviços de energia elétrica; iii) implementar as políticas e diretrizes do governo federal relativas à exploração da energia elétrica e ao aproveitamento dos potenciais hidráulicos; iv) estabelecer tarifas e v) dirimir as divergências, na esfera administrativa, entre os agentes e os consumidores, além de promover as atividades de outorgas de concessão, permissão e autorização de empreendimentos e serviços de energia elétrica, por delegação do governo federal (MANOEL et al., 2018).

2.3 PRODIST Módulo 8

Para a regulamentação do setor elétrico a ANEEL dispõe de requisitos para a interligação em seu sistema, com este propósito a Resolução Normativa ANEEL nº 345/2008 estabeleceu o PRODIST. Hoje em sua 11ª revisão, em vigor desde 1º de janeiro de 2022, revogando as resoluções anteriores sobre o tema, está a Resolução Normativa ANEEL nº 956/2021.

A finalidade do PRODIST é padronizar as atividades do sistema de distribuição de energia elétrica, relacionando o funcionamento e o desempenho. Condicionando a interação das concessionárias ou serviço público de distribuição, no qual estão inclusas as linhas de distribuição inferiores a 230kV, em Baixa Tensão (BT), Média Tensão (MT) e Alta Tensão (AT) (MENDONÇA et al., 2020).

O PRODIST é distribuído em 11 módulos: i) Módulo 1 - Introdução; ii) Módulo 2 - Planejamento da Expansão do Sistema de Distribuição; iii) Módulo 3 - Conexão ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica); iv) Módulo 4 - Procedimentos Operativos do Sistema de Distribuição; v) Módulo 5 - Sistemas de Medição e Procedimentos de Leitura; vi) Módulo 6 - Informações Requeridas e Obrigações; vii) Módulo 7 - Cálculo de Perdas na Distribuição; viii) Módulo 8 - Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica; ix) Módulo 9 - Ressarcimento de Danos Elétricos; x) Módulo 10 - Sistema de Informação Geográfica Regulatorio e xi) Módulo 11 - Fatura de Energia Elétrica e Informações Suplementares.

A qualidade da energia elétrica no Brasil se dá pelo módulo 8 do PRODIST, no qual o foco é a implementação dos níveis aceitos para que se mantenha a qualidade do fornecimento de energia elétrica. Nele é estabelecido procedimentos aplicáveis para qualidade de energia elétrica na distribuição, referenciando a qualidade do produto,

serviço e comercial (MANOEL et al., 2018). A qualidade do produto está associado a parâmetros que afetam a onda de tensão, e no intuito de medir e estabelecer níveis para os fenômenos que atingem diretamente a qualidade do sistema, são estabelecidos os seguintes eventos:

- Para fenômenos de regime permanente são analisados: i) variações de tensão em regime permanente; ii) fator de potência; iii) harmônicos; iv) desequilíbrio de tensão; v) flutuação de tensão e vi) variação de frequência.
- Para fenômenos de regime transitório: i) Variações de Tensão de Curta Duração (VTCD).

O módulo 8 traz consigo definições de valores aceitáveis para o fornecimento e consumo da energia elétrica, deixando-se de tratar a qualidade da energia como uma concepção e agregando valores para os parâmetros tratados como influenciadores na forma da onda de tensão, no qual se considera dentro dos parâmetros os sistemas que se mantêm no que é definido para cada ponto de análise nos indicadores de qualidade (BONEBERG et al., 2017).

2.3.1 Variações de tensão em regime permanente

A conformidade da tensão em regime permanente se dá pela comparação da medição realizada de forma apropriada, com os níveis especificados pelo PRODIST como adequados para haver a conformidade do sistema, o que nada mais é do que uma aferição do percentual de variação da onda de tensão em determinado instante de tempo, aferida entre pontos de conexão com a distribuidora, entre as próprias distribuidoras e entre as distribuidoras e as unidades consumidoras, no qual se têm indicadores que fornecem o nível da variação da tensão aceitos pelo PRODIST (PAIVA, 2022).

Para a classificação de tensão de atendimento o PRODIST classifica em faixas conforme a tensão de referência, no qual os níveis se dividem como ilustrado na Figura 2.1, onde: i) tensões adequadas são aquelas que se mantêm entre $(TR - \Delta_{ADINF})$ e $(TR + \Delta_{ADSUP})$; ii) tensões precárias são aquelas compreendidas no intervalo $(TR + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP})$ ou $(TR - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF})$ e $(TR - \Delta_{ADINF})$; iii) tensões críticas são aquelas acima de $(TR + \Delta_{ADSUP} + \Delta_{PRSUP})$ ou abaixo de $(TR - \Delta_{ADINF} - \Delta_{PRINF})$; onde: TR é a tensão de referência, Δ_{ADINF} é a variação adequada inferior, Δ_{PRINF} é a variação precária inferior, a variação adequada superior é representada pelo Δ_{ADSUP} , e o Δ_{PRSUP} representa a variação precária superior.

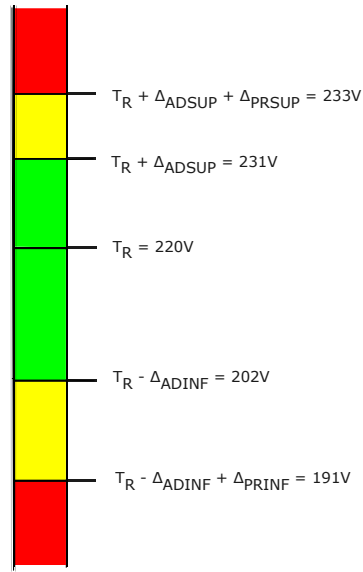


Figura 2.1 - Faixas de tensão em relação a de referência.

Para os indicadores individuais de tensão em regime permanente é calculado a Duração Relativa da Transgressão de Tensão Precária (DRP), e a Duração Relativa da Transgressão de Tensão Crítica (DRC), sendo necessárias 1008 leituras válidas com intervalos de 10 minutos entre cada leitura, o que é equivalente a 168 horas ou 7 dias consecutivos. Após as leituras calcula-se os dois indicadores, conforme as equações (2.1) e (2.2), onde nlp é maior valor entre as fases do número de leituras situadas na faixa precária e nlc é maior valor entre as fases do número de leituras situadas na faixa crítica (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

$$DRP = \frac{nlp}{1008} \times 100[\%] \quad (2.1)$$

$$DRC = \frac{nlc}{1008} \times 100[\%] \quad (2.2)$$

São indicadas no PRODIST as faixas limites aceitas para os indicadores individuais de tensão em regime permanente, onde para o DRP o valor é fixado em 3% e para o DRC este valor é definido em 0,5% (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

2.3.2 Fator de potência

O Fator de Potência (FP) é um indicador do nível de eficiência energética do sistema, no qual tem-se a relação entre a potência que de fato o sistema está utilizando, a

potência ativa, e a potência potência reativa. A resultante da soma destes dois fatores, ilustrados na Figura 2.2, é conhecida como a potência aparente, sendo a entregue e cobrada pelas concessionárias (DAPPER et al., 2020).

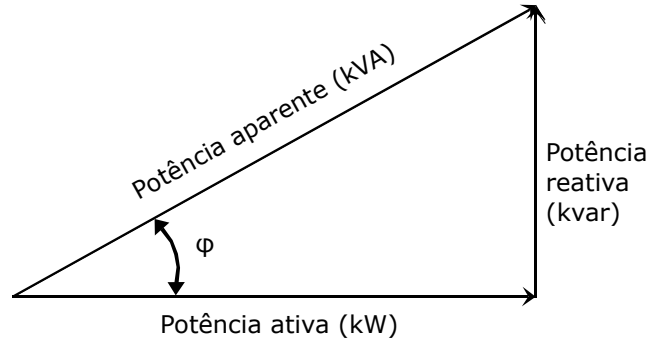


Figura 2.2 - Triângulo das Potências.

Para o cálculo do fator de potência descrito no PRODIST é utilizado os valores das potências ativas e reativas registrados nas leituras, sendo descritas duas maneiras para o cálculo, conforme as equações (2.3) e (2.4).

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (2.3)$$

$$FP = \frac{EA}{\sqrt{EA^2 + ER^2}} \quad (2.4)$$

Onde: i) FP é o fator de potência; ii) P é a potência ativa; iii) Q é a potência reativa; iv) EA é a energia ativa; e v) ER é a energia reativa.

Os valores aceitos pelo PRODIST para o FP estão contidos entre 0,92 e 1,00 indutivo, ou 1,00 e 0,92 capacitivo, considerado para unidades consumidoras do grupo A ou ponto de conexão entre distribuidoras com tensão inferior a 230kV.

2.3.3 Distorções harmônicas

As harmônicas são frequências múltiplas inteiras originadas da frequência fundamental, que no Brasil é 60Hz. As harmônicas são classificadas em ordens conforme o número de vezes que a frequência da harmônica é múltipla da fundamental, quando o

valor da frequência fundamental é multiplicado por um valor par esta é classificada como de ordem par, e ímpares quando o multiplicando se trata de um valor ímpar, desta forma são coordenadas segundo o múltiplo que as dão origem (DANTAS, 2020). Os indicadores de distorções harmônicas são exemplificados no módulo 8 conforme disposto na Tabela 2.1, onde para a obtenção dos parâmetros exige-se 1008 leituras para que a amostra seja válida, com intervalos de 10 minutos entre cada uma delas. Para a obtenção dos indicadores é necessário que seja feito o cálculo de cada um conforme equações (2.5) a (2.9), onde V_h é a tensão harmônica de ordem h, e V_1 é a tensão fundamental medida.

Descrição	Símbolo
Distorção harmônica individual de tensão de ordem h	$DIT_h\%$
Distorção harmônica total de tensão	$DTT\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3	$DTT_p\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3	$DTT_i\%$
Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3	$DTT_3\%$
Valor do indicador $DTT\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas	$DTT_{95\%}$
Valor do indicador $DTT_p\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas	$DTT_{p,95\%}$
Valor do indicador $DTT_i\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas	$DTT_{i,95\%}$
Valor do indicador $DTT_3\%$ que foi superado em apenas 5% das 1008 leituras válidas	$DTT_{3,95\%}$

Tabela 2.1 - Indicadores das distorções harmônicas.

$$DIT_h\% = \frac{V_h}{V_1} \times 100[\%] \quad (2.5)$$

Onde: h é a ordem harmônica individual.

$$DTT\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_{max}} V_h^2}}{V_1} \times 100[\%] \quad (2.6)$$

Onde: i) h são todas as ordens harmônicas de 2 até h_{max} ; e ii) h_{max} é a ordem harmônica máxima, conforme classe do equipamento de medição utilizado (classe A

ou S, onde a classe A consegue fazer a leitura de mais ordens harmônicas do que um equipamento de classe S).

$$DTT_P\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{h_p} V_h^2}}{V_1} \times 100[\%] \quad (2.7)$$

Onde: i) h são todas as ordens harmônicas pares, não múltiplas de 3; e ii) h_p é a máxima ordem harmônica par, não múltipla de 3.

$$DTT_i\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=5}^{h_i} V_h^2}}{V_1} \times 100[\%] \quad (2.8)$$

Onde: i) h são todas as ordens harmônicas ímpares, não múltiplas de 3; e ii) h_i é a máxima ordem harmônica ímpar, não múltipla de 3.

$$DTT_3\% = \frac{\sqrt{\sum_{h=3}^{h_3} V_h^2}}{V_1} \times 100[\%] \quad (2.9)$$

Onde: i) h são todas as ordens harmônicas múltiplas de 3; e ii) h_3 é a máxima ordem harmônica múltipla de 3.

Para as distorções harmônicas totais, o módulo 8 dispõe de fronteiras para os indicadores, onde é relacionando os limites conforme a porcentagem da tensão fundamental, disposto na Tabela 2.2.

Indicador	Tensão nominal (V_n)		
	$V_n \leq 2,3\text{kV}$	$2,3\text{kV} < V_n < 69\text{kV}$	$69\text{kV} \leq V_n < 230\text{kV}$
DTT95%	10,0%	8,0%	5,0%
DTT_p 95%	2,5%	2,0%	1,0%
DTT_i 95%	7,5%	6,0%	4,0%
DTT_3 95%	6,5%	5,0%	3,0%

Tabela 2.2 - Limites das distorções harmônicas totais.

A tabela 2.2 relaciona os valores das distorções harmônicas, considerado o máximo

recomendado para o sistema, com os valores de tensão fundamental da rede de distribuição, que vão de $2,3kV$ ao valor de $230kV$.

2.3.4 Desequilíbrio de tensão

O desequilíbrio de tensão ocorre quando a onda de tensão se difere em amplitude ou em defasagem da onda de origem, isso se dá para as três fases que compõem o sistema trifásico (TORREZAN et al., 2019). Para a indicação do nível de distorção do sistema tem-se o $FD\%$, que é o indicador comparado com os níveis dispostos como limite no PRODIST. Para o cálculo do indicador, utiliza-se a equação (2.10), ou através de uma maneira alternativa dada pela equação (2.11). O cálculo do β mencionado na fórmula do indicador do fator de desequilíbrio, é feito de acordo com a Equação (2.12).

$$FD\% = \frac{V_-}{V_+} \times 100[\%] \quad (2.10)$$

Onde: i) $FD\%$ é o fator de desequilíbrio de tensão; ii) V_- é a magnitude da tensão eficaz de sequência negativa na frequência fundamental; e iii) V_+ é a magnitude da tensão eficaz de sequência positiva na frequência fundamental.

$$FD\% = 100 \sqrt{\frac{1 - \sqrt{3 - 6\beta}}{1 + \sqrt{3 - 6\beta}}} [\%] \quad (2.11)$$

$$\beta = \frac{V_{ab}^4 + V_{bc}^4 + V_{ca}^4}{(V_{ab}^2 + V_{bc}^2 + V_{ca}^2)^2} \quad (2.12)$$

Onde: V_{ab} , V_{bc} e V_{ca} são as magnitudes das tensões eficazes de linha na frequência fundamental.

Para a equiparação dos valores obtidos com os parâmetros estabelecidos como máximos para o fator de desequilíbrio, utiliza-se os valores dispostos na Tabela 2.3.

Indicador	Tensão nominal (Vn)	
	$V_n \leq 2,3kV$	$2,3kV < V_n < 230kV$
FD95%	3,0%	2,0%

Tabela 2.3 - Limites para o indicador de desequilíbrio de tensão.

A tabela 2.3 indica os valores máximos para o indicador de desequilíbrio de fase, onde é analisado a faixa de tensão de distribuição que varia de 2,3kV a 230kV.

2.3.5 Flutuação de tensão

A flutuação da tensão trata-se de uma desestabilização na forma de onda, que remete diretamente em modificações no valor eficaz. Geralmente essas flutuações são resultados de modificações rápidas nas potências ativas e reativas das cargas elétricas. O objetivo da obtenção dos níveis de qualidade da tensão do sistema é avaliar o incômodo provocado por este efeito, geralmente causado por cargas industriais (MELO, 2022).

Os indicadores utilizados para a aferição da flutuação, são: i) P_{st} ; ii) P_{It} ; iii) $P_{st95\%}$. O P_{st} é responsável por indicar os níveis de cintilação luminosa agregados à flutuação de tensão, em que a verificação na leitura dos dados ocorre em um período de 10 minutos consecutivos, o P_{It} é responsável por indicar os níveis de cintilação luminosa agregados à flutuação de tensão, onde a verificação na leitura dos dados ocorre em períodos de 2 horas consecutivas, e o $P_{st95\%}$ indica o valor do Pst que foi superado em 5% das 1008 leituras válidas (DISTRIBUIÇÃO, 2022). Utiliza-se para os cálculos dos indicadores P_{st} e P_{It} as equações (2.13) e (2.14), e para a comparação dos valores obtidos, com os limites impostos, temos os valores dispostos na Tabela 2.4.

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,028P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (2.13)$$

Onde: P_i é o nível de flutuação de tensão que foi excedido durante $i\%$ do tempo, em que i vai de 0 a 50.

$$P_{It} = \sqrt[3]{\frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} (P_{st_i})^3} \quad (2.14)$$

Indicador	Tensão nominal (V_n)		
	$V_n \leq 2,3kV$	$2,3kV < V_n < 69kV$	$69kV \leq V_n < 230kV$
$P_{st95\%}$	1,0pu	1,5pu	2,0pu

Tabela 2.4 - Limites para flutuação de tensão.

A tabela 2.4 corresponde ao máximo valor do indicador de flutuação correspondente ao nível de tensão que está sendo feita a coleta das amostras.

2.3.6 Variação de frequência

A frequência é um valor nominal no qual a frequência fundamental do sistema é especificada. Sua precisão é essencial para o sistema, uma vez que, havendo uma discrepância nos valores entregues, poderá ocasionar, dentre elas, a perda da vida útil e a fadiga dos equipamentos (RODINO, 2020). Para a variação da frequência é estabelecido parâmetros no qual o seu valor deve ser contido entre os intervalos determinados e pelo tempo máximo estabelecido.

É determinado que para operação os níveis limites de frequência devem ser situados entre $59,9Hz$ e $60,1Hz$. Quando há a ocorrência de um distúrbio, as instalações de geração devem garantir a estabilização da frequência no intervalo de tempo de 30 segundos, contando a partir do momento que ocorreu o distúrbio, retornando para o valor de $59,5Hz$ a $60,5Hz$, para haver o equilíbrio entre a carga e a geração (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

Durante distúrbios ocorridos no sistema de distribuição a frequência deve se comportar de tal forma que não exceda $66Hz$ e não seja inferior a $56,5Hz$, permanecendo acima de $62Hz$ por no máximo 30 segundos e acima de $63,5Hz$ por no máximo 10 segundos. E como último critério a frequência pode permanecer inferior a $58,5Hz$ por um tempo de até 10 segundos e abaixo de $57,5Hz$ por até 5 segundos (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

2.3.7 Variação de tensão de curta duração

Para análise da qualidade de energia em regime transitório, é descrito no módulo 8 a Variação de Tensão de Curta Duração (VTCD), que são variações consideráveis na amplitude da onda de tensão eficaz, constituído em um intervalo menor que 3 minutos (OLIVEIRA, 2018). A VTCD é dividida conforme disposto na Tabela 2.5, utilizando como indicadores para o evento: i) a amplitude do evento (V_e); ii) duração do evento (Δt_e); iii) frequência de ocorrência dos eventos (f_e); e iv) Fator de Impacto (FI) e o Fator de Impacto base (FI_{BASE}). O cálculo dos indicadores associados com a VTCD são obtidos conforme as equações (2.15) a (2.17).

Classificação	Denominação	Duração da Variação	Amplitude da tensão
Variação Momentânea de Tensão	Interrupção Momentânea de Tensão (IMT)	Inferior ou igual a 3 segundos	Inferior a 0,1p.u
	Afundamento Momentâneo de Tensão (AMT)	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9p.u
	Elevação Momentânea de Tensão (EMT)	Superior ou igual a 1 ciclo e inferior ou igual a 3 segundos	Superior a 1,1p.u
Variação Temporária de Tensão	Interrupção Temporária de Tensão (ITT)	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Inferior a 0,1p.u
	Afundamento Temporário de Tensão (ATT)	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Superior ou igual a 0,1 e inferior a 0,9p.u
	Elevação Temporária de Tensão (ETT)	Superior a 3 segundos e inferior a 3 minutos	Superior a 1,1p.u

Tabela 2.5 - Classificação das VTCD.

$$V_e = \frac{V_{res}}{V_{ref}} \times 100[\%] \quad (2.15)$$

Onde: i) V_e é a amplitude do evento de VTCD (dado em %); ii) V_{res} é a tensão residual do evento de VTCD (dado em Volts); e iii) V_{ref} é a tensão de referência (dado em Volts).

$$\Delta t_e = t_f - t_i \quad (2.16)$$

Onde: i) Δt_e é a duração do evento de VTCD (dado em milissegundos); ii) t_f é o instante final do evento de VTCD; e iii) t_i é o instante inicial do evento de VTCD.

$$f_e = n \quad (2.17)$$

Onde: i) f_e é a frequência de ocorrência dos eventos de VTCD; e ii) n é a quantidade de eventos de VTCD registrados no período de avaliação.

Os dados obtidos nos eventos de VTCD referentes a sua duração e amplitude devem ser organizados conforme Tabela 2.6, para a contabilização dos eventos. Posterior-

mente, após o preenchimento, os dados contidos na Tabela 6 são usados para correlacionar os indicadores com regiões de sensibilidade do evento, disposto na Tabela 2.7.

Amplitude (pu)	Duração						
	[16,67ms - 100ms]	(100ms - 300ms]	(300ms - 600ms]	(600ms - 1seg]	(1seg - 3seg]	(3 seg - 1min]	(1min - 3min)
>1,15							
(1,10 - 1,15]							
(0,85 - 0,90)							
(0,80 - 0,85]							
(0,70 - 0,80]							
(0,60 - 0,70]							
(0,50 - 0,60]							
(0,40 - 0,50]							
(0,30 - 0,40]							
(0,20 - 0,30]							
(0,10 - 0,20]							
≤ 0,10							

Tabela 2.6 - Tabela para recolhimento de parâmetros de amplitude e duração para contabilização de eventos de VTCD.

Amplitude (pu)	Duração						
	[16,67ms - 100ms]	(100ms - 300ms]	(300ms - 600ms]	(600ms - 1seg]	(1seg - 3seg]	(3 seg - 1min]	(1min - 3min)
>1,15	Região H			Região I			
(1,10 - 1,15]							
(0,85 - 0,90)	Região A			Região A			
(0,80 - 0,85]				Região G			
(0,70 - 0,80]	Região B	Região D		Região F			
(0,60 - 0,70]							
(0,50 - 0,60]	Região C						
(0,40 - 0,50]							
(0,30 - 0,40]	Região E						
(0,20 - 0,30]							
(0,10 - 0,20]							
≤ 0,10							

Tabela 2.7 - Registro dos níveis de sensibilidade das diversas cargas.

Para o cálculo do FI_{BASE} é necessário que seja feito o somatório dos produtos dos fatores de ponderação pelas frequências máximas de ocorrência em um período de 30 dias de VTCD para cada região de sensibilidade disposto na Tabela 2.7 (DISTRIBUIÇÃO, 2022). O fator FI, responsável por representar a incidência dos eventos, é calculado conforme a equação (2.18), e os valores máximos para a aferição da qualidade de energia é feito com o fator de ponderação F_{pond} , e com o FI_{BASE} conforme disposto na Tabela 2.8, Onde: i) f_{ei} é a Consecutividade de ocorrência dos eventos, coletadas de forma apropriada, aferido em um período de 30 dias consecutivos, calculado para cada região de sensibilidade, onde $i = A, B, C, D, E, F, G, H$ e I; ii) F_{pond_i} é o fator de ponderação para cada região de sensibilidade i , estabelecido de acordo com a relevância do evento, correlacionando sua amplitude e duração, e iii) FI_{BASE} é o Fator de Impacto base.

$$FI = \frac{\sum_{i=A}^I (f_{ei} \times f_{pond_i})}{FI_{BASE}} \quad (2.18)$$

Região de Sensibilidade	Fator de Ponderação	Base do Fator de Impacto	
		2,3kV < Vn < 69kV	69kV ≤ Vn < 230kV
A	0,00	2,13	1,42
B	0,04		
C	0,07		
D	0,15		
E	0,25		
F	0,36		
G	0,07		
H	0,07		
I	0,04		

Tabela 2.8 - F_{ponde} e FI_{BASE} de acordo com a tensão nominal.

A Tabela 2.8 faz a ponderação dos valores de F_{pond} correlacionando com as regiões de sensibilidade, além de delimitar os valores máximos para o fator de impacto base conforme a tensão nominal.

2.4 Normas internacionais

Internacionalmente são utilizadas outras normas para a gestão da qualidade de energia, como a norma EN50160, utilizada na comunidade europeia, visando definir e retratar os valores da tensão de alimentação, tais como: i) frequência; ii) amplitude e iii) forma de onda e simetria das tensões trifásicas. Esta norma retrata uma extensa possibilidade de medições no que se refere a qualidade de energia, no qual fazem parte: i) afundamentos e picos de tensão; ii) interrupções e iii) assimetria e *flicker* (AGREDA et al., 2018) .

Nos Estados Unidos da America (EUA) utiliza-se a norma do Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE), intitulada IEEE 519, como referência para perturbações harmônicas. A norma fornece orientações sobre os níveis toleráveis, além de tratar das distorções tanto de tensão quanto de corrente, com atenção especial à corrente de carga. Para a monitoração e a apuração dos fenômenos que causam problemas de qualidade de energia é utilizado a norma IEEE 1159 (CARARO et al., 2018).

No que se refere ao âmbito mundial, utiliza-se para instauração de parâmetros para o fornecimento, uso e consumo de energia, em organizações industriais, comerciais e institucionais, a ISO50001, encarregada de permitir que as organizações implementem os sistemas e processos necessários para melhorar a eficiência energética (PEREIRA, 2020). Além destas, existem diversas normas utilizadas para o gerenci-

amento e gestão da qualidade da energia elétrica, como: i) IEC 61000-4-7 referente as harmônicas; ii) IEC 61000-4-15 no que diz respeito a *flicker*; iii) IEC 61000-4-30 para os métodos de medição de qualidade de energia e iv) EN 50160 e a IEEE 519 referente a realização de medições no ponto de conexão à rede (IEEE STANDARDS, 2022).

2.5 Considerações Finais

Este capítulo dedicou-se a captação de informações referentes ao significado e efeitos da qualidade para sistemas elétricos, e conforme trabalhada tanto nacionalmente quanto internacionalmente, com foco nos indicadores estabelecidos nacionalmente pela agência reguladora responsável. A ANEEL com o módulo 8 do PRODIST estabelece os parâmetros considerados para análise da qualidade da energia e os indicadores de cada parâmetro, sendo estabelecido um limite para cada um deles. Com o entendimento sobre a regularização da qualidade de energia, como próximo passo é necessário identificar as características do sistema elétrico brasileiro e como o sistema de geração distribuída fotovoltaico é implementado em conjunto com o sistema tarifário existente, para ser possível a verificação das etapas de acesso ao sistema de distribuição da concessionária, trabalhando também o método de funcionamento e composição do sistema fotovoltaico.

CAPÍTULO 3

Geração fotovoltaica

Este capítulo aborda a geração fotovoltaica no Brasil. Primeiramente, é apresentado levantamento dos responsáveis pelo controle da qualidade de energia do sistema de distribuição e os parâmetros e limites estabelecidos. Em seguida, são analisados os métodos de operação do sistema elétrico brasileiro e as características e funcionamento do sistema de geração fotovoltaico. São incluídas informações sobre formas de distribuição da energia elétrica, classificação dos grupos consumidores e método de tarifação utilizado. Além disso, são abordadas a situação atual da geração fotovoltaica no Brasil, formas de captação e conversão da energia solar, características de mini e microgeração fotovoltaica e normas vigentes que regulamentam a conexão destes sistemas ao sistema de distribuição.

3.1 Caracterização do sistema elétrico brasileiro

O setor elétrico brasileiro está ramificado em três atividades preponderantes como ilustra a Figura 3.1, os quais fazem parte: i) geração; ii) transmissão e iii) distribuição. A primeira etapa é a geração que consiste em produzir energia elétrica a partir das usinas: i) hidrelétrica; ii) eólica; iii) solar; iv) biomassa; v) maremotriz; vi) geotérmica; vii) combustíveis fósseis e viii) nuclear. Posteriormente, após a geração, a energia gerada nas usinas é transportada, onde temos a etapa na qual a tensão é elevada, devido a grandes perdas energéticas durante o caminho percorrido. No último estágio temos os centros de distribuição, onde a tensão é rebaixada para ser distribuída para os consumidores finais (KAGAN; OLIVEIRA; ROBBA, 2005) (KAGAN et al., 2005).

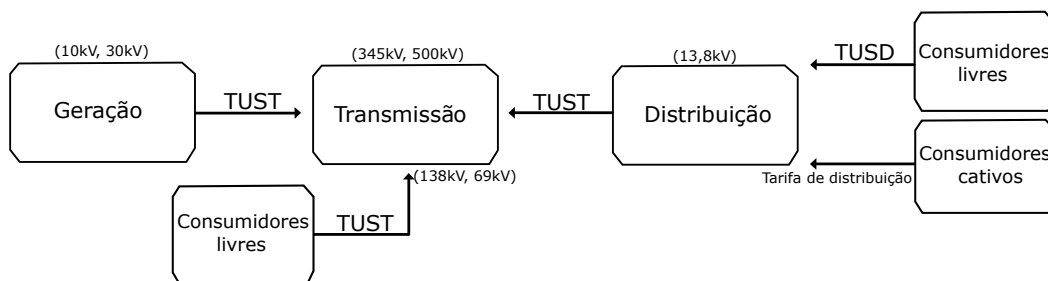


Figura 3.1 - Agentes e consumidores do sistema elétrico brasileiro.

Onde: i) a sigla TUST significa Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão; e ii) a sigla TUSD significa Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição.

O processo de geração de energia elétrica nas grandes usinas apresenta uma tensão de saída dos geradores que varia entre 6 a 25kV. Na etapa de transmissão, a tensão é elevada para valores que incluem 138kV, 230kV, 345kV, 440kV e 765kV, sendo adotado no Brasil as faixas de transmissão de corrente alternada. Na subtransmissão, são utilizadas faixas de tensão menores, como 69kV, 88kV e 138kV, chegando às subestações de distribuição onde a tensão é rebaixada para 34,5kV e 13,8kV. Finalmente, para os pequenos clientes, há uma redução adicional na tensão, alcançando valores de 110V a 440V através dos alimentadores secundários (BEZERRA, 2019).

A classificação de tensão para sistemas elétricos no Brasil é realizada de acordo com o nível nominal de tensão. Aqueles que operam com tensão igual ou superior a 230kV são denominados como redes básicas de transmissão e estão agrupados no grupo de Extra Alta Tensão (EAT). Já sistemas que apresentam tensão nominal entre 69kV e 138kV são considerados como Alta Tensão (AT). A classificação de Média Tensão (MT) é aplicada para sistemas que operam com tensão nominal entre 1kV e 69kV, enquanto que Baixa Tensão (BT) é designada para aqueles que apresentam tensão inferior a 1kV (JR, 2006).

3.2 Tarifa de distribuição de energia elétrica

A tarifa de energia é uma taxa cobrada pelo consumo de energia elétrica. Ela é calculada com base na quantidade de energia consumida, medida em quilowatt-hora (kWh), multiplicada pelo preço cobrado por kWh na região. Essa tarifa é cobrada mensalmente, de acordo com o consumo apurado ao longo do mês (MOURA et al., 2018).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável por definir as tarifas de uso dos sistemas de transmissão e distribuição, levando em consideração os custos envolvidos, tais como a geração, transmissão, distribuição e comercialização, investimentos, expansões estruturais e custos operacionais da empresa responsável. Existem dois grupos tarifários de consumidores de energia elétrica, definidos com base na tensão de atendimento fornecida pela distribuidora de energia: Grupo A e Grupo B (GONÇALVES et al., 2015).

3.2.1 Grupo A

Os consumidores atendidos na média ou alta tensão, cujo fornecimento de energia é igual ou superior a $2,3kV$, e aqueles que são atendidos por um sistema de distribuição subterrâneo de tensão secundária (abaixo de $2,3kV$) (RODRIGUES et al., 2020), fazem parte do Grupo A de tarifação de energia elétrica. Empresas de médio ou grande porte, como metalúrgicas, supermercados, faculdades e hospitais, são geralmente incluídas neste grupo. O Grupo A é subdividido em 6 subgrupos tarifários, separados por tensão ou tipo de sistema (ALMEIDA et al., 2021):

- A1 – tensão igual ou superior a $230kV$;
- A2 – tensão de 88 a $138kV$;
- A3 – tensão de $69kV$;
- A3a – tensão de 30 a $44kV$;
- A4 – tensão de 2,3 a $25kV$;
- AS – sistema subterrâneo.

3.2.2 Grupo B

O Grupo B de consumidores de energia elétrica é composto por aqueles atendidos em baixa tensão, ou seja, tensões inferiores a $2,3kV$ (MOURA et al., 2018). Este grupo é mais diverso e menos rigoroso quanto à taxaçoão devido a não seguir alguns parâmetros de qualidade. Para representar a diversidade dos usuários da rede, o grupo é subdividido em quatro subgrupos, que permitem a aplicação de tarifas e descontos diferenciados de acordo com as necessidades dos usuários. Sendo possível aplicar tarifas e descontos diferentes conforme a necessidade do usuário, os quais se dividem em (ALMEIDA et al., 2021):

- B1 – classe residencial;
- B2 – classe rural;
- B3 – demais classes;
- B4 – iluminação pública.

3.3 Energia fotovoltaica no Brasil

Um sistema de energia fotovoltaica permite que os consumidores gerem sua própria energia a partir da luz solar, e também forneçam o excedente para a rede de distribuição de sua localidade (CARNAÚBA et al., 2020). Embora o Brasil esteja geograficamente posicionado de forma privilegiada em relação à disponibilidade de energia solar, ainda há obstáculos que impedem sua inserção em larga escala na matriz elétrica nacional (PEREIRA, 2019).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é responsável por estabelecer as normas legais para a inserção da geração distribuída (GD) no Brasil, como descrito na Resolução Normativa 482/2012 (MELLO et al., 2022). Para sistemas de microgeração, a potência instalada não pode ultrapassar $75kW$, e deve ser baseada em fontes de energia como hidráulica, solar, eólica, ou biomassa e cogeração qualificada. Além disso, esses sistemas devem atender às regulamentações da ANEEL e estar conectados à rede de distribuição através das unidades consumidoras (LAGO; DELABENETA, 2018). Por outro lado, sistemas com uma potência instalada entre $75kW$ e $5MW$ são considerados sistemas de minigeração. Já sistemas com potência instalada acima de $5MW$ deixam de ser considerados como geração distribuída e passam a ser regulados pelo sistema de mercado livre, sob normas e parâmetros distintos (LAGO; DELABENETA, 2018).

Atualmente, a utilização da energia solar está se tornando cada vez mais popular no Brasil, abrangendo uma ampla gama de aplicações, incluindo residências, empresas, indústrias, propriedades rurais e escolas. De acordo com dados fornecidos pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica no país já alcança cerca de 3,5% da matriz elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), com uma capacidade instalada de $6315MW$ (ONS, 2022b).

3.4 Captação e conversão

A geração de energia solar é realizada através da captação de luz solar por módulos fotovoltaicos que contêm células fotovoltaicas. Quando a luz solar atinge essas células, ela gera um deslocamento de elétrons, produzindo assim uma corrente elétrica, conforme mostrado na Figura 3.2 (COSTA, 2021).

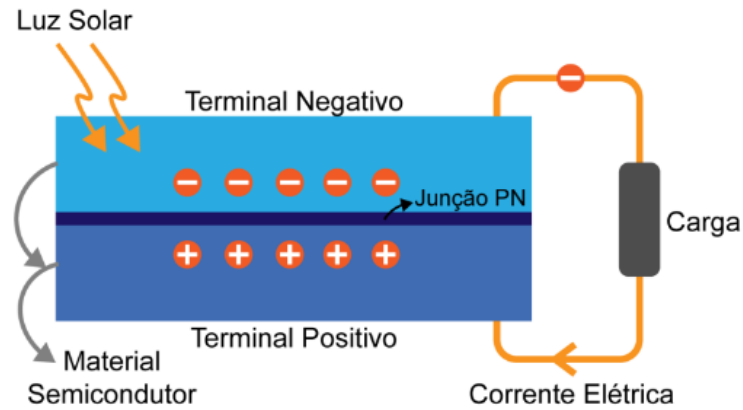


Figura 3.2 - Princípio básico de uma célula fotovoltaica.

Os painéis fotovoltaicos disponíveis no mercado podem ser de silício monocristalino, como ilustrado na Figura 3.3, ou de silício policristalino, como mostrado na Figura 3.4. Em ambos os casos, o silício é a matéria-prima básica. No caso dos painéis monocristalinos, uma única barra de silício é cortada em finas fatias. Já os painéis policristalinos são fabricados a partir da fusão de diferentes fragmentos de silício. A potência dos painéis solares varia de 305 a 590W, dependendo do tipo de painel e do fabricante, e influencia diretamente na geração e no tamanho do sistema. O planejamento do sistema deve levar em consideração o espaço disponível, a geração desejada, o custo-benefício e a qualidade (GEBERT et al., 2017).

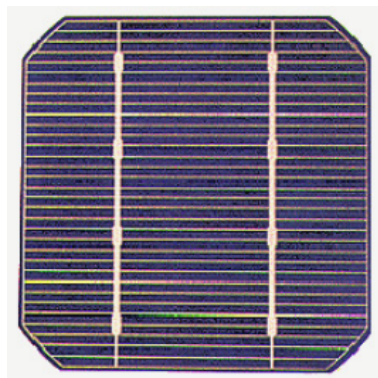


Figura 3.3 - Células de silício monocristalino.
Fonte: CRESESB/CEPEL (1999).

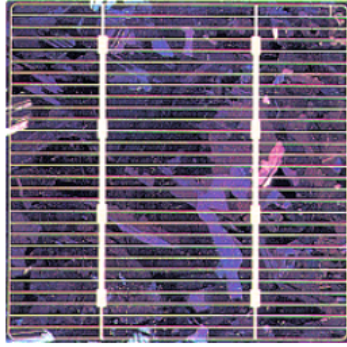


Figura 3.4 - Células de silício policristalino.
Fonte:CRESESB/CEPEL (1999).

Após a captação da energia, ela é transformada em corrente contínua (CC). Para ser utilizada e ser contabilizada para fins de créditos pela ANEEL, a energia gerada deve ser adequada à utilização pelo consumidor através da utilização do inversor, que protege o sistema e realiza a conversão da corrente contínua gerada pelos painéis para corrente alternada (CA), que é compatível com os aparelhos elétricos. Além disso, o inversor deve fornecer tensão e corrente com as características de frequência, forma e amplitude adequadas para as cargas alimentadas pela rede CA. Em geral, a saída do inversor deve ser constante, mesmo quando houver variações na tensão ou corrente da fonte CC (ALVES, 2019).

Para melhorar o aproveitamento da energia gerada pelos painéis fotovoltaicos, a técnica de Rastreamento do Ponto de Máxima Potência (MPPT) é aplicada. Como ilustrado na Figura 3.5, este processo permite maximizar a potência de saída das placas fotovoltaicas, ajustando a tensão e corrente de saída através de um controle adequado, o que resulta em uma maior taxa de conversão (JÚNIOR et al., 2017).

Existem atualmente dois tipos de inversores conectados aos sistemas de distribuição das concessionárias: os inversores *on-grid* e os inversores *off-grid*. Os inversores *on-grid* se desligam automaticamente na falta de fornecimento de energia pela distribuidora, enquanto os sistemas *off-grid* mantêm sua geração normalmente, independentemente do fornecimento ou não de energia da concessionária, já que os sistemas estão trabalhando de forma independente (BOSO et al., 2015).

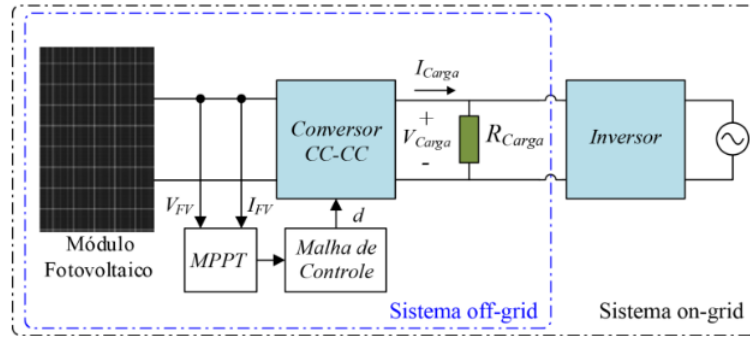


Figura 3.5 - Diagrama de blocos para implementação da técnica de MPPT.

Fonte: [https://\(POTÊNCIA, 2022\)](https://potencia.com.br)

3.5 Geração distribuída

Com o crescente interesse em minimizar os impactos ambientais causados pela ação humana, as iniciativas para a geração de energia elétrica de forma renovável têm sido fortalecidas. Em particular, a geração distribuída de energia elétrica (GD) tem sido um dos destaques na busca por uma geração mais sustentável e responsável. (DELGADO; CUNHA, 2020).

No Brasil, a geração distribuída é regulamentada pelo Decreto-Lei nº 5.163 de 2004 e pela Resolução Normativa nº 482 de 2012, que definem as características de um sistema de geração distribuída e regulamentam sua inserção na rede de distribuição de energia elétrica. Atualmente, existem quatro modalidades de geração distribuída no país: i) geração junto à carga; ii) autoconsumo remoto; iii) empreendimento com múltiplas unidades consumidoras e iv) autoconsumo coletivo (SILVA et al., 2018).

- Na primeira tem-se a geração junto à carga, este é o caso no qual o consumidor instala o sistema de geração no mesmo local em que ocorrerá o consumo, fazendo com que o dono do imóvel passe a ser conhecido também como um prossumidor, uma vez que ele produz sua própria energia. Tendo como características: i) geração e consumo no mesmo local; ii) uma unidade consumidora e iii) um titular e todos os créditos são destinados à unidade consumidora geradora.
- A modalidade de autoconsumo remoto, é composta por titulares que estão em um mesmo CNPJ ou estão em titularidade de um mesmo CPF, tendo em vista que as unidades consumidoras devem estar em uma mesma concessão. Neste caso o consumidor possui mais de uma unidade consumidora

em seu nome, assim efetuando a compensação de crédito que está descrita na Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012, onde o consumidor irá informar a lista de unidades que receberam os créditos e as percentagens que cada uma receberá. Nesta modalidade o sistema de geração poderá ser implementado em localidade diferente de onde deseja ser feita a compensação, desde que esteja na mesma área de concessão das Unidades Consumidoras (UC). Onde suas principais características são: i) geração e consumo em locais diferentes; ii) mais de uma unidade consumidora e iii) um titular e todos os créditos são destinados à unidade consumidora do mesmo titular.

- No empreendimento com múltiplas UC em um mesmo local, com uso de energia elétrica independente, ou seja, o consumo está sendo medido individualmente. Está modalidade está voltada para empreendimentos como, shopping, condomínios, prédios, unidades consumidoras uma ao lado da outra, contanto que não estejam separados por vias públicas ou por propriedade que não estejam participando. Suas características são: i) geração e consumo em locais diferentes; ii) mais de uma unidade consumidora e iii) mais de um titular e todos os créditos são divididos entre as unidades do condomínio.
- A última modalidade é aquela em que as UC integrantes, estão em uma mesma concessão, na qual a geração ocorrerá em local distinto das unidades consumidoras as quais a energia excedente será compensada, onde ocorre a geração compartilhada do sistema. Este tipo de modalidade ingressou consumidores que estavam sem viabilidade financeira ou local para a implantação de um sistema que faça o abatimento de seu consumo mensal, utilizado como solução a união a outros interessados através de um consórcio ou em uma cooperativa, para implementação de um sistema de micro ou minigeração distribuída. Onde tem como principais pontos: i) acordo por meio de contrato; ii) geração e consumo em locais diferentes; iii) mais de um titular (há exceções para alguns CNPJ) e iv) mais de uma unidade consumidora e no mínimo devem possuir 20 pessoas físicas.

3.6 Resolução Normativa Nº 482

A Resolução Normativa nº482 de 2012 é um marco importante para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e cogeração qualificada, permitindo aos consumidores brasileiros que comprar energia das distribuidoras e fornecer o excedente para a rede de distribuição. A resolução estabelece as características da

microgeração e minigeração distribuída, implementando o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE), também conhecido como *Net Metering*. Com esta implementação, consumidores que possuem sistemas de micro ou minigeração e produzem mais energia do que consomem podem fornecer o excedente para a distribuidora, gerando créditos que podem ser utilizados para abater faturas futuras. No entanto, é importante destacar que esses créditos só serão gerados se a quantidade de energia gerada não for suficiente para o total de abatimento da fatura mensal (SCHRIEFER, 2022).

A implementação do Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) exige a substituição do medidor de energia convencional por um medidor bidirecional. Esse tipo de medidor é capaz de identificar a diferença entre a corrente consumida e injetada na rede da concessionária, como ilustrado na Figura 3.6 (SCHRIEFER, 2022). A Figura 3.6 também destaca a forma como a compensação de créditos é realizada, onde a energia gerada e injetada na rede é convertida em créditos pela distribuidora. Esses créditos podem ser utilizados pelo consumidor em até 60 meses (LIMA, 2022).

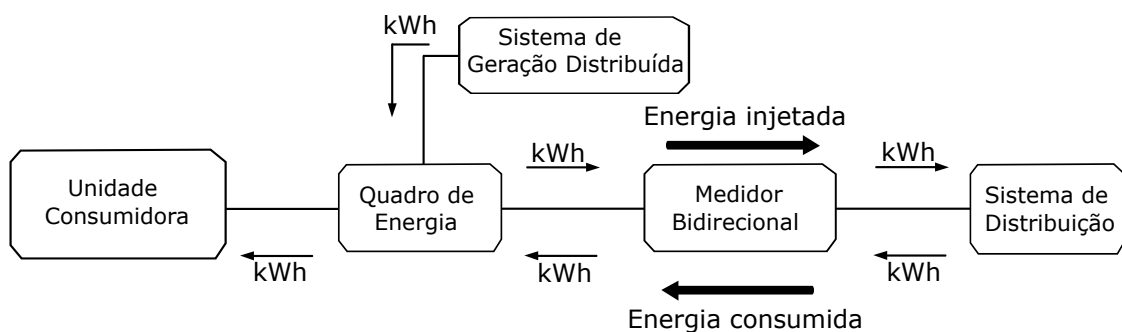


Figura 3.6 - Sistema de compensação de energia elétrica no Brasil.

Para aderir ao SCEE, é importante que o consumidor interessado se enquadre em uma das três modalidades especificadas na regulamentação: i) unidades consumidoras com micro ou minigeração distribuída; ii) consumidores que realizam geração compartilhada ou autoconsumo remoto e iii) integrantes de empreendimentos com diversas unidades consumidoras (LIMA, 2022).

3.7 Lei Nº 14300 de 06/01/2022

A Lei 14.300, conhecida como o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, tem impacto significativo no sistema de compensação de energia elétrica no Brasil. Aqueles consumidores que já estão participando ou que aderirem ao sistema dentro de 12 meses após a publicação da lei, serão considerados como direito adquirido e continuarão a desfrutar dos benefícios até 2045. Já aqueles que aderirem após este prazo, serão sujeitos à cobrança gradual da TUSD fio B conforme descrito na Tabela 3.1 (LOPES; ANDRADE, 2022).

Porcentagem de pagamento da TUSD fio B para: Geração Junto a Carga Geração Compartilhada EMUC Autoconsumo até 500kW Fontes Despacháveis.						
2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
15% do fio B	30% do fio B	45% do fio B	60% do fio B	75% do fio B	90% do fio B	Nova regra

Tabela 3.1 - Cobrança parcial dos componentes tarifários.

A lei também traz alterações nas definições de microgeração distribuída e minigeração distribuída, bem como introduz o conceito de autoconsumo local, onde a geração de energia é realizada próximo à carga e o excesso é compensado na própria unidade consumidora (MENEZES, 2022). Além disso, houve mudanças significativas para sistemas com potência instalada acima de $75kW$. A potência máxima para fontes despacháveis, que produzem e injetam energia instantaneamente sem armazenamento, foi reduzida de $5MW$ para $3MW$. Por outro lado, a potência máxima para fontes despacháveis com capacidade de armazenamento foi mantida em $5MW$ (DELUNARDO, 2022).

3.8 PRODIST módulo 3

A ANEEL desenvolveu o módulo 3 do Programa de Distribuição (PRODIST) como uma orientação para os consumidores interessados em conectar seus sistemas de micro e minigeração distribuída ao circuito de distribuição da concessionária. Este módulo apresenta instruções detalhadas e os requisitos técnicos para a conexão, incluindo a proteção mínima requerida conforme a Tabela 3.2 e as características exigidas das subestações (PRODIST, 2022). (PRODIST, 2022).

EQUIPAMENTO	Potência Instalada		
	Menor ou igual a 75kW	Maior que 75kW e menor ou igual a 500kW	Maior que 500kW e menor ou igual a 5MW
Elemento de desconexão	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim	Sim	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim	Sim	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Sim	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim	Sim	Sim
Anti-ilhamento	Sim	Sim	Sim
Medição	Sistema de Medição Bidirecional	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes

Tabela 3.2 - Requisitos mínimos do ponto de conexão da microgeração e minigeração distribuída.

O módulo 3 também especifica os prazos para cada etapa do processo de solicitação de conexão, como ilustrado na Figura 3.7. Estes prazos incluem limites para o cliente e para a distribuidora, que deve responder com o parecer de aprovação ou reprovação, incluindo o motivo da reprovação, se houver.

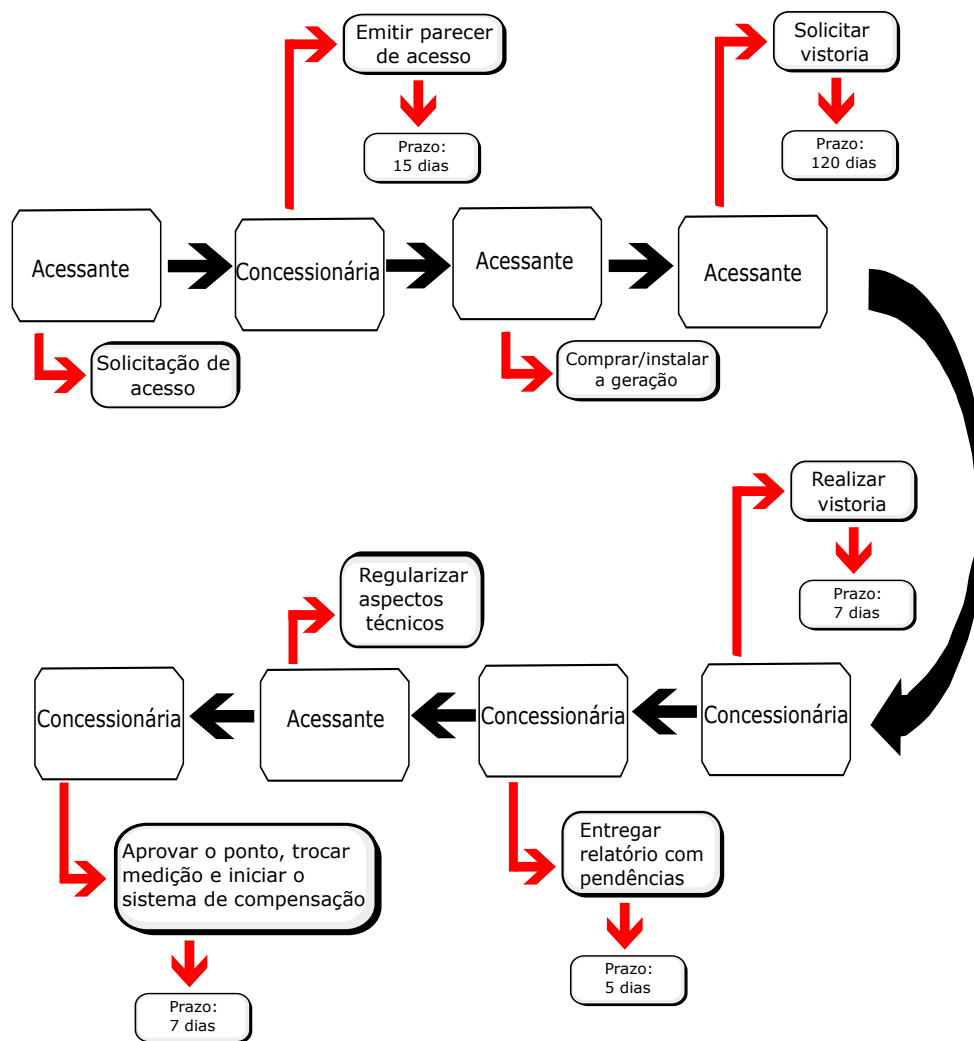


Figura 3.7 - Procedimentos e etapas de acesso.

Para identificar se uma central geradora é de micro ou minigeração, é necessário cumprir a etapa de parecer de acesso. Neste processo, é realizada a avaliação da documentação requerida e é encaminhada à concessionária para análise. O prazo para a emissão do parecer de acesso é de 15 dias para microgeração e de 30 dias para minigeração. Em caso de reprovação, serão especificados os motivos.

Uma vez que o parecer de acesso tenha sido emitido, o próximo passo é a montagem do sistema gerador. O cliente tem 120 dias para concluir a montagem e solicitar a vistoria para a aprovação. A visita da equipe de vistoria deve ser realizada dentro de 7 dias após a solicitação e, se for necessário, será fornecido um relatório com pendências em 5 dias. Após regularização dessas pendências, a concessionária terá mais 7 dias para aprovar o sistema e efetuar a troca do medidor (ANEEL, 2014).

3.9 Considerações Finais

Este capítulo analisou as características do sistema elétrico brasileiro e do sistema fotovoltaico, iniciando com a análise da estrutura de tarifação e da classificação dos grupos de acordo com a tensão e classe. Em seguida, é abordada a contextualização histórica do sistema fotovoltaico, bem como suas características operacionais e modalidades estabelecidas. É apresentada uma análise detalhada das normas relacionadas à implementação do sistema de geração distribuída fotovoltaica, incluindo as etapas necessárias para acesso e implantação do sistema. O próximo capítulo descreve os métodos e etapas utilizados na execução do trabalho, incluindo o processo de homologação e montagem do sistema, bem como a metodologia para tratamento dos dados coletados.

CAPÍTULO 4

Metodologia

Neste capítulo é exposto as etapas para a homologação do sistema de microgeração fotovoltaica, características de montagem e forma de coleta e tratamento dos dados referentes a qualidade da energia do sistema.

4.0.1 Sistema de Microgeração Fotovoltaica

O sistema de geração fotovoltaica que será trabalhado neste capítulo tem uma potência instalada menor que $75kW$, se enquadrando na opção de microgerador. Será feita a homologação do sistema seguido da instalação dos módulos fotovoltaicos, do inversor solar e do quadro de proteção, além da conexão do sistema ao SDBT, finalizando com a aferição dos parâmetros de qualidade de energia, sendo necessário seguir as etapas dispostas pela concessionária de distribuição, para que o sistema seja devidamente conectado, onde os métodos e etapas utilizadas na execução do sistema fotovoltaico foram seguidas conforme ilustrado na Figura 4.1.

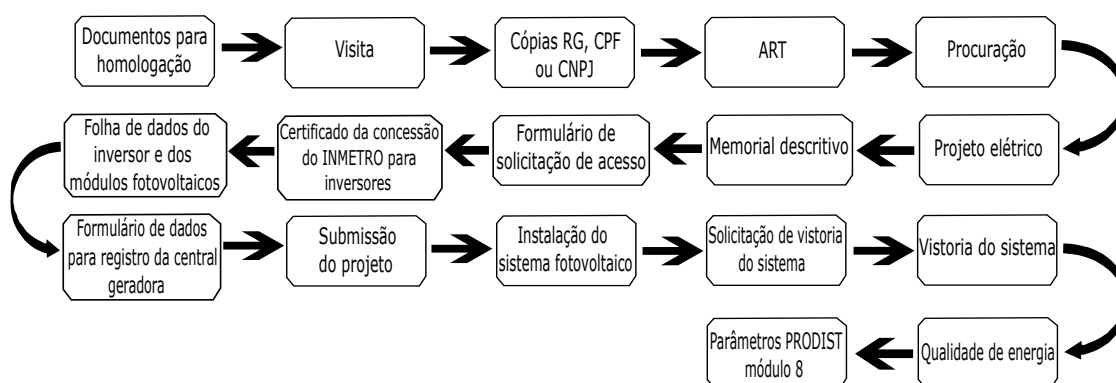


Figura 4.1 - Procedimentos utilizados na execução do sistema solar.

4.1 Etapas e documentação para a homologação do sistema fotovoltaico

O sistema acompanhado neste trabalho será conectado na concessionária de energia ENEL Goiás. Toda a documentação exigida pela concessionária está contida no Sistema de Controle de Análise de Projetos (SICAP) que é uma ferramenta fornecida pela distribuidora para o acompanhamento e postagem da solicitação do projeto. O cliente deste trabalho é do Grupo B que utiliza sistema microgerador, onde são

exigidos os documentos dispostos na Tabela 4.1, onde as siglas significam: i) ART - Anotação de Responsabilidade Técnica, ii) TRT - Termo de Responsabilidade Técnica, iii) Registro de Responsabilidade Técnica, iv) RG - Registro Geral, v) CPF - Cadastro de Pessoa Física, vi) CNPJ - Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas, vii) CAP - Central de Análise de Projetos e viii) INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia Qualidade e Tecnologia.

Documento exigidos
1 - Documento de responsabilidade profissional (ART/TRT/RRT) assinado pelo RT e cliente
2 - Cópias RG, CPF ou CNPJ
3 - Memorial descritivo (Utilizar modelos padronizados pelo CAP - Disponíveis nos formulários padrões)
4 - Projeto elétrico
5 - Procuração
6 - Formulário de solicitação de acesso
7 - Certificado ou numero de registro da concessão do INMETRO dos inversores
8 - Folha de dados do inversor
9 - Folha de dados dos módulos fotovoltaicos
10 - Formulário de dados para registro da central geradora

Tabela 4.1 - Documentos exigidos para conexão de microgeração Grupo B na concessionária ENEL.

O documento 2 exemplificado na tabela 4.1 é de parte pessoal do cliente, já os demais itens é de responsabilidade da empresa contratada para implementação do sistema, sendo feito o preenchimento com os dados do sistema e do cliente.

4.1.1 Visita

O primeiro passo antes que seja dado início no projeto do cliente, é a realização da vistoria no local de instalação do sistema. Nesta visita são coletados os dados que serão úteis para o dimensionamento do projeto e para a montagem do sistema, além do levantamento de possíveis alterações no sistema elétrico do cliente, seja para adequação as normas vigentes, ou para se adequar ao sistema solar que será implementado.

No local de instalação são coletados os dados do padrão de entrada, em específico os seguintes componentes: i) disjuntor da caixa de medição; ii) diâmetro nominal e isolamento do cabo de entrada do padrão e iii) diâmetro nominal e isolamento do cabo de saída do padrão e iv) estado da caixa e dos cabos. O próximo local de coleta

de dados é o quadro elétrico geral do cliente, onde é preciso que seja verificado o disjuntor geral do quadro. O último local de averiguação é onde será instalado o sistema, coletando informações referentes aos tipos de estrutura e telhado no local de instalação das placas fotovoltaicas. Por fim, devem ser verificados possíveis pontos de sombreamentos, buscando sempre os locais que recebem a maior incidência solar.

4.1.2 Documentação do cliente e da unidade consumidora

Para iniciar o processo de homologação do sistema fotovoltaico do cliente, é solicitado que o mesmo envie cópias dos seus documentos pessoais junto a tarifa energia do local. É necessário que o cliente envie os documentos da pessoa registrada a unidade consumidora (UC) e da pessoa que assinar o contrato.

4.1.3 ART

Inicialmente é gerada a ART pelo engenheiro responsável pelo projeto. No site do Conselho Regional de Engenharia e Agronomia (CREA) do estado em que será homologado o sistema de geração, deve ser gerado uma ART de obra ou serviço, constando todos os dados do responsável e do cliente, além de algumas características sobre o sistema que será executado. Após todo o preenchimento é gerado um boleto referente a taxa de emissão da ART, no qual o valor está associado com o contrato feito com o cliente. Para contratos acima de R\$15.000,00 o valor da taxa é de R\$288,00 e contratos menores do que R\$15.000,00 é cobrado R\$88,00, com a liberação da documentação em até 24 horas após o pagamento.

4.1.4 Procuração

Este documento é disponibilizado pela ENEL tanto para pessoa física quanto para pessoa jurídica nos itens 1 e 2 dos formulários padrões do SICAP. Com esta procuração o responsável técnico é capaz de assinar o projeto e os documentos, além de conseguir realizar solicitações que sejam necessárias para a homologação do sistema fotovoltaico. Para o preenchimento é necessário os dados do cliente e do responsável técnico, tendo a necessidade de ser registrada em cartório, exceto as que são assinadas de forma digital.

4.1.5 Projeto elétrico

Nesta etapa são realizados todos os cálculos para o dimensionamento correto do sistema que será instalado para o cliente. Da mesma forma que na procuração, a prancha para elaboração do projeto é disponibilizada nos formulários padrões no item

24, modelo para geração até $10kW$, porém pode ser utilizada para adaptação para sistemas maiores, contanto que as adequações estejam dentro dos padrões estabelecidos nas normas: i) NBR 5410; ii) ET 122; iii) PRODIST módulo 5; iv) PRODIST módulo 3; v) NTC 04 e vi) NTC 71.

Para a homologação do projeto é necessário que a prancha contemple os seguintes dados da unidade consumidora requerente: i) circuito unifilar contendo o número do poste de derivação; ii) padrão de entrada; iii) quadro geral; iv) os quadros de proteção CA e CC; v) inversor; vi) distribuição de *strings* e todos os cabos constituintes desde o ramal de entrada até as placas solares; vii) placa de advertência; viii) potência instalada dos painéis e do inversor; ix) localização da unidade consumidora; x) notas obrigatórias; xi) legenda dos equipamentos; xii) quadro de revisões do projeto e xiii) carimbo da prancha.

4.1.6 Memorial descritivo

Em algumas concessionárias de energia o formulário de preenchimento do memorial descritivo não é disponibilizado, nestes casos deve ser utilizado o formulário do módulo 5 do PRODIST. No caso da ENEL, no site do SICAP na aba de formulários padrões item 17 é possível baixar o formulário de memorial descritivo. No memorial são solicitados os dados pessoais do cliente e do responsável técnico do projeto, além do endereço e número da UC onde será implantado o sistema. Além disto, é disponibilizado um campo para que o solicitante possa incluir unidades consumidoras para o abatimento dos créditos gerados. É solicitado que informe o tipo de geração no local e a potência a ser instalada, sendo também solicitados os dados da medição em conjunto com os dados do sistema, encontrados no projeto elétrico que será encaminhado para homologação.

4.1.7 Formulário de solicitação de acesso

Disponibilizado no item 8 dos formulários padrões, este documento é responsável pela inclusão da solicitação de conexão da geração distribuída, onde são solicitados os seguintes dados: i) a identificação da unidade consumidora geradora; ii) a característica do ramal de entrada; iii) a tensão de atendimento; iv) a conexão da unidade (monofásico, bifásico ou trifásico); v) tipo de ramal de entrada (aéreo ou subterrâneo) e vi) a confirmação da documentação que está sendo anexada e o contato do solicitante.

4.1.8 Certificado da concessão do INMETRO para inversores

Para inversores menores que $10kW$ é necessário que seja enviado o certificado, adquirido no site do INMETRO na aba de registro de objeto. Através do número do registro do inversor é possível ter acesso ao certificado solicitado. Para inversores com potências maiores que $10kW$ é requerido que seja feito a homologação do inversor no sistema da ENEL e que seja enviado o certificado de conformidade emitido pela fabricante do inversor. A confirmação se o inversor está na lista é feita pelo acesso ao site da ENEL, na aba de lista de inversores homologados. Sem o certificado do INMETRO ou a presença na lista de inversores, o projeto é reprovado automaticamente.

4.1.9 Folha de dados do inversor e dos módulos fotovoltaicos

Para o dimensionamento do sistema fotovoltaico e envio no SICAP, é necessário a folha de dados do inversor e das placas solares que irão ser utilizadas no sistema, no sentido de que a concessionaria tenha acesso às características dos componentes instalados e para o dimensionamento adequado do sistema, para que nem o inversor e nem os módulos sejam prejudicados por incompatibilidade do sistema. O não envio de qualquer um dos dois documentos ocasiona na reprovação da solicitação.

4.1.10 Formulário de dados para registro da central geradora

O item 10 do SICAP é responsável por disponibilizar o formulário de especificação do modo e potência de geração instalada na UC, acompanhado do quantitativo e fabricante dos inversores e módulos. Algumas distribuidoras não possuem um formulário próprio, tendo a necessidade de se utilizar o formulário da ANEEL, disponibilizado no site do governo na aba de centrais de conteúdo. O envio deste documento é obrigatório, sendo necessária a assinatura do responsável técnico.

4.2 Submissão do projeto

Após feito todo o processo de levantamento dos documentos, preenchimento e dimensionamento do sistema, é necessário enviar o projeto para análise da distribuidora. Primeiramente é necessário que seja criado uma conta de uso pessoal no SICAP. Ao entrar no portal e acessar a área de projetos, para adicionar um novo projeto é necessário utilizar o ícone NOVO e escolher o grupo do projeto, o próximo passo é informar os dados do sistema de geração e do cliente, finalizando o cadastro no sistema.

Assim que finalizado o cadastro retorna-se para a pagina inicial. Entrando novamente em projetos, o cadastrado realizado aparecerá no ícone EM ANÁLISE. Ao clicar no ícone é aberto as características do cadastro. A lupa que aparece ao lado direito possibilita que seja iniciado o processo de postagem. Ao aceitar os termos referentes as formas de postagens, é feito o redirecionamento para o campo de inserção do projeto, dividido em três seções: i) na primeira consta os dados do cliente que foram preenchidos, ii) na segunda devem ser anexados e enviados todos os documentos solicitados e iii) na terceira é realizado a postagem do projeto.

Após realizada a postagem de todos os documentos é disponibilizado o ícone de tramitação, que encaminha o projeto para análise por parte da concessionária, com o prazo para emissão do parecer de acesso de 15 dias para microgeração e 30 dias para minigeração. Após a disponibilização do parecer de acesso tem-se o prazo de 120 dias para solicitar a vistoria com a distribuidora.

4.3 Instalação do sistema fotovoltaico

Apos a emissão do parecer de acesso inicia-se a etapa de instalação do sistema fotovoltaico. A escolha dos materiais e equipamentos necessários é realizada conforme as características do projeto aprovado pela distribuidora. Primeiramente são fixadas as estruturas de sustentação das placas solares, que variam de acordo com a estrutura e o tipo de telha do local. No mercado são disponibilizadas três estruturas diferentes: i) para telhados romanos, ii) para telhados de fibrocimento e iii) para telhados metálicos. No caso do telhado romano e fibrocimento existe a variação do parafuso de fixação na estrutura do telhado, ambos modelos podem ser instalados com o parafuso para madeira ou metal. Essa ramificação não acontece no modelo de telha metálica devido as fixações diretas na telha. Após instaladas as estruturas, as placas são fixadas, permitindo a conexão dos cabos de corrente continua das placas até o local de instalação do inversor.

Conforme a ilustrado na Figura 4.2, após a instalação das placas solares é realizado a configuração do inversor e instalação do quadro de proteção de corrente alternada. O último passo é a conexão dos cabos das placas solares no inversor. A conexão da parte de corrente alternada começa com a ligação do inversor até o quadro de proteção de corrente alternada, e depois a ligação até o quadro geral do cliente. Após realizada toda a montagem e ligação do sistema é necessário que seja instalado a placa de advertência de geração própria ao lado do padrão de entrada, finalizando a instalação do sistema. O sistema em questão dispensa a utilização do quadro de proteção CC, pelo fato de que o próprio inversor contém as proteções necessárias,

podendo ser visualizado na folha de dados do inversor.



Figura 4.2 - Etapas de montagem.

4.4 Solicitação de vistoria do sistema

Assim que a montagem é finalizada são realizados os testes da tensão das *strings* e o teste de tensão de fase e linha, com e sem o funcionamento do inversor. Após coletar todos estes dados, é necessário a realização do pedido de vistoria do sistema no site da ENEL. Através da solicitação de acesso de mini e microgeradores da ENEL é possível solicitar a vistoria do sistema fotovoltaico clicando no ícone INICIAR NOVA SOLICITAÇÃO. Para isto, é necessário o preenchimento dos dados referentes a unidade consumidora, a geração do sistema e do solicitante, que será o responsável técnico. No próximo passo é disponibilizado o relatório de comissionamento e tabela para ingresso de outras unidades consumidoras que desejam utilizar os créditos de energia, informando o número da UC e a porcentagem dos créditos que deve ser direcionada para a mesma.

O relatório de comissionamento deve ser preenchido com os dados referentes ao inversor, as placas solares e os dados dos testes realizados ao final da montagem do sistema. Após é necessário anexar as fotos dos testes realizados e da montagem do sistema, com a assinatura do documento pelo responsável técnico. Por fim, devem ser anexados os documentos: i) formulário de solicitação; ii) Diagrama Unifilar Básico (DUB); iii) ART; iv) memorial descritivo e v) cópia do documento de identidade do cliente. Ao fazer o envio dos arquivos é gerado protocolo de acompanhamento.

4.4.1 Vistoria do sistema

Quando a vistoria é aprovada o site informa para o cliente que nos próximos dias um técnico da distribuidora irá comparecer na residência. A distribuidora tem o prazo de 7 dias para que seja realizada a vistoria. Após a vistoria a distribuidora tem o prazo de 5 dias para emitir relatório com pendências. Na ausência de pendências o técnico faz a troca do medidor e inicia a geração do sistema. Ao fim da vistoria deve ser entregue ao técnico a placa de advertência de geração distribuída na rede para que ele faça a instalação no poste do transformador.

4.5 Qualidade de energia

Para análise dos parâmetros de qualidade de energia do sistema fotovoltaico será utilizado um analisador de energia da marca minipa modelo ET-5062. O equipamento irá realizar leitura durante 7 dias, coletando dados em intervalo de tempo consecutivo de 10 minutos, para obter 1008 leituras, conforme módulo 8 do PRODIST (DISTRIBUIÇÃO, 2022). Inicia-se com a parametrização do analisador, onde é selecionado o modo de conexão dos pontos de aferição de tensão e corrente, optando-se pela conexão trifásica em triângulo com neutro e terra em curto circuito. O próximo passo é a escolha do nível de tensão e corrente. A tensão foi configurada com 380V e a corrente foi configurada com 3000A, conforme a garra utilizada. Por fim, foram escolhidos os parâmetros desejados: i) tensão; ii) harmônicas; iii) *flicker*; iv) desequilíbrio e v) frequência. Para iniciar a leitura dos dados, é necessário configurar a taxa de amostragem dos dados do analisador.

4.5.1 Parâmetros do Módulo 8 do PRODIST

Conforme mencionado anteriormente, a coleta de dados é realizada durante 7 dias consecutivos de leitura. Como a geração fotovoltaica só ocorre durante o dia, delimita-se o período de geração das 6:00 horas até as 18:00 horas. Desta forma, para a determinação dos parâmetros analisados foram considerados somente os dados contidos neste intervalo de tempo.

Para a variação de tensão em regime permanente serão utilizados valores de tensão coletados pelo analisador, os quais serão divididos nos níveis adequados, precários e críticos, conforme os valores estabelecidos para o ponto de conexão em tensão nominal igual ou inferior a $2,3kV$. Assim que os dados forem separados, serão utilizados o maior valor entre as fases, na faixa crítica e precária, para serem determinados os limites conforme as equações 2.1 e 2.2, e comparados com os padrões estabelecidos

no PRODIST (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

O fator de potência será determinado pelas leituras das potências ativas e reativas, que através da substituição nas equações 2.3 e 2.4 disposta no PRODIST, encontra-se o valor correspondente ao fator de potência, que deve se enquadrar nos limites determinados no módulo. Porém, o PRODIST determina limites para o fator de potência somente para o Sistema de Distribuição de Média Tensão (SDMT), para o Sistema de Distribuição de Alta Tensão (SDAT) e conexões entre distribuidoras, não estabelecendo limites para o SDBT que é o caso do ponto de conexão onde será instalado o sistema fotovoltaico desse trabalho. Mas também é de terminada pelo PRODIST que centrais geradoras, que com a instalação do sistema de geração fotovoltaico passa a ser uma característica do ponto de conexão deste trabalho, o limite do fator de potência deve estar compreendido entre os valores estabelecidos no módulo. O analisador utilizado em questão, entrega diretamente o valor do fator de potência, sendo necessário somente fazer o comparativo dos valores lidos com os limites dispostos no PRODIST (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

Serão utilizados para a determinação das distorções harmônicas de tensão, os valores lidos pelo analisador, das harmônicas de tensão da 2° ordem até 25° ordem. Para as harmônicas $DTT\%$ serão utilizadas todas as ordens harmônicas a partir da segunda até a última ordem lida, para as harmônicas $DTT_p\%$ serão utilizadas todas as ordens harmônicas pares não múltiplas de 3 até a máxima ordem não múltipla de 3, para a $DTT_i\%$ serão utilizadas todas as ordens harmônicas ímpares não múltiplas de 3 até a máxima ordem não múltipla de 3 lida, por fim para a $DTT_3\%$ serão utilizadas todas as ordens harmônicas múltiplas de 3 até a máxima ordem harmônica múltipla de 3 lida. Ao final serão utilizados os valores que foram superados em apenas 5% das 1.008 leituras válidas de cada uma destas harmônicas, ao qual o PRODIST determina uma porcentagem limite para cada uma delas, conforme disposto na Tabela 2.2.

Com os valores lidos, será efetuado o cálculo do desequilíbrio de tensão entre as fases, na qual são aplicados os valores registrados da magnitude da tensão eficaz de sequência negativas e positivas na frequência fundamental, lidas pelo analisador, buscando o valor referente ao ângulo entre o vetor de cada fase, no intuito de se comparar estes valores com os limites indicativos do PRODIST (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

No cálculo para flutuação de tensão, são utilizados os valores lidos pelo analisador de energia referentes ao indicador P_{st} , que representa a severidade dos níveis de cintilação luminosa associados à flutuação de tensão verificada num período contínuo

de 10 minutos. No entanto, o modelo do analisador utilizado trata e entrega diretamente os flicker (termo correspondente para flutuação de tensão em inglês utilizado no analisador) dos valores obtidos durante a leitura, restando apenas a avaliação do cumprimento dos limites exigidos, conforme disposto na Tabela 4.

A análise da variação de frequência será realizada de forma que cada um dos valores lidos do sistema, em condições normais de operação, estejam na faixa exigida pelo PRODIST. Já para as VTCD, o PRODIST não estabelece limites para o Sistema de Distribuição em Baixa Tensão (SDBT), tornando-se inviável sua análise, uma vez que o sistema em questão está conectado na distribuição em baixa tensão.

4.6 Considerações Finais

A tratativa deste capítulo refere-se às etapas de execução do trabalho, exemplificando os passos referentes a homologação do sistema de geração fotovoltaica, e a ordem de execução de cada etapa, além dos documentos solicitados no processo. Após realizar toda a análise da homologação do projeto de geração fotovoltaica é realizada a descrição da instalação do sistema fotovoltaico, com a solicitação da vistoria por parte da concessionária para que o sistema possa ser devidamente interligado com o sistema de distribuição e finalizando com a parametrização do analisador e os métodos de análise dos parâmetros de qualidade de energia descritos no PRODIST. O próximo capítulo apresenta a homologação e montagem de um sistema fotovoltaico real, efetuando as etapas conforme descrito neste capítulo, finalizando com a coleta dos dados do sistema devidamente conectado a rede de distribuição e a comparação dos resultados com o que é determinado pelo PRODIST.

CAPÍTULO 5

Resultados

Este capítulo traz os resultados referentes a homologação e vistoria do sistema fotovoltaico na rede de distribuição da ENEL – GO. Em conjunto com a montagem do sistema e os resultados obtidos com o tratamento dos dados coletados pelo analisador, contraposto com os indicadores estabelecidos no PRODIST.

5.1 Sistema de minigeração fotovoltaica

O sistema acompanhado contempla um inversor de $60kW$ da marca *General Electric* (GE). Em sua folha de dados é mencionado que a máxima potência de entrada na parte de CC é de $90kW$, conforme Anexo A, tendo um overload de 50% da sua potência nominal CC. O sistema instalado contempla 160 placas com potência de $450W$ da marca 5G Energia conforme Anexo B, totalizando uma potência de $72kW$ e um overload de 20% da potência nominal CC. A utilização de valores superiores aos nominais do inversor acarretam uma degradação dos componentes mais rápidos, devido a uma maior perda por efeito Joule, diminuindo assim a vida útil do sistema, mas o cliente optou por exceder em 20% a potência nominal CC. O cálculo para se obter o sistema ideal conforme a energia consumida pelo cliente não foi necessário, uma vez que a potência do sistema foi exigida pelo próprio adquirente. A montagem do sistema será feita na sede da empresa contratante e instalado no telhado, com conexão em baixa tensão.

5.1.1 Visita

Durante a visita ao local de instalação do sistema fotovoltaico foram coletados os dados necessários para o preenchimento e dimensionamento dos documentos para a homologação do sistema, disposto na Tabela 5.1. Na visita os pontos de sombreamentos foram observados ao redor das platibandas (prolongamento de parede), porém como a área disponibilizada é superior ao que de fato será ocupado os locais serão evitados com facilidade.

Após o levantamento em campo foi verificado se existe a necessidade de alterações para implementação do sistema fotovoltaico. Para isto foi comparado o valor da potência do inversor com a contratada na concessionária de energia. Se se o valor da potência do inversor fosse maior que a contratada seria necessário providências, visto que a parte elétrica da empresa já estava de acordo com o que a concessionária solicita. Também é necessário verificar se o sistema elétrico da empresa conseguirá

Item	Características	
1	Tensão de atendimento	220/380V
2	Diâmetro do cabo de entrada	25mm ²
3	Disjuntor do padrão de entrada	100A
4	Disjuntor do quadro geral	100A
5	Estrutura do telhado	metálica
6	Telhado	metálico
7	Área do telhado	1870m ²
8	Número de placas	160
9	Área necessária para as placas	352,8m ²
10	Instalação do inversor	casa de máquinas

Tabela 5.1 - Levantamento feito na visita técnica.

comportar a potência injetada pelo inversor, o que não foi o caso já que a potência contratada é de 66kW e o inversor tem uma potência de 60kW.

5.1.2 Documentação do cliente e da unidade consumidora

Para contratante foi solicitado o CNPJ, no sentido de obter-se o comprovante de inscrição e de situação cadastral através do site da receita federal, e a conta de energia do local para a obtenção do número da unidade consumidora. Em conjunto foi pedido procuração no nome do responsável técnico, procurando facilitar a tratção com a concessionária, visto que muitas das solicitações necessitam da assinatura do cliente.

5.1.3 ART

No site do CREA-GO na aba de ART, foi feito o preenchimento dos dados de Registro Nacional Profissional (RNP), nome de usuário e senha do responsável técnico para o acesso à página pessoal, ilustrado na Figura 5.1, onde será gerada a ART de obra e serviço requisitada para o processo de homologação do projeto. Neste projeto o responsável técnico foi um engenheiro eletricista.

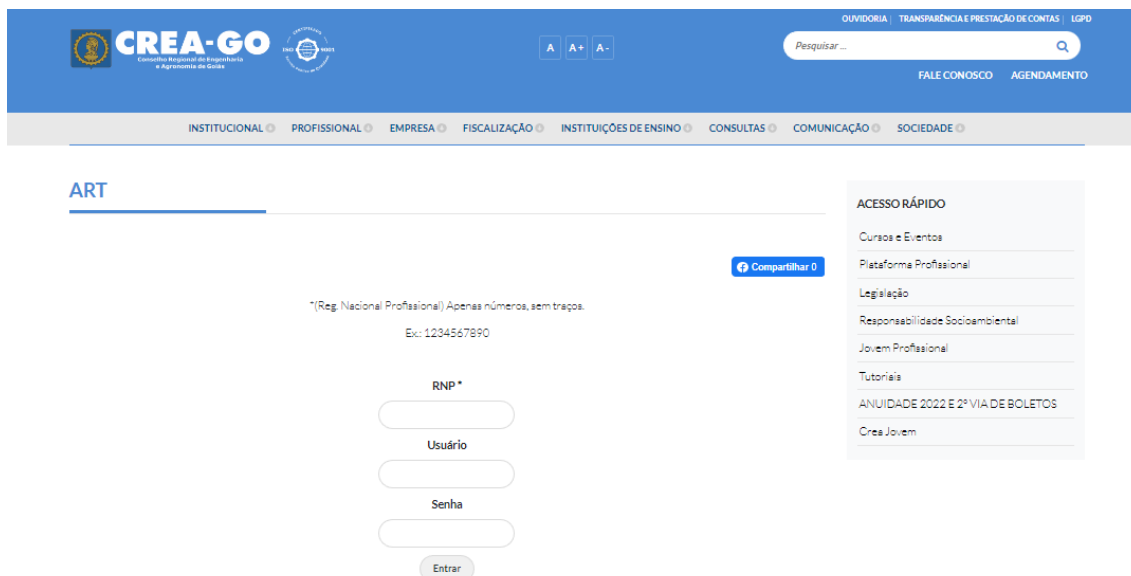


Figura 5.1 - Acesso a página do profissional CREA-GO.
Fonte:(CREA-GO, 2022).

No ícone de REGISTRO DE ART selecionando a opção de obra/serviço foi realizado o preenchimento da ART. Como a intenção é gerar a primeira ART para esse projeto, foi feito a escolha do registro inicial na opção FORMA DE REGISTRO, acompanhado da opção de participação técnica individual, já que o responsável pelo projeto é o mesmo que será responsável pela execução, ilustrado na Figura 5.2.

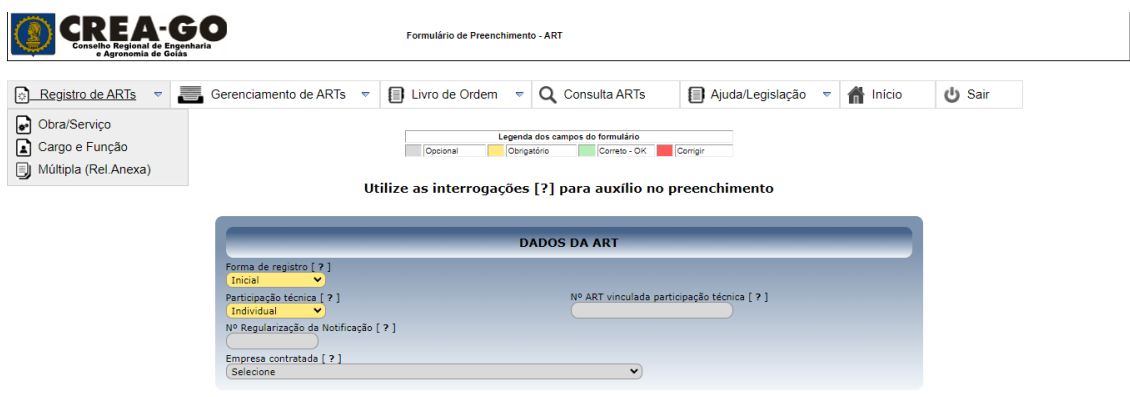


Figura 5.2 - Etapa 01 do preenchimento da ART.
Fonte:(CREA-GO, 2022).

Posteriormente foi solicitado os dados do contrato realizado com o cliente, conforme

ilustrado na Figura 5.3, os dados solicitados foram preenchidos com os documentos enviados pelo cliente, o comprovante de inscrição e de situação cadastral e conta de energia, além do auxílio do contrato de venda e execução entregue para o cliente.

DADOS DO CONTRATO

Contratante [?]

CPF/CNPJ [?]

Tipo de Endereço: Seleccione

Tipo [?] - Nome do Logradouro [?]

CEP [?]

Complemento [?]

E-Mail

Número do Contrato [?]

Data Inicial do contrato [?]

Nº ART Vinculada por contrato [?]

Número [?]

Quadra [?] - Lote [?]

Cidade [?]

UF [?]

Fone [?] [?]

Data Final do contrato [?]

Valor da Obra/Serviço [?]

Tipo de contratante [?]

Ação institucional [?]

Figura 5.3 - Etapa 02 do preenchimento da ART.
Fonte:(CREA-GO, 2022).

Para os dados da obra, ilustrado na Figura 5.4, foi utilizado os dados da conta de energia, uma vez que o contrato e a conta de energia são do mesmo proprietário. Para a data do início e término da obra, foi utilizado as datas informadas pelo vendedor ao cliente no contrato de venda, podendo haver a prorrogação do prazo de finalização de obra, se o cliente tiver que fazer alguma alteração para implementação do sistema.

DADOS DA OBRA/SERVIÇO

CEP [?]

Complemento [?]

Data Início [?]

Finalidade [?]

Nome do Proprietário [?]

E-Mail

Tipo [?] - Nome do Logradouro [?]

Bairro [?]

Previsão término [?]

Coord.geográfica [?]

Código/Obra pública [?]

CPF/CNPJ [?]

Fone [?] [?]

Tipo de Proprietário [?]

Número [?]

Quadra [?] - Lote [?]

Cidade [?]

UF [?]

Coord.geográfica [?]

Coord.geográfica [?]

Figura 5.4 - Etapa 03 do preenchimento da ART.
Fonte:(CREA-GO, 2022).

Na atividade técnica, ilustrado na Figura 5.5, foi exemplificado todo o processo da implementação do projeto de geração, os quais fazem parte: i) projeto; ii) execução; iii) ensaio, feito após a montagem, e iv) laudo técnico, responsável pela solicitação de vistoria. Assim que lançada na ART todas as atividades técnicas que irão ser realizadas, é feito breve descrição do sistema na aba de OBSERVAÇÕES, contendo os seguintes dados: i) número de inversores; ii) quantidade de placas; iii) potência do sistema; iv) potência das placas; v) atividades técnicas realizadas e vi) forma de conexão (*on grid/off grid*).

ATIVIDADE TÉCNICA
Escolha a atividade técnica e clique em 'Lançar Atividade'

[?] Nível
 ATUACAO
 CONDUCAO
 DESEMPENHO DE CARGO C
 DIRECAO
 FISCALIZACAO
 SUPERVISAO OU COORDEN

[?] Atividade Profissional
 INSTALACAO
 LAUDO TECNICO
 LEVANTAMENTO
 LOCACAO
 MANUTENCAO
 MENSURACAO
 MONITORAMENTO

[?] Modalidade
 Eletricista

[?] Áreas de Atuação
 COMUNICACAO E TELECOMUNICACOES
 CONTROLE ELÉTRICO OU ELETRÔNICO
 DISTRIBUICAO DE ENERGIA ELÉTRICA
 EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS OU ELETRÔNICOS
 GERACAO DE ENERGIA ELÉTRICA
 MÁQUINAS ELÉTRICAS

[?] Serviço Técnico
 GERADOR DE ENERGIA ELETRICA
 SERVICOS AFINS E CORRELATOS EM GERACAO DE ENERGIA ELETRICA
 SISTEMA DE GERACAO DE ENERGIA ELETRICA

[?] Complemento do Serviço Técnico
 Nenhum / Não aplicável

Unidade de Medida [?]
 QUILOWATTS

Quantidade [?]
 60,0000

✓ Lançar Atividade ✗ Remover Atividade

Atividades desempenhadas [?]
 SUPERVISAO OU COORDENACAO, PROJETO, GERACAO DE ENERGIA ELÉTRICA, [GERADOR DE ENERGIA ELETRICA], , 60,0000 QUILOWATTS
 SUPERVISAO OU COORDENACAO, EXECUCAO, GERACAO DE ENERGIA ELÉTRICA, [GERADOR DE ENERGIA ELETRICA], , 60,0000 QUILOWATTS
 SUPERVISAO OU COORDENACAO, ENSAIO, GERACAO DE ENERGIA ELÉTRICA, [GERADOR DE ENERGIA ELETRICA], , 60,0000 QUILOWATTS
 SUPERVISAO OU COORDENACAO, LAUDO TECNICO, GERACAO DE ENERGIA ELÉTRICA, [GERADOR DE ENERGIA ELETRICA], , 60,0000 QUILOWATTS

Observações [?]
 Projeto, execução, ensaio e laudo técnico para geração fotovoltaica conectado à rede da concessionária (on grid) de potência igual a 72,00kWp/60kVA, composto por 160 módulos de 450Wp e um inversor de 60kW

Figura 5.5 - Etapa 04 do preenchimento da ART.
 Fonte:(CREA-GO, 2022).

Realizado todo o preenchimento, foi gerado o boleto para pagamento, conforme ilustrado na Figura 5.6. Assim que o boleto pago é necessário aguardar a liberação da ART, uma vez que sem o pagamento é liberado apenas o rascunho. Após a liberação do documento no local ilustrado na Figura 5.7, é necessário que o responsável técnico assine.

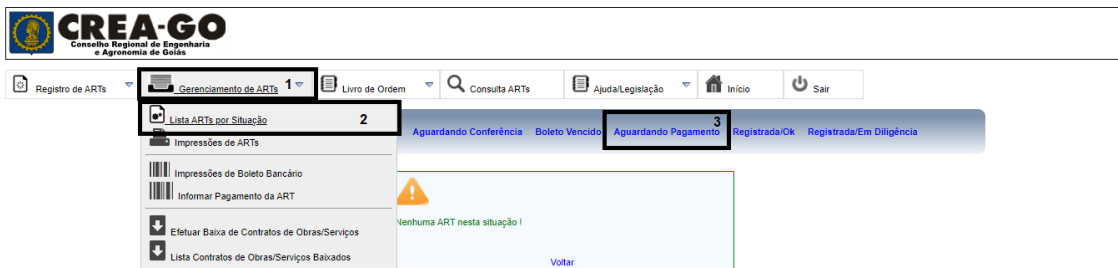


Figura 5.6 - Local onde é disponibilizado o boleto da ART para pagamento.
 Fonte:(CREA-GO, 2022).

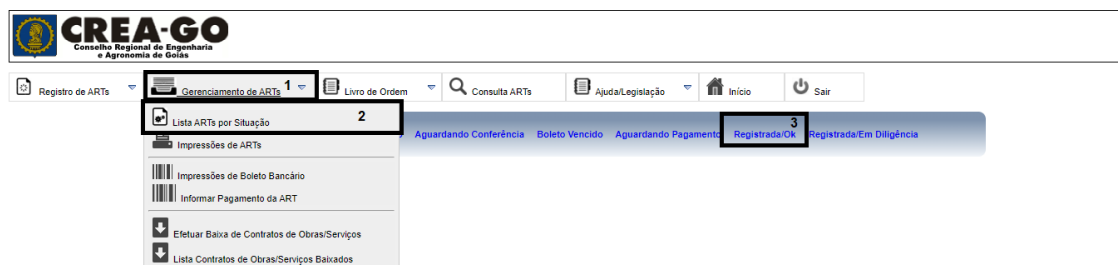


Figura 5.7 - Local onde está localizada as ART registradas.
 Fonte:(CREA-GO, 2022).

5.1.4 Procuração

Para a procuração foi utilizado o item 2 dos formulários padrões do SICAP, o qual refere-se a pessoa jurídica. O preenchimento foi feito em duas partes, primeiro com os dados do outorgante e depois com os dados do outorgado, representado pelo responsável técnico. O documento foi assinado digitalmente por ambas as partes, logo não foi necessário o reconhecimento em cartório.

5.1.5 Folha de dados do inversor e módulos fotovoltaicos

O modelo do inversor utilizado no projeto é um GEP 60-10 da marca *General Electric* (GE), montado com módulos solares de 450W da marca 5G energia, modelo SS-450-72MDH. As folha de dados necessárias, ilustrados nas Figuras 5.8 e 5.9 foram

solicitados diretamente para as duas fabricantes, incluindo o certificado internacional do inversor, por ter uma potência maior que $10kW$, como ilustrado na Figura 5.10, e o certificado do INMETRO do módulo solar, ilustrado na Figura 5.11.

Dados Técnicos	GEP25-10	GEP36-10	GEP50-10	GEP60-10
Entrada CC				
Tensão Máxima de Entrada (V)			1100	
Faixa de Operação MPPT (V)			200 - 950	
Tensão de Partida (V)			180	
Tensão Nominal de Entrada (V)			600	
Corrente Máxima de Entrada por MPPT (A)			30	
Corrente Máxima de Curto por MPPT (A)			37,5	
Número de MPPTs	3		5	6
Número de Strings por MPPT		2		
Saída CA				
Potência Nominal de Saída (kW)	25	36	50	60
Potência Nominal Aparente de Saída (kVA)	25	36	50	60
Potência Ativa Máx. de Saída (kW)	25	36	50	60
Potência Aparente Máx. de Saída (kVA)	25	36	50	60
Potência Nominal a 40°C (kW)	25	36	50	60
Potência Máx. a 40°C (kW)	25	36	50	60
Tensão Nominal de Saída (V)	380, 3L / N/PE or 3L / PE			
Frequência Nominal da Rede CA (Hz)	50 / 60			
Corrente Máxima de Saída (A)	40.0	53.3	80.0	96.0
Fator de Potência de Saída	~1 (Ajustável 0.8 capacitivo - 0.8 indutivo)			
Distorção Máx. Harmônica Total	<3%			

Figura 5.8 - Dados do inversor.

ELECTRIC CHARACTERISTICS										
Model of modules	SS-430-72MDX9		SS-435-72MDX9		SS-440-72MDX9		SS-445-72MDX9		SS-450-72MDX9	
	SS-430-72MDX9H		SS-435-72MDX9H		SS-440-72MDX9H		SS-445-72MDX9H		SS-450-72MDX9H	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum power – P_{mp} (W)	430	318	435	322	440	326	445	330	450	334
Open-circuit voltage – V_{oc} (V)	49.2	45.9	49.4	46.1	49.6	46.3	49.8	46.5	50.0	46.7
Short-circuit current – I_{sc} (A)	11.19	9.02	11.26	9.08	11.33	9.13	11.40	9.19	11.47	9.25
Maximum power voltage – V_{mp} (V)	40.6	37.5	40.8	37.7	41.0	37.9	41.2	38.1	41.4	38.3
Maximum power current – I_{mp} (A)	10.6	8.50	10.67	8.56	10.74	8.61	10.81	8.67	10.88	8.73
Module efficiency – η_m (%)	19.50%		19.73%		19.95%		20.18%		20.40%	
Power tolerance (W)	(0,+5)									
Maximum system voltage (V)	1000V/1500V									
Maximum rated fuse current (A)	20									
Current operating temperature (°C)	-40~+85 °C									

Figura 5.9 - Dados do módulo.



Figura 5.10 - Recorte do certificado internacional do inversor.

Registro de Objeto [Consultar registros concedidos](#)

Q Detalhes do Registro

Status 5G ENERGIA, COMERCIAL IMPORTADORA E EXPORTADORA LTDA.
Ativo

Concessão 10/09/2021
Programa de Avaliação da Conformidade Sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica (módulo, controlador de carga, inversor e bateria)

Portaria Inmetro	Nome de Família	Certificado
n.º (número) 4 de 04/01/2011	Silício Monocristalino	Não aplicável

-Pesquisar histórico de alterações

Data	Alteração	Marca	Modelo	Descrição	Código de barras
10/09/2021	<input type="checkbox"/> Incluído	5G Energia	5G-450-72MTF	450W;56,25kWh/mês;20,7%;A;2094mm;1038mm	
10/09/2021	<input type="checkbox"/> Incluído	5G Energia	5G-545-72MTF	545W;68,125kWh/mês;21,32%;A;2256mm;1133mm	

Figura 5.11 - Certificação do INMETRO para os módulos de 450W.

Fonte:(INMETRO, 2022).

5.1.6 Projeto elétrico

Primeiramente foram dimensionados os cabos de corrente contínua que serão ligados da placa até o inversor. Para isto foi utilizado como parâmetro as normas ABNT NBR 16690 e ABNT NBR 16612. O inversor utilizado tem dois MPPT e cada um deles suporta a entrada de até 6 *strings* com o máximo de 1100V_{cc} cada uma. Foi definido que para as 160 placas seriam montadas 10 *strings* com 16 placas cada, ficando cada uma com 800V_{cc}, uma vez que na folha de dados do módulo é informado que cada placa possui uma tensão de circuito aberto de 50V_{cc} conforme ilustrado na Figura 5.9, e a corrente de curto-circuito de 11,47A. Desta forma, a corrente de projeto é dada por:

$$I_B = 1,25 \cdot I_{SCMOD} \cdot SSA = 1,25 \cdot 11,47 \cdot 1 = 14,34A \quad (5.1)$$

Onde: i) I_B é a corrente de projeto; ii) I_{SCMOD} é a corrente de curto-circuito do módulo; e iii) SSA é o número total de séries fotovoltaicas conectadas em paralelo.

Para o local em questão a temperatura ambiente é de 25°C e conforme recomendação da ABNT NBR 16612 deve ser considerado para o dimensionamento dos cabos um valor de 40°C acima da máxima temperatura ambiente, portanto, será considerado 65°C. Utilizando a tabela de condução de corrente disponibilizada na NBR 16612 conforme disposto na Tabela 5.2 (MORENO, 2023), dimensiona-se a bitola do condutor para cada *string*, onde os modos de instalação são: 1) dois cabos unipolares encostados um ao outro, na horizontal, 2) dois cabos unipolares encostados um ao outro, na vertical, 3) dois cabos unipolares espaçados de, pelo menos, 0,75 x diâmetro externo, na horizontal e 4) dois cabos unipolares espaçados de, pelo menos, um diâmetro externo, na vertical.

Seção	Instalação ao Ar Livre Protegida do Sol				Instalação ao Ar Livre Exposta ao Sol			
	Modo de Instalação				Modo de Instalação			
mm ²	1	2	3	4	1	2	3	4
1,5	25	25	28	25	22	21	26	22
2,5	34	33	38	34	29	29	35	29
4	45	44	51	45	39	38	46	39
6	57	56	65	58	49	49	59	50
10	79	79	90	81	68	67	81	70
16	105	105	120	108	89	89	107	93

Tabela 5.2 - Capacidade de condução de corrente para cabos instalados em temperatura ambiente de 60 °C.

Como os cabos ficarão expostos e será utilizado o modo de instalação 2, conforme a tabela será necessário um cabo solar 1,8kVCC de 1,5mm² para cada string, porém essa bitola é de extrema dificuldade de se encontrar no mercado, sendo necessário encomendar diretamente da fábrica, o que ocasiona um atraso na instalação do sistema fotovoltaico, visto que o prazo de entrega deste material é maior que o prazo de validade do parecer de acesso, logo, a contratada optou por fazer a compra do cabo com a bitola mais próxima do necessário, e com maior facilidade de compra, optando pelo cabo de 6mm². Após o cálculo dos cabos em corrente contínua, foram feitos os cálculos para a parte de corrente alternada, a qual é ligada do inversor até o quadro geral do cliente. Com o auxílio da ABNT NBR 5410, a corrente nominal é dada por:

$$I_n = \frac{P}{V \cdot \sqrt{3}} = \frac{60000}{380 \cdot \sqrt{3}} = 91,18A \quad (5.2)$$

Onde: i) I_n é a corrente nominal; ii) P é a potência do inversor; e iii) V é a tensão de atendimento.

Através deste cálculo foi dimensionado o disjuntor do sistema e o cabo utilizado. O disjuntor escolhido foi o de 100A e para o cabo foi utilizado a tabela de cabos com isolamento EPR ou XLPE da ABNT NBR 5410, que para uma corrente de 100A é utilizado a bitola de 25mm². Para a secção mínima do condutor de proteção foi utilizado novamente a NBR5410, onde menciona que para secções maiores que 16mm² e menores ou iguais a 35mm² deve-se usar 16mm² como secção mínima do condutor.

No padrão de entrada e nas placas de sinalizações foram utilizados modelos ilustrativos retirados da especificação técnica 122 da ENEL, onde é tratado da conexão de micro e minigeração distribuída ao sistema elétrico, e a NTC-04 que trata do fornecimento de energia em tensão secundária. Para o padrão de entrada é especificado modelo genérico com a placa de advertência já instalada, ilustrado na Figura 5.12, e a placa de advertência de geração distribuída no circuito, instalada no transformador, é ilustrado na Figura 5.13.

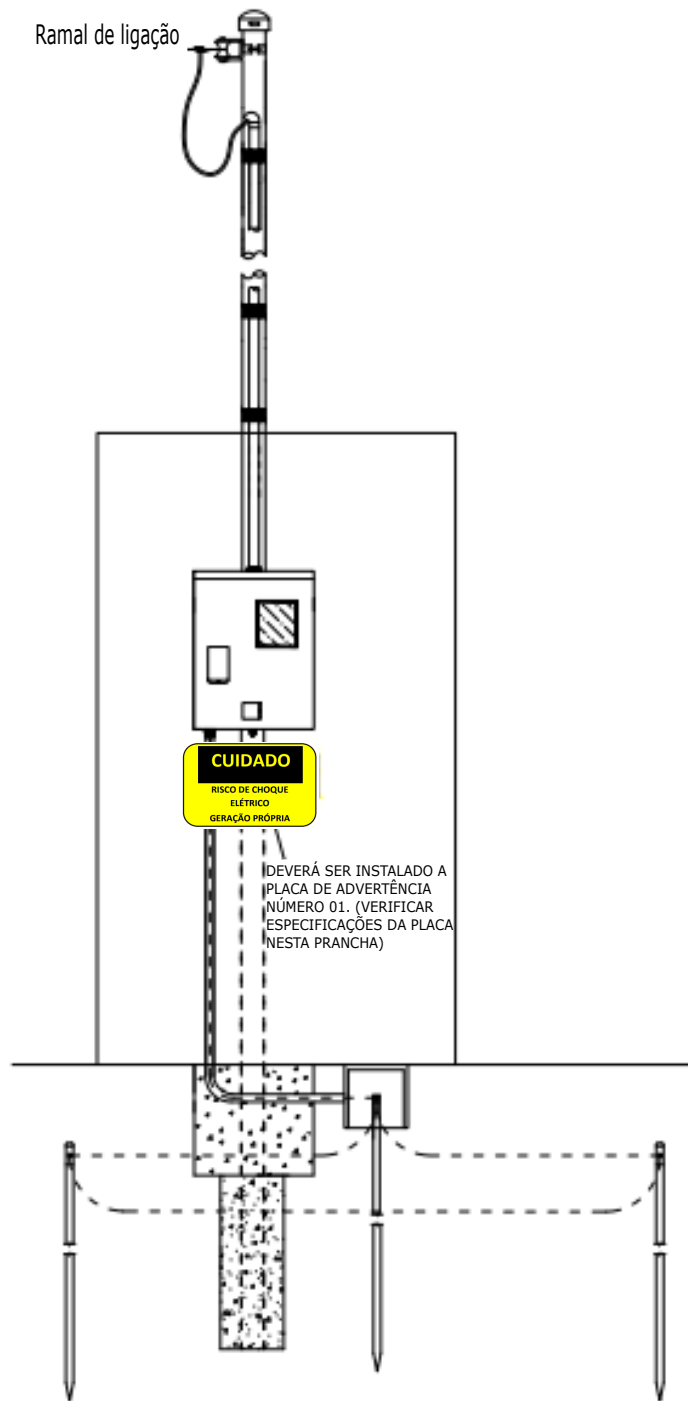


Figura 5.12 - Detalhe genérico da medição existente.

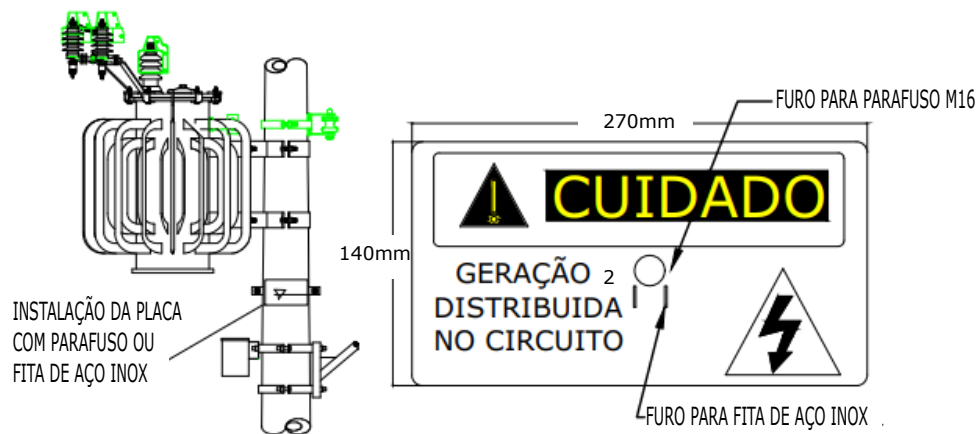


Figura 5.13 - Placa de advertência de geração distribuída no circuito.

Na prancha de localização da UC de instalação do sistema fotovoltaico foram colocadas as informações: i) titular da UC; ii) CEP da região; iii) cidade; iv) coordenada geográfica e v) coordenada *Universal Transverso de Mercator* (UTM). Através dos dados coletados e calculados foi montado a prancha de homologação apresentada no Anexo C com todos os requisitos exigidos pela ENEL.

5.1.7 Memorial descritivo, solicitação de acesso e registro da central geradora

Nos formulários necessários para a solicitação da microgeração, foram utilizados os itens 8, 10 e 17 disponibilizados nos formulários padrões do SICAP. Para o preenchimento foram utilizados os dados da UC e folha de dados dos equipamentos, em conjunto com os dados encontrados no dimensionamento do projeto. Todo o preenchimento foi feito conforme os dados contidos nos documentos, para que não houvesse divergência, o que ocasionaria na reprovação do projeto.

5.2 Submissão do projeto

Após a elaboração do projeto e preenchimento da documentação, foi realizada a etapa de homologação em conjunto com a concessionária, primeiramente com a criação da conta no SICAP, onde foi posteriormente cadastrado um novo projeto através do preenchimento dos dados contidos no projeto elétrico e fatura de energia do cliente, conforme ilustrado nas Figuras 5.14 e 5.15. Para o preenchimento da demanda projetada foi utilizado a potência de placas do sistema, sendo necessário

multiplicar a potência das placas individualmente pela quantidade total de placas, obtendo assim a demanda de geração do sistema em kW.

SELECIONE O TIPO DE PROJETO

- Medição única
- Grupo A - Demanda
- Grupo A - Mini/Microgerador
- Grupo B - Agrupamento
- Grupo B - Microgerador
- Grupo B - Microgerador - Potência Menor ou Igual a 10kWp
- RDR - Rede de Distribuição Rural
- RDU - Rede de Distribuição Urbana
- Zeis - Zona Especial de Interesse Social
- Iluminação Pública

Voltar

Figura 5.14 - Tipo de projeto.
Fonte:(ENEL, 2022a).

Novo Projeto de Grupo B - Microgerador

Demanda projetada: kVA

Interessado Nome da pessoa, empresa ou empreendimento

CPF CNPJ

Regional

Cidade

Endereço

Bairro

Voltar CADASTRAR

Figura 5.15 - Cadastro projeto.
Fonte:(ENEL, 2022a).

Assim que o cadastro foi concluído foram anexados os documentos e projeto, con-

forme ilustrado nas Figuras 5.16 e 5.17. Em seguida, é realizada a tramitação com um prazo de 15 dias para a análise e resposta da concessionária.



Figura 5.16 - Envio dos documentos.
Fonte:(ENEL, 2022a).



Figura 5.17 - Envio do projeto.
Fonte:(ENEL, 2022a).

5.3 Instalação do sistema fotovoltaico

Após 15 dias do envio do projeto obteve-se o retorno por parte da ENEL com aprovação do projeto e liberação do parecer de acesso, conforme ilustrado na Figura 5.18, e nos Anexos C e D. Na prancha de aprovação foi inserido uma nota da ENEL

informando que se o conjunto de medição informado (T4) não exista, será necessário a aprovação de projeto específico do Grupo B, conforme previsto na NTC04. No caso da empresa contratante o conjunto de medição T4 já é existente, sendo assim dispensável a modificação informada pela ENEL.

Interessado: XXXXXXX				
Tramitações				
Tipo	Local	Status	Data	Laudo
Projeto	Cliente	Em Análise	26/07/2022 12:13:02	
Projeto	Mercado	Em Análise	26/07/2022 12:17:59	
Projeto	Mercado	Aprovado	10/08/2022 16:15:53	<input type="button" value="Q"/>
Projeto	Cliente	Aprovado	10/08/2022 16:56:55	
Documentos				
Documentos adicionais				

Figura 5.18 - Aprovação do projeto.
Fonte:(ENEL, 2022a).

Assim que o parecer de acesso foi emitido, iniciou-se a montagem do sistema do cliente. O primeiro passo foi definir a quantidade de estruturas de fixação necessárias para instalação. Cada estrutura comporta 4 placas e pela característica do telhado do cliente foi utilizado somente o modelo de estrutura para telha metálica, com o total de 40 estruturas. Na montagem de cada kit foram fixados os mini trilhos e posicionadas as placas na superfície dos mesmos, finalizando com a fixação dos grampos, conforme ilustrado na Figura 5.19. A lista de materiais utilizados na montagem do sistema está disposta na Tabela 5.3.

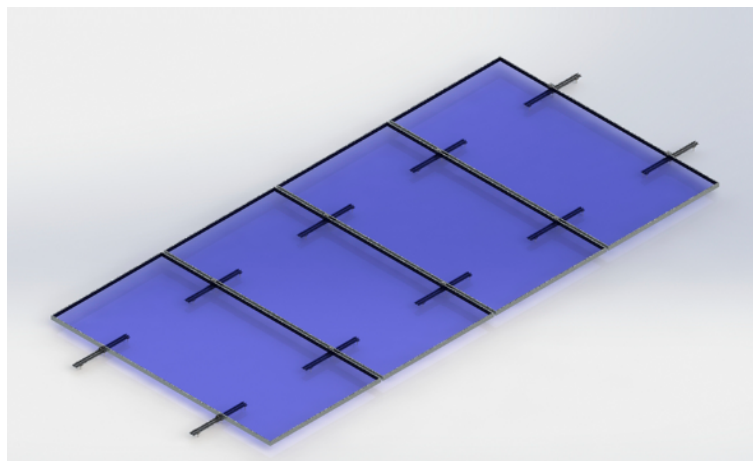


Figura 5.19 - Estrutura solar para telha metálica.
Fonte:(HIPER, 2022).

Lista de Materiais					
Parte CC		Parte CA		Estrutura	
1	Inversor	1	Quadro metálico	1	Grampo intermediário (com parafuso e porca)
2	Placas 450W p	2	Disjuntor 100A	2	Grampo final (com parafuso e porca)
3	Cabo 6mm ² (preto e vermelho)	3	Cabo 25mm ² (preto e azul)	3	Mini trilho (com parafuso e porca)
4	Eletroduto corrugado 2"	4	Cabo 16mm ² (verde)		
5	Abraçadeira 2"	5	Eletroduto galvanizado		
6	Parafuso e bucha s8	6	Placas de advertência		
7	Conector MC4	7	Barramento terra e neutro		
8	Condutele 2"	8	Conector olhal de 25 e 16mm ²		
		9	DPS 275V		
		10	Abraçadeira 3/4"		
		11	Condutele 3/4"		

Tabela 5.3 - Lista de materiais utilizados na montagem do sistema fotovoltaico.

O aterramento do sistema foi feito na malha existente do cliente, por este motivo não foi incluso material para aterramento. A montagem iniciou-se primeiramente com as estruturas das placas, em seguida foi feita a fixação das placas para ser possível fazer a conexão entre elas utilizando o método *leap-frog*, onde a conexão é realizada de modo alternado, em ambos sentidos, retornando ao mesmo ponto no término da ligação. Desta forma, as terminações do circuito série ficam próximas,

eliminando a utilização do cabo de retorno, conforme ilustrado na Figura 5.20. Assim que a conexão das placas foi finalizada, para cada *string* foi levado um cabo positivo e outro negativo até o local que o inversor iria ser instalado, finalizando toda a infraestrutura da parte de corrente contínua, conforme ilustra a Figura 5.21.

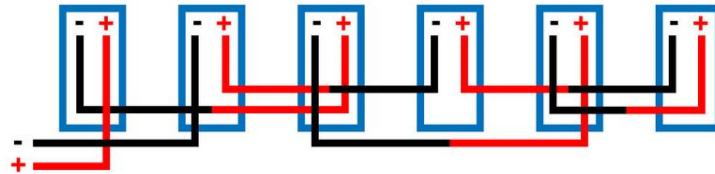


Figura 5.20 - Conexão *leap-frog* dos módulos fotovoltaicos.



Figura 5.21 - Placas montadas e circuito CC encaminhado até o inversor.

Com a finalização da montagem das *strings* e da infraestrutura dos cabos CC, é dado início na montagem do inversor e do quadro de proteção para corrente alternada, ilustrado na Figura 5.22, não havendo necessidade de quadro de proteção para corrente contínua pelo fato do inversor conter as proteções necessárias. Após a montagem, foi realizado o encaminhamento e conexão do cabeamento CA do inversor até o quadro de proteção, deste até o quadro geral do cliente, além da conexão do cabeamento CC.

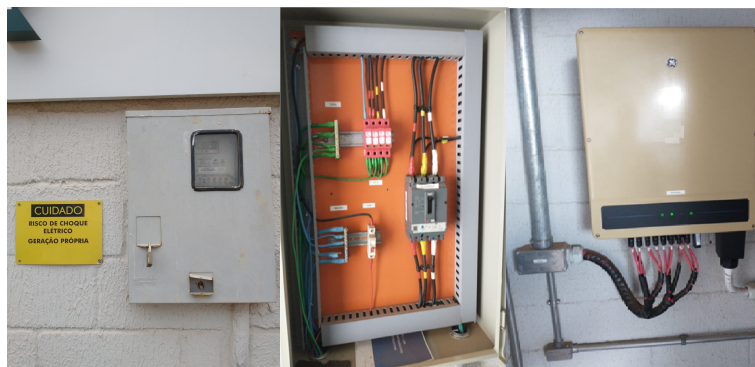


Figura 5.22 - Montagem finalizada do quadro de proteção CA, inversor e da placa de advertência.

Para finalização do sistema foi realizada a parametrização do inversor conforme folha de dados, para que o cliente tenha acesso aos dados de geração pelo *smartphone*. Concluída a parametrização foi energizado o sistema para realização dos testes requeridos pela concessionária durante a solicitação da vistoria e, em seguida, desenergizado o sistema. A placa de advertência quanto ao risco de choque elétrico foi instalada ao lado do padrão de entrada, conforme ilustrado na Figura 5.12. Além desta, foi entregue ao cliente a placa de advertência sobre a presença de geração distribuída no circuito, devendo ser entregue para a concessionária durante a vistoria.

5.4 Solicitação e vistoria do sistema

Assim que finalizado a instalação do sistema foram coletados os dados de medição realizados entre cada fase, fase e neutro, com e sem inversor, conforme solicitado no relatório de comissionamento, além das fotos do sistema montado e dos testes realizados, para anexar no relatório. Para o envio dos documentos, a ENEL disponibiliza um site para a realização da solicitação de vistoria e acompanhamento, como ilustrado na Figura 5.23.

Solicitação de Vistoria de Mini e Microgeradores

Para "Solicitação de Vistoria" de Mini e Microgeradores ao sistema elétrico, são necessários os seguintes passos:

1. Preencher o formulário básico;
2. Fazer o download da documentação necessária, preencher e assinar os documentos, caso necessário;
3. Fazer o upload dos documentos para distribuidora;
4. Confirmar o processo de início da solicitação.

Ao preencher o formulário básico (passo 1) e passar para o passo 2 (download da documentação), será exibido no canto da tela o Número de Solicitação, um número para acompanhamento de sua solicitação. Este número é importante para você! Com ele, você poderá fazer o acompanhamento da sua solicitação usando botão Acompanhar Solicitação em Andamento.

O botão Iniciar Nova Solicitação inicia o passo a passo listado acima, disponibilizando botões para download da documentação, uma área para o upload dos documentos preenchidos e a geração do seu Número de Solicitação para acompanhamentos futuros.

Lembre-se, para ingresso da solicitação, tenha em mãos a documentação abaixo:

- ART de Ensaio/Comissionamento;
- Relatório de Comissionamento;
- Parecer de Acesso;
- Relacionamento Operacional/Acordo operativo assinado;
- Projeto Aprovado / Diagrama Unifilar aprovado;
- Lista de UC's beneficiárias com o percentual de rateio.

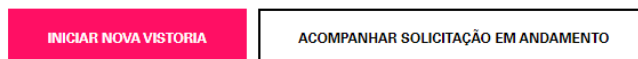


Figura 5.23 - Solicitação de Vistoria de Mini e Microgeradores.
Fonte:(ENEL, 2022b).

Ao acessar o site foi preenchido os dados referentes a unidade consumidora solicitante do sistema de microgeração, os dados do sistema de geração e o parecer de acesso. Assim que todos os dados foram preenchidos avançou-se para a segunda etapa onde foi disponibilizado o modelo do relatório de comissionamento e a tabela de preenchimento das unidades consumidores que deseja-se realizar a compensação de créditos e junto com esses dois anexos foi gerado um protocolo para acompanhamento.

Para o relatório de comissionamento foi primeiramente efetuado o preenchimento dos dados da UC e do proprietário, depois do responsável técnico. Posteriormente foi inserido os dados referentes ao sistema montado e a confirmação de conformidade com o projeto aprovado, em seguida foram informados os valores aferidos de tensão no ponto de conexão. Para comprovação dos dados informados foram anexados com o documento as fotografias dos valores lidos e do quadro de proteção com o inversor.

O cliente não optou por utilizar os créditos gerados em outra unidade, mas sim na própria unidade consumidora da geração. Em seguida foram enviados os documentos requeridos conforme a Figura 5.24, finalizando a solicitação e aguardando a análise dos dados e dos documentos enviados.








Diagrama Unifilar Básico - DUB *		<input type="text"/>	SELECIONAR
Anotação de Responsabilidade Técnica-ART ou Termo de Responsabilidade Técnica- TRT *		<input type="text"/>	SELECIONAR
Lista de UC's beneficiárias com o percentual de rateio. *		<input type="text"/>	SELECIONAR
Procuração Assinada		<input type="text"/>	SELECIONAR
Relatório de Comissionamento *		<input type="text"/>	SELECIONAR
Parecer de Acesso *		<input type="text"/>	SELECIONAR
Relacionamento Operacional ou Acordo Operativo *		<input type="text"/>	SELECIONAR

Figura 5.24 - Documentos para solicitação de vistoria de Mini e Microgeradores.
Fonte:(ENEL, 2022b).

Na vistoria do sistema o técnico verificou a conformidade da instalação segundo o projeto homologado na concessionária, realizando também a verificação da interligação do sistema na malha de aterramento do cliente. Dado que nenhuma divergência foi encontrada, o técnico substituiu o medidor do cliente por medidor bidirecional e ligou o inversor, dando início a geração do sistema, finalizando o processo de homologação da microgeração fotovoltaica.

5.5 Qualidade de energia

No quadro de proteção do sistema fotovoltaico foi instalado analisador de energia, conectado para sistema trifásico com neutro e terra curto-circuitados, conforme

ilustrado na Figura 5.25. Na parametrização do aparelho foi selecionado a tensão de 380V, com o tempo de leitura determinado pelo PRODIST, que é de 7 dias. Foram coletados dados de: i) tensão; ii) harmônicas; iii) *flicker*; iv) Desequilíbrio e v) frequência.

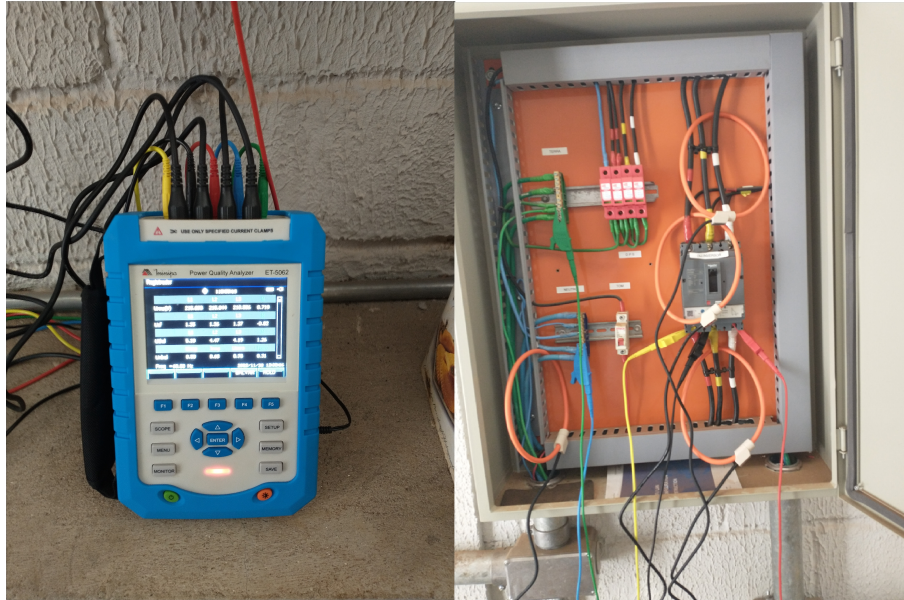


Figura 5.25 - Conexão do analisador de energia.

Após a conexão do analisador de energia no quadro, foi dado início na leitura dos dados do sistema. Assim que finalizado, foi retirado o equipamento e coletados os dados através de um conector RJ45. O próximo passo foi o tratamento dos dados para a obtenção das características da qualidade de energia do sistema e comparação com os limites do PRODIST.

5.5.1 Parâmetros de qualidade de energia

Com a extração dos dados do analisador é gerada uma planilha em extensão .CSV com as amostras coletadas do sistema, conforme ilustrado na Figura 5.26, onde tensão RMS é a tensão eficaz. Durante o período de amostragem houve um distúrbio na rede de distribuição que fez com que as leituras tivessem, por um determinado tempo, mudanças abruptas, sendo estes dados desconsiderados para efeitos de cálculos, uma vez que não tiveram mais ocorrências no restante do período de medição. Para os indicadores das variações de tensão em regime permanente foi realizada a divisão dos níveis de tensão em: i) adequados; ii) precários e iii) críticos, conforme

ilustrado na Figura 5.27, onde TL é a tenção de linha.

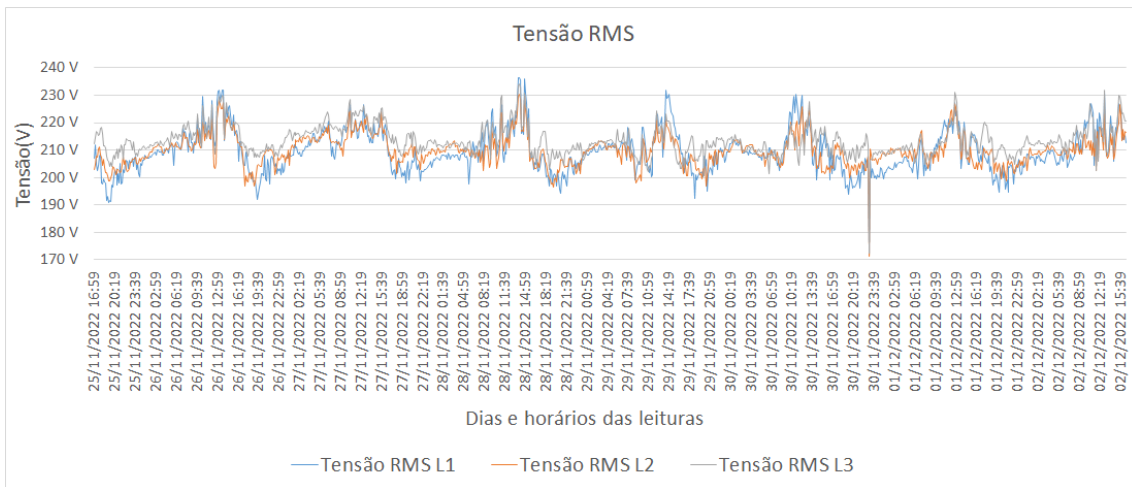


Figura 5.26 - Tensão RMS.

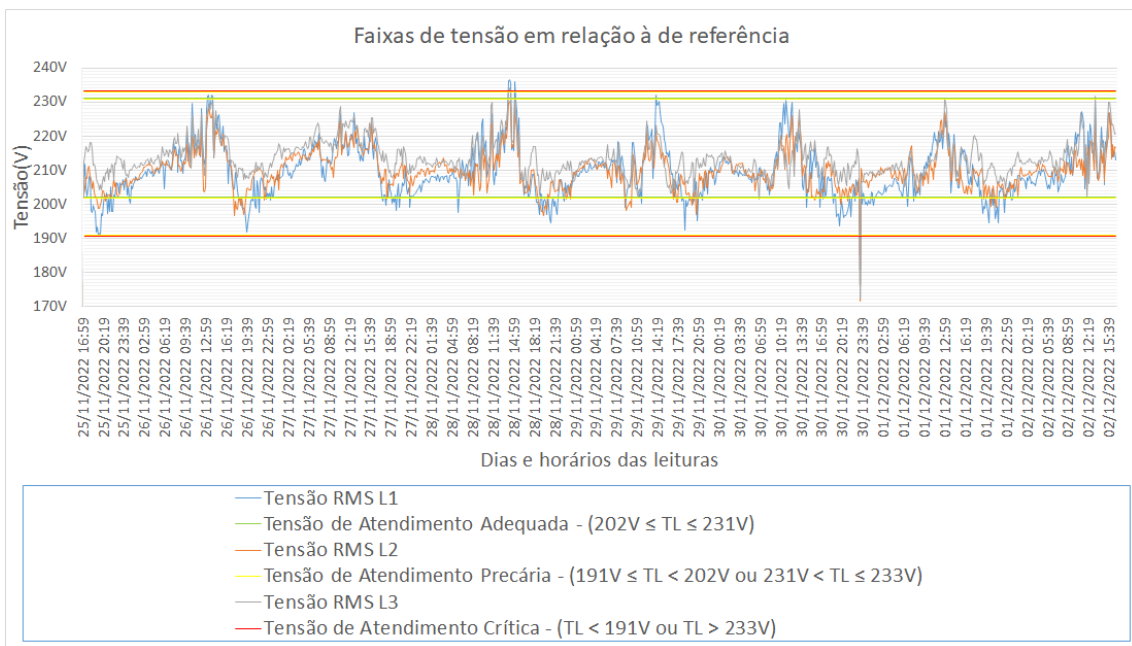


Figura 5.27 - Faixas de tensão em relação à tensão de referência.

Com a obtenção do conjunto de leituras válidas, foi calculado os indicadores DRP e DRC dispostos no PRODIST. Para determinar o DRP foi realizado o levantamento

do maior valor de tensão entre as fases dentro o número de leituras situadas na faixa precária, obtendo-se o valor de 7,068V. Realizando a divisão pelo número de leituras da amostra, resultou no DRP de 0,7%. Para o cálculo do DRC foi repetido o mesmo processo, utilizando o maior valor de tensão entre as fases do número de leituras situadas na faixa crítica, o DRC de 0,47%. Ambos os limites dos indicadores se encontram em conformidade com o PRODIST, visto que os limites dispostos para o DRP e DRC estão situados nas faixas de 3% e 0,5% respectivamente (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

Analisando os dados de fator de potência lidos pelo analisador, foi realizado o tratamento dos dados extraídos e representados conforme ilustrado na Figura 5.28. Analisando o gráfico, para valores próximos a potência nominal, o fator de potência se mantém conforme os limites do PRODIST e com o estabelecido na folha de dados do inversor. Nos momentos em que as placas solares estão com pouca incidência solar, os valores declinam de forma acentuada, resultado de sombreamentos nos módulos solares. No início da geração o fator de potência se eleva até que o inversor atinja sua potência nominal, o que também ocorre nos momentos finais da geração, onde o fator de potência reduz até zerar com o desligamento do sistema.

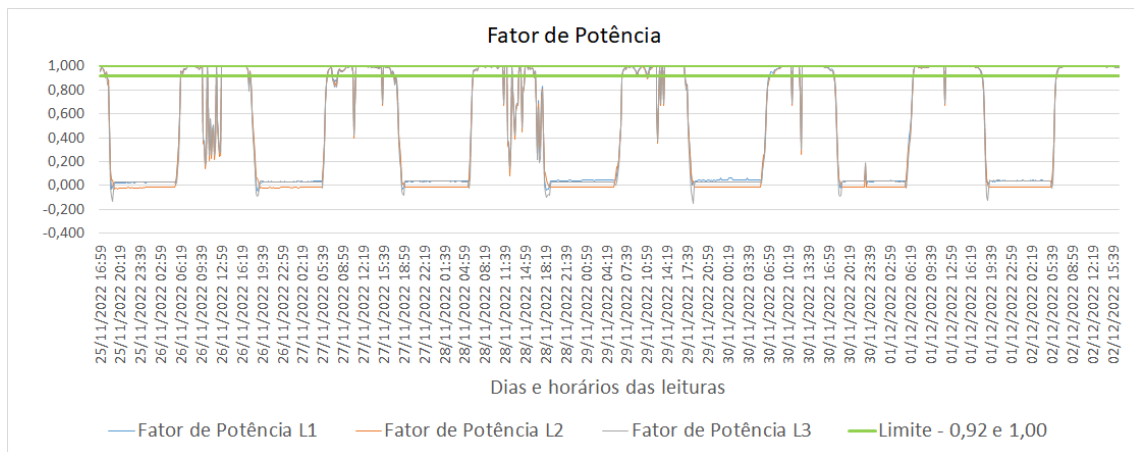


Figura 5.28 - Fator de Potência.

A distorção harmônica total de tensão foi obtida através dos valores lidos das ordens harmônicas de 2 a 25, e da tensão fundamental medida. Através das equações disponibilizadas no PRODIST, foi encontrado o valor da $DTT\%$ para fase, conforme ilustrado na Figura 5.29. O PRODIST determina que para tensões nominais menores que 2,3kV, o limite de $DTT95\%$ é de 10%, e todos os valores obtidos na

leitura se mantiveram abaixo do determinado, com exceção do distúrbio ocorrido, desconsiderado da análise por estar dentro da margem de tolerância.

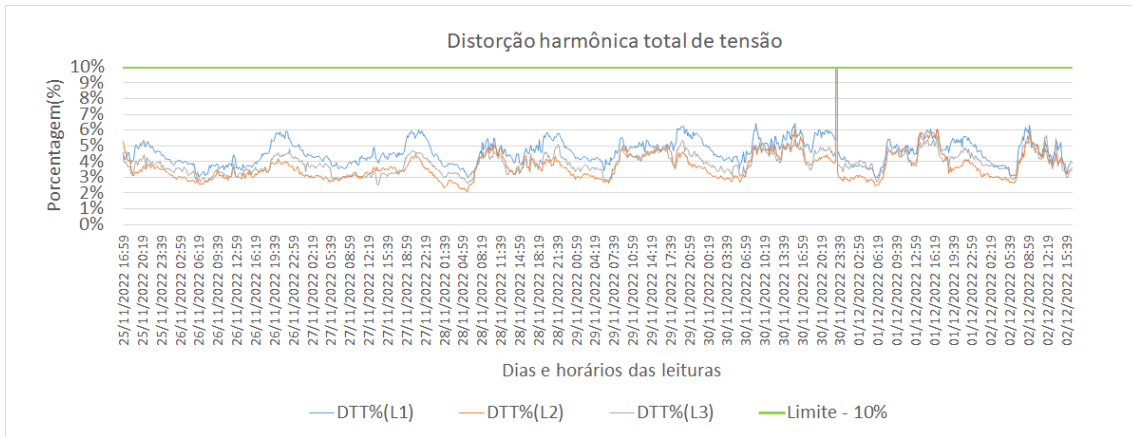


Figura 5.29 - Distorção harmônica total de tensão (DTT).

Para a $DTT_p\%$ foram considerados todas as ordens harmônicas pares, não múltiplas de 3: i) h_2 ; ii) h_4 ; iii) h_8 ; iv) h_{10} ; v) h_{14} ; vi) h_{16} ; vii) h_{20} e viii) h_{22} . Substituindo os valores na equação é obtido os indicadores para cada fase e cada leitura realizada, conforme ilustrado na Figura 5.30. É determinado para esse indicador o limite de 2,5% da tensão nominal, logo, todos os valores lidos pelo analisador se encontram abaixo do limite determinado.

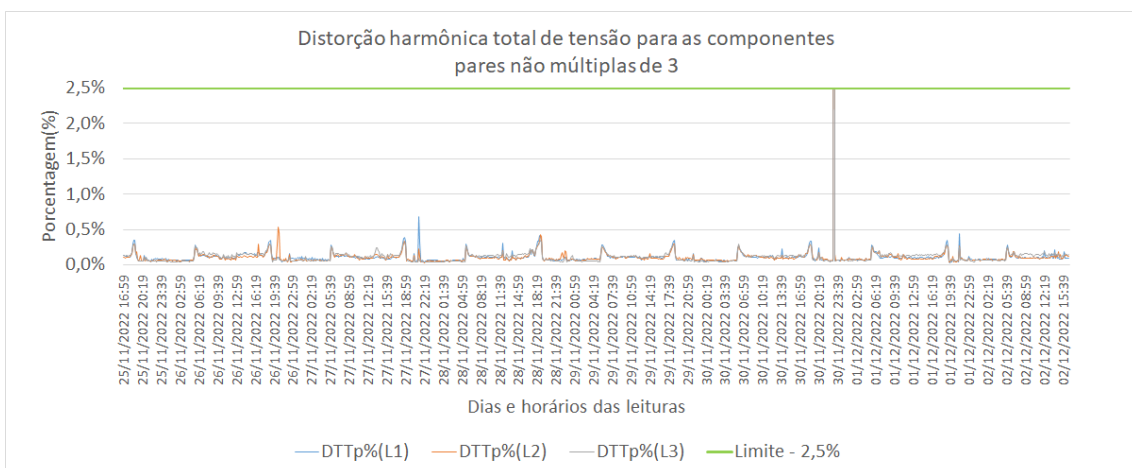


Figura 5.30 - Distorção harmônica total de tensão para as componentes pares não múltiplas de 3 ($DTT_p\%$).

A próxima análise foi realizada para a $DTT_i\%$ com as ordens harmônicas ímpares, não múltiplas de 3: i) h_5 ; ii) h_7 ; iii) h_{11} ; iv) h_{13} ; v) h_{17} ; vi) h_{19} ; vii) h_{23} e viii) h_{25} . Com o cálculo do indicador, foram obtidos os valores ilustrados na Figura 5.31, onde o limite é 7,5% do valor da tensão nominal (DISTRIBUIÇÃO, 2022). Desta forma, percebe-se que os valores mantiveram-se abaixo do limite.

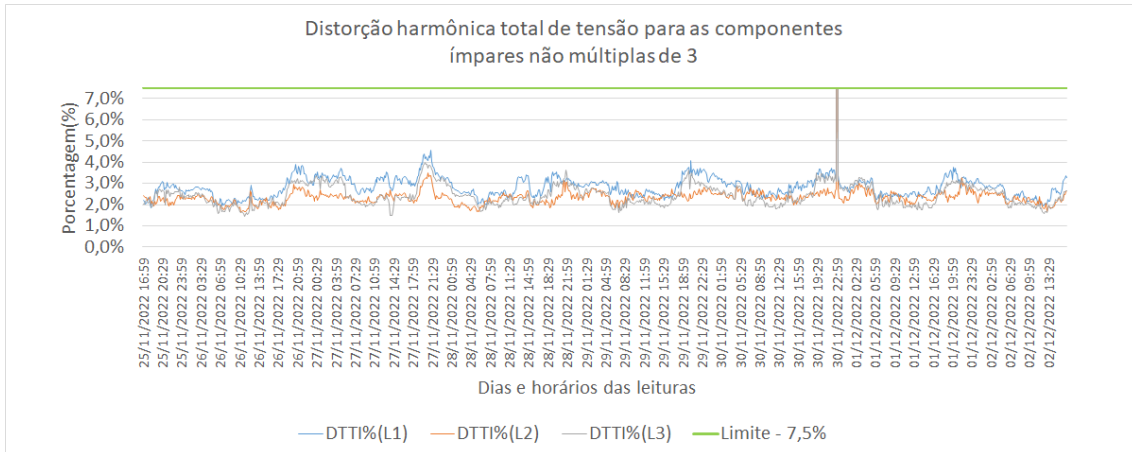


Figura 5.31 - Distorção harmônica total de tensão para as componentes ímpares não múltiplas de 3 ($DTT_i\%$).

O último indicador referente às harmônicas é a $DTT_3\%$, a qual se utiliza as ordens múltiplas de 3: i) h_3 ; ii) h_6 ; iii) h_9 ; iv) h_{12} ; v) h_{15} ; vi) h_{18} ; vii) h_{21} e viii) h_{24} . O PRODIST estabelece que o indicador deve se manter no limite máximo de 6,5% do valor fundamental da onda de tensão. Utilizando a equação disponibilizada para este indicador, obteve-se os valores ilustrados na Figura 5.32 referentes ao limite $DTT_3\%$ da tensão fundamental. O indicador manteve-se em todas as leituras analisadas abaixo do limite estabelecido.

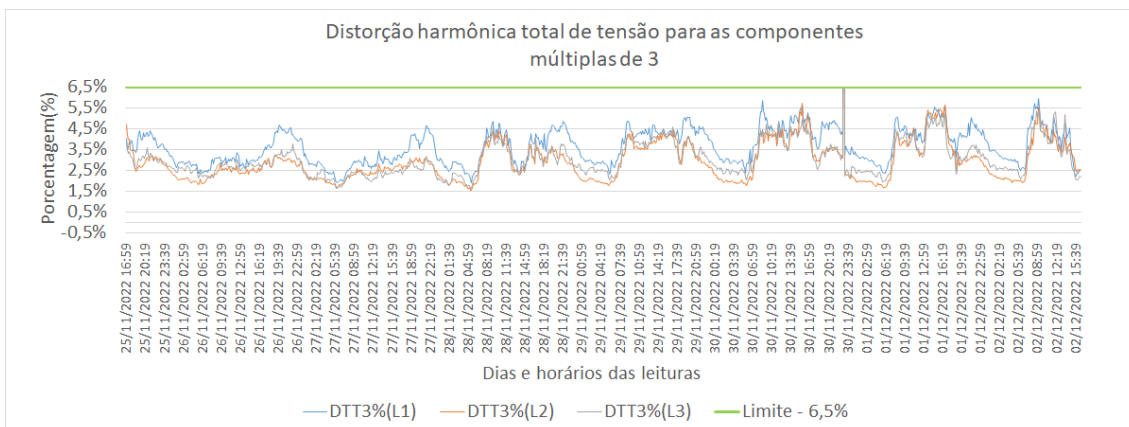


Figura 5.32 - Distorção harmônica total de tensão para as componentes múltiplas de 3 ($DTT_3\%$).

Na análise de desequilíbrio de tensão foram tratados os dados de tensão de sequência negativa lidas pelo inversor, cujo limite do indicador é 3% de desequilíbrio. Os valores lidos de cada fase foram analisados e ilustrados na Figura 5.33. Seu percentual de distorção manteve-se inferior ao limite disposto, estando em conformidade com o PRODIST (DISTRIBUIÇÃO, 2022).

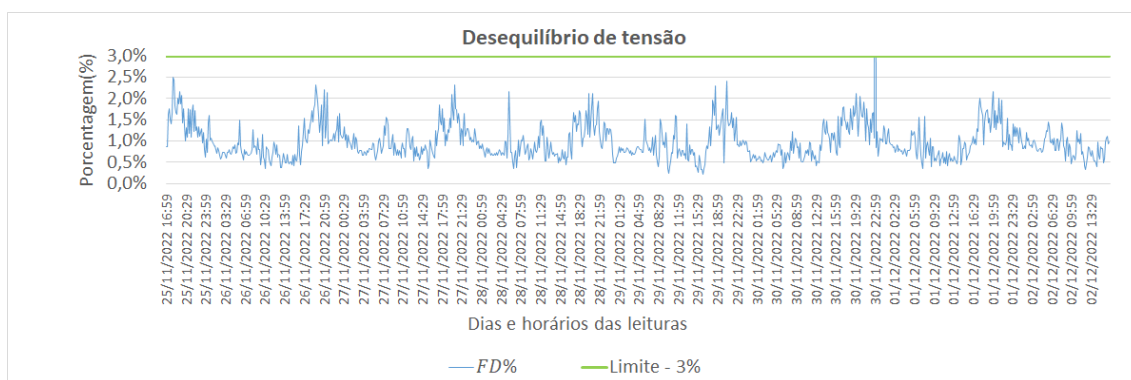


Figura 5.33 - Desequilíbrio de tensão.

Analisando os dados coletados do inversor, notou-se que não foram obtidas as leituras referentes aos valores momentâneos do *flicker*. Em pesquisa mais profunda no funcionamento do analisador de energia utilizado, constatou-se que o método de leitura dos dados utilizados realizado através do registrador do analisador onde foi estabelecido a data de início e término da leitura não foi capaz de estabelecer

valores para os *flicker*, uma vez que para sua obtenção deve-se fazer leituras consecutivas a cada minuto durante 10 minutos e a parametrização realizada para a leitura foi de intervalos de 10 minutos consecutivos durante 7 dias. Para a obtenção dos valores do *flicker* seria necessária nova leitura, onde seria possível estabelecer o intervalo de tempo necessário para a extração dos dados, porém, por falta de contato com a empresa responsável pelo sistema fotovoltaico, foi inviável a obtenção deste parâmetro.

A variação de frequência foi analisada conforme as leituras do analisador, realizadas em período de 10 minutos consecutivos. O PRODIST determina que as distribuidoras e instalações de geração conectadas a ela devem operar conforme os limites de frequência situados entre 59,9Hz e 60,1Hz. Nos valores lidos pelo analisador, conforme ilustrado na Figura 5.34, o inversor manteve-se dentro do intervalo estabelecido.

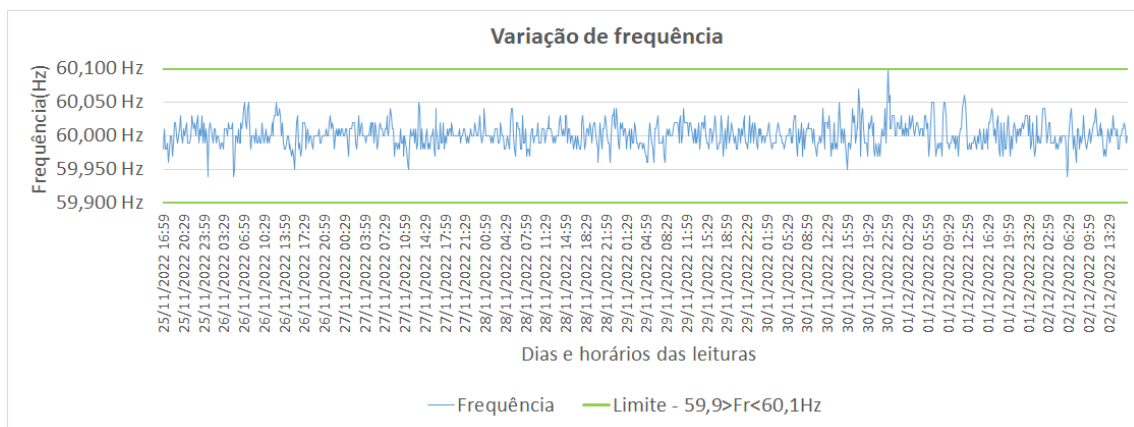


Figura 5.34 - Variação de frequência.

5.6 Considerações Finais

Este capítulo descreveu os resultados obtidos com a aplicação da metodologia na implementação do projeto fotovoltaico de 60kW. Primeiramente foi realizada a homologação do sistema, sendo realizado o levantamento dos documentos necessários e as características dos equipamentos, seguido do dimensionamento do projeto elétrico e preenchimento dos documentos disponibilizados pela concessionária para implementação no processo de homologação, finalizando esta etapa com a submissão das documentações e do projeto. Assim que emitido o parecer de acesso foi realizado a instalação do sistema, seguido da solicitação de vistoria através do site da concessi-

onária, finalizando com a conexão do analisador de energia e tratamento dos dados obtidos após iniciar a geração do sistema, comparando os valores obtidos com os limites estabelecidos no módulo 8 do PRODIST.

CAPÍTULO 6

Conclusão

Neste trabalho foram apresentados os principais passos para a homologação do sistema de microgeração fotovoltaico e seu modo de instalação. Analisando os limites dos indicadores disponibilizados no módulo 8 do PRODIST, referente a qualidade de energia, foi realizada a medição dos dados de geração no quadro do sistema fotovoltaico utilizando analisador de energia com os intervalos de leituras estabelecidos pelo PROTIST.

Os métodos utilizados para a homologação e instalação do sistema foram eficazes, o que é confirmado pela aprovação sem ressalvas do parecer de acesso e vistoria realizada pela concessionária. As leituras dos parâmetros de qualidade de energia realizadas pelo analisador de energia comprovaram que o sistema se comporta conforme os indicadores determinados pelo PRODIST, com exceção do parâmetro *flicker* por ausência de dados e o fator de potência, pois quando o inversor trabalha com potências abaixo da nominal os níveis do fator de potência decaem para níveis insatisfatórios.

Para trabalhos futuros, espera-se realizar comparação do comportamento e qualidade de energia elétrica de unidade consumidora conectada ao sistema de distribuição de baixa tensão com o sistema de geração fotovoltaica desconectado da rede e conectado na rede. Outro estudo que pode ser realizado é sobre o comportamento do fator de potência em indústrias conectadas ao sistema de distribuição de média tensão que possuem sistemas de geração fotovoltaica instalados, visto que o fator de potência para este trabalho decaiu quando o inversor opera em potências abaixo da nominal, levando em consideração as penalizações aplicadas pelo descumprimento para fatores de potência abaixo do estabelecido por norma.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGREDA, K.; ERAZO, J.; RAMOS, J. Impact of a distributed photovoltaic generation on power quality in a low voltage distribution network at universidad de el salvador. In: IEEE. **2018 IEEE 38th Central America and Panama Convention (CONCAPAN XXXVIII)**. [S.l.], 2018. p. 1–6. 18

ALMEIDA, D. N. O. et al. Análise de viabilidade econômica de adesão ao mercado livre de energia. Araranguá, SC, 2021. 23

ALVES, T. F. Estudo e análise da eficiência de inversores solar fotovoltaico. Universidade Federal do Tocantins, 2019. 26

ANEEL. **Geração Distribuída**. 11 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/geracao-distribuida>. 1

_____. **Regras e Procedimentos de Distribuição (Prodist)**. 11 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/centrais-de-conteudos/procedimentos-regulatorios/prodist>. 1

ANEEL, C. T. Micro e minigeração distribuída. **Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação–Cedoc, 2014. 32

BEZERRA, F. D. Distribuição de energia elétrica. Banco do Nordeste do Brasil, 2019. 22

BONEBERG, B. S.; BERGHAN, M.; MATOS, L. de; DELLINGHAUSEN, M. L.; CURCIO, V. L.; ROSSINI, E. G. Qualidade de energia: estudo de caso de uma indústria metalmecânica no sul do brasil. **Revista Eletrônica Científica Da UERGS**, v. 3, n. 2, p. 315–339, 2017. 5, 7

BORGES, C. F. et al. Análise da qualidade da energia elétrica em um sistema fotovoltaico conectado a rede. Insitituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, 2019. 2

BOSO, A. C. M. R.; GABRIEL, C. P. C.; FILHO, L. R. A. G. Análise de custos dos sistemas fotovoltaicos on-grid e off-grid no brasil. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 8, n. 12, 2015. 26

CARARO, J. A. G. et al. Processo de otimização aplicada na adequação de tensão utilizando geração distribuída fotovoltaica. Universidade Federal de Goiás, 2018. 18

CARNAÚBA, R. d. M. F.; ROGÉRIO, J. P.; NASCIMENTO, A. R. Z. do. Análise do custo de produção da energia solar em maceió. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 6, n. 1, p. 43–43, 2020. 24

COSTA, G. M. Os princípios físicos do funcionamento de painéis solares. **EnPE**, v. 8, n. 1, 2021. 24

CREA-GO. **CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DE GOIÁS**. 11 2022. Disponível em: <https://www.creago.org.br/servico/view/2>. 47, 48, 49, 50

DANTAS, I. F. Estudo de correção das distorções harmônicas no lado de baixa tensão da subestação do ifsc câmpus florianópolis com filtros passivos. 2020. 10

DANTAS, O. de L.; APOLONIO, R. Qualidade de energia elétrica de um sistema fotovoltaico de 45 kwpc conectado à rede. **ES Engineering and Science**, v. 7, n. 4, p. 49–62, 2018. 2

DAPPER, P. V.; TOMÉ, B. P.; ZANATTA, J. M. Eficiência energética: estudo de caso em agroindústria do rio grande do sul. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 2, p. e41922042–e41922042, 2020. 9

DECKMANN, S. M.; POMILIO, J. A. Avaliação da qualidade da energia elétrica. **available in <http://www.dsce.fee.unicamp.br/antenor/pdf/qualidade/b5.pdf>**, 2017. 5

DELGADO, F.; CUNHA, P. Matriz energética brasileira no futuro: O que nos espera em 2050? o desafio é a entrega das transformações. FGV ENERGIA, 2020. 27

DELUNARDO, M. C. Análise econômica das novas regras de compensação de energia estabelecidas no marco legal da geração distribuída em sistemas de microgeração para consumidores do grupo b. Vitória, 2022. 30

DISTRIBUIÇÃO, P. de. Módulo 8–qualidade da energia elétrica. **Agência Nacional de Energia Elétrica–ANEEL**, 2022. 8, 13, 14, 17, 42, 43, 67, 69, 70

ENEL. **SGT SICAP - Módulo Cliente - Enel**. 11 2022. Disponível em: <http://sta.eneldistribuicao.com.br:8080/Sicap-web/Login2.xhtml>. 57, 58, 59

_____. **Solicitação de Vistoria de Mini e Microgeradores**. 11 2022. Disponível em: <https://www.eneldistribuicao.com.br/PortalGD/ENELGO/Acessante/>. 63, 64

EXAME. **Energia solar fotovoltaica: Brasil é o 4º país que mais cresceu em 2021**. 11 2022. Disponível em: <https://exame.com/esg/energia-solar-fotovoltaica-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-cresceu-em-2021/>. 1

FEARNSIDE, P. M. **Belo monte: Lições da luta 6-o apagão e a reformulação do desenho da barragem**. 2018. 1

GEBERT, A.; MULLER, R.; CASAGRANDE, D. **Energia solar fotovoltaica. Feira Regional de Matemática**, v. 1, n. 1, 2017. 25

GONÇALVES, W. E. F. et al. **Tarifação de energia elétrica industrial brasileira**. Universidade Federal de Campina Grande, 2015. 22

HIPER. **Kit Mini Trilho Para Telha Metálica**. 11 2022. Disponível em: https://hiperestruturasolar.com.br/produto/kit-mini-trilho-para-telha-metalica_1-1655148907. 60

IEEE STANDARDS. **IEEE Standards Association**. 2022. Disponível em: <https://standards.ieee.org/>. Acesso em: 16 outubro 2022. 19

INMETRO. **Registro de Objeto**. 11 2022. Disponível em: <http://registro.inmetro.gov.br/consulta/>. 52

JR, L. C. Z. **Fundamentos de sistemas elétricos de potência**. [S.l.]: Editora Livraria da Física, 2006. 22

JÚNIOR, C. J. d. O. et al. **Uma contribuição ao estudo e desenvolvimento de inversores solares com duas entradas de mppt independentes e capacidade de rastreamento do ponto de máxima potência em condições de sombreamento parcial**. Universidade Federal de Uberlândia, 2017. 26

KAGAN, N.; OLIVEIRA, C. C. B. D.; ROBBA, E. J. **Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica**. [S.l.]: Editora Blucher, 2005. 21

KAGAN, N.; ROBBA, E. J.; SCHMIDT, H. P. **Estimação de indicadores de qualidade da energia elétrica**. [S.l.]: Editora Blucher, 2009. 5

LAGO, S. M. S.; DELABENETA, C. A produção científica brasileira sobre energia solar fotovoltaica no período de 2007 a 2017. **Revista de Administração de Roraima-RARR**, Universidade Federal de Roraima, v. 8, n. 2, p. 416–441, 2018. 24

LIMA, G. Análise de viabilidade de projetos fotovoltaicos de microgeração. 2022. 29

LOPES, A. M. do N.; ANDRADE, J. T. de. O marco legal da geração de energia fotovoltaica no brasil: Uma análise da lei *n*º 14.300/2022 e seus impactos tributários. 2022. 30

MANOEL, C. A. S.; HAYASHI, C.; ALMEIDA, L. H. de et al. A importância da anel na prestação dos serviços de energia elétrica no brasil. **Research, Society and Development**, v. 7, n. 7, p. e377276–e377276, 2018. 6, 7

MAY, M. et al. Avaliação da qualidade da energia elétrica em um sistema fotovoltaico conectado à rede. Araranguá, SC, 2016. 2

MELLO, R. F. Andrade de; RODRIGUES, F. C. R.; DUQUE, L. P. Análise de patentes relacionadas à geração distribuída de energia elétrica no brasil. **Revista FSA**, v. 19, n. 9, 2022. 24

MELO, D. P. d. Impactos das distorções harmônicas e flutuações de tensão nas redes de distribuição do estado do ceará. 2022. 13

MENDONÇA, G.; SOUZA, P. A.; CÁSSIO, E. de. Análise da qualidade de energia na indústria. **Revista Mythos**, v. 13, n. 1, p. 76–86, 2020. 6

MENEZES, M. P. Impactos da lei 14.300 na viabilidade de usinas de micro e mini-geração fotovoltaica: estudo de caso no ceará. 2022. 30

MORENO, H. **Cabos elétricos para instalações fotovoltaicas**. 1 2023. Disponível em: <https://revistapotencia.com.br/wp-content/uploads/2020/04/Livro-Cobrecom-Cabos-el%C3%A9tricos-para-instala%C3%A7%C3%B5es-fotovoltaicas-revis%C3%A3o-1.pdf>. 53

MOURA, L. A. S. et al. Análise e composição da tarifação de energia elétrica e

avaliação da implementação da tarifa branca. Universidade Federal de Campina Grande, 2018. 22, 23

NEXO, J. **O crescimento da energia solar no Brasil. E o seu futuro.** 11 2022. Disponível em: <https://exame.com/esg/energia-solar-fotovoltaica-brasil-e-o-4o-pais-que-mais-cresceu-em-2021/>. 1

OLIVEIRA, G. T. G. d. **Sistema de monitoramento de variações de tensão de curta duração em redes de distribuição de energia.** Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2018. 14

ONS. **EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NO SIN - NOVEMBRO 2022/ DEZEMBRO 2026.** 11 2022. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>. 1

_____. **EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA NO SIN - OUTUBRO 2022/ DEZEMBRO 2026.** 2022. Disponível em: <<<http://www.ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-sistema-em-numeros>>>. 24

PAIVA, F. J. B. Equivalente da rede elétrica de distribuição cearense: um estudo de variação de tensão em regime permanente na conexão de novos clientes no regional cauípe. 2022. 7

PEREIRA, N. A. Estudo da norma “abnt nbr iso 50001: 2018”: gestão de energia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020. 18

PEREIRA, N. X. Desafios e perspectivas da energia solar fotovoltaica no brasil: geração distribuída vs geração centralizada. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2019. 24

POTÊNCIA, E. D. **AS 7 PRINCIPAIS TÉCNICAS DE MPPT.** 11 2022. Disponível em: <https://eletronicadepotencia.com/as-7-principais-tecnicas-de-mppt/>. 27

PRODIST, A. **Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional, MÓDULO 3 - CONEXÃO AO SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELETRICA.** [S.l.]: Revisão, 2022. 30

RODINO, A. A. Análise da qualidade de energia em postos de carregamento de bicicletas elétricas. **RICTS| Revista Internacional de Ciências, Tecnologia e Sociedade**, v. 3, n. 1, p. 32–54, 2020. 14

RODRIGUES, V. d. S. et al. Tarifação binômica para consumidores de energia de baixa tensão no brasil: viabilidade legal e técnica. 2020. 23

SCHRIEFER, D. H. Estudo da alteração da resolução normativa nº 482/2012 e seus impactos no mercado de geração fotovoltaica. 2022. 29

SILVA, J. L. de S.; CAVALCANTE, M. M.; MACHADO, R.; SILVA, M. R. da; DELGADO, D. B. de M. Análise do avanço da geração distribuída no brasil. In: **VII Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS 2018**. [S.l.: s.n.], 2018. 27

TORREZAN, G. F.; OLESKOVICZ, M.; PESSOA, A. L. d. S.; MARTINS, P. E. Estudo do desequilíbrio de tensão em um sistema de distribuição. In: **Congresso Brasileiro de Automática-CBA**. [S.l.: s.n.], 2019. v. 1, n. 1. 12

UNEP. **Investimentos em energia renovável alcançarão US\$ 2,5 trilhões nessa década**. 11 2022. Disponível em: <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/press-release/investimentos-em-energia-renovavel-alcancarao-us-25-trilhoes>. 1

ANEXO A - Folha de dados do inversor




**Intelligence
Switched On**

Rede Global de Vendas e Serviços

R. Gomes de Carvalho, 1765 - Vila
Olimpia, São Paulo - SP
Tel.: +55 81 4042 1229
suporte.br@gesolarinverter.com
vendas.br@gesolarinverter.com



340-00453-01

* GE é uma marca registrada da General Electric Company e é usada sob licença pela Jiangsu GoodWe Power Supply Technology Co., Ltd.
© 2020 Todos os direitos reservados



GEP 12-60kW TRIFÁSICO MANUAL DO USUÁRIO



Ver.1.1

INVERSOR SOLAR

<https://br.gesolarinverter.com/>

ÍNDICE

1 Símbolos	01
2 Medidas de Segurança e Advertência	02
3 Apresentação do Produto	04
3.1 Uso Pretendido	04
3.2 Visão Geral do Inversor	05
3.3 Descrição Técnica	06
3.4 Embalagem	07
4 Instalação	09
4.1 Instruções de Montagem	09
4.2 Instalação do Equipamento	09
4.3 Conexão Elétrica	12
4.4 Conexão da Comunicação	17
5 Operação do Sistema	21
5.1 Painel de LCD e de LED	21
5.2 Apresentação da Interface de Usuário	22
5.3 Configuração do Sistema	25
5.4 Precauções para a Primeira Inicialização	29
5.5 Parâmetros Especiais Ajustáveis.....	30
6 Resolução de Problemas	33
7 Parâmetros Técnicos e Diagrama de Bloco	35
7.1 Parâmetros Técnicos	35
7.2 Diagrama de Blocos	39
8 Manutenção	40
8.1 Limpeza do das Ventoinhas	40
8.2 Verificando a Chave CC	41
8.3 Verificando a Conexão Elétrica	41

1 Símbolos



A não observância das advertências indicadas neste manual pode resultar em ferimentos.



Risco de alta tensão e choque elétrico



Não toque. Superfície quente!



Este lado para cima - As setas na embalagem devem sempre apontar para cima



Não empilhe mais de seis (6) embalagens idênticas uma sobre a outra.



Frágil



Materiais recicláveis



Instruções especiais de descarte



Mantenha seco



Consulte instruções de utilização



Aguarde, pelo menos, 5 minutos após a desconexão do inversor antes de manusear as peças internas



Marca da CE.

2 Medidas de segurança e advertência

Este manual contém informações importantes sobre o inversor da série GEP, as quais devem ser seguidas durante a sua instalação.

A linha GEP de inversor trifásico sem transformador de três ou seis MPPTs, que consiste nos tipos de modelo GEP12-L-10, GEP15-L-10, GEP20-L-10, GEP25-10, GEP30-10, GEP36-10, GEP29-9-10, GEP30-L-10, GEP35-L-10, GEP50-10 e GEP60-10

A linha GEP foi projetada e estritamente testada de acordo com as normas de segurança internacionais. Por ser um equipamento eletroeletrônico, as instruções de segurança relacionadas a ele devem ser seguidas durante a instalação, o comissionamento e a operação. A operação incorreta ou inadequada pode resultar em danos:

1. À vida e ao bem-estar dos operadores e de terceiros.
 2. Ao inversor e a outras propriedades que pertençam a um operador ou a terceiros. Portanto, as seguintes instruções de segurança devem ser lidas e sempre consideradas antes de qualquer trabalho. Todas as observações e avisos de segurança relacionados ao trabalho serão especificados em pontos críticos do capítulo correspondente.
- Todo o trabalho elétrico e instalação deve ser realizado por profissionais qualificados. Eles:
- Foram treinados especificamente para isso.
 - Já leram e compreenderam na íntegra o manual e os documentos relacionados.
 - Estão familiarizados com os requisitos de segurança para sistemas elétricos.

O inversor deve ser instalado e mantido por profissionais em conformidade com os regulamentos de padrões elétricos locais e requisitos das autoridades e empresas do setor de energia locais.

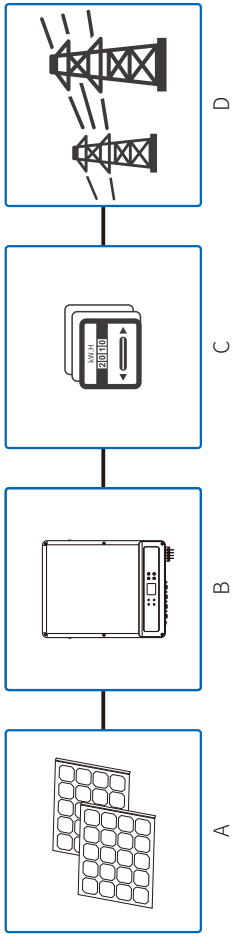
- O manuseio inadequado deste dispositivo representará risco de lesões.

- Sempre siga as instruções contidas no manual ao mover ou posicionar o inversor.
- Caso o equipamento seja manuseado incorretamente, seu peso poderá causar lesões, ferimentos sérios ou contusão.
- Instale-o em um local longe do alcance de crianças.
- Antes de instalar ou fazer a manutenção do inversor, é fundamental certificar-se de que o inversor não esteja conectado à eletricidade.
- Antes de fazer a manutenção do inversor, desconecte primeiro a conexão entre a rede CA e o inversor e, em seguida, desconecte a conexão entre a entrada CC e o inversor. Será necessário aguardar pelo menos 5 minutos após esta desconexão para evitar choques elétricos.
- Todos os cabos devem estar bem firmes, isolados corretamente, dimensionados adequadamente e sem danos.
- A temperatura em algumas peças do inversor pode exceder os 60 °C durante a operação. Para evitar queimaduras, não toque no inversor durante a operação. Deixe-o esfriar antes de tocá-lo.
- Não é permitido abrir a tampa frontal do inversor sem permissão. Os usuários não devem tocar/substituir quaisquer componentes do inversor, exceto os conectores CC e CA.
- O fabricante não arcará com quaisquer consequências causadas por ações não autorizadas que possam causar ferimentos em pessoas e danos aos inversores.

3 Apresentação do Produto

3.1 Uso Pretendido

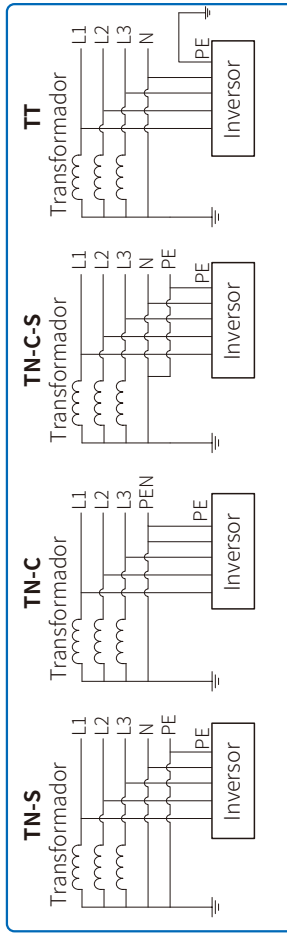
A série GEP é um inversor conectado à rede, com três ou seis MPPT, trifásico e sem transformador. Ele é uma unidade crucial entre a string FV e a rede elétrica no sistema de energia FV. O inversor é dedicado a converter a corrente contínua gerada pelo módulo FV em corrente alternada e alimentá-la na rede elétrica, de acordo com os parâmetros da rede elétrica local. O uso pretendido do inversor é ilustrado na figura abaixo.



⚠️ A razão pela qual o inversor não pode ser conectado à string FV é o fato de que o terminal positivo ou o negativo deve estar aterrado, exceto quando um transformador for usado entre o inversor e a rede.

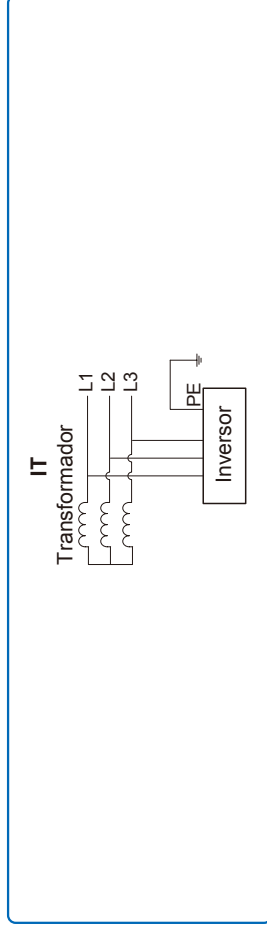
Item	Descrição	Observação
A	String FV	Silício monocristalino, silício policristalino e outros.
B	Inversor	Série GEP
C	Dispositivo medidor	Medidor bidirecional
D	Rede elétrica	TN-S, TN-C, TN-C-S, TT, IT (tipos de modelo diferentes com tipos diferentes de rede elétrica, conforme mostrado abaixo)

A série GEP, GEP12-L-10, GEP15-L-10, GEP20-L-10, GEP25-10, GEP30-10, GEP36-10, GEP29.9-10, GEP30-L-10, GEP35-L-10, GEP50-10, GEP60-10 suporta quatro tipos diferentes (TN-S, TN-C, TN-C-S, TT) de rede. Consulte a figura abaixo.



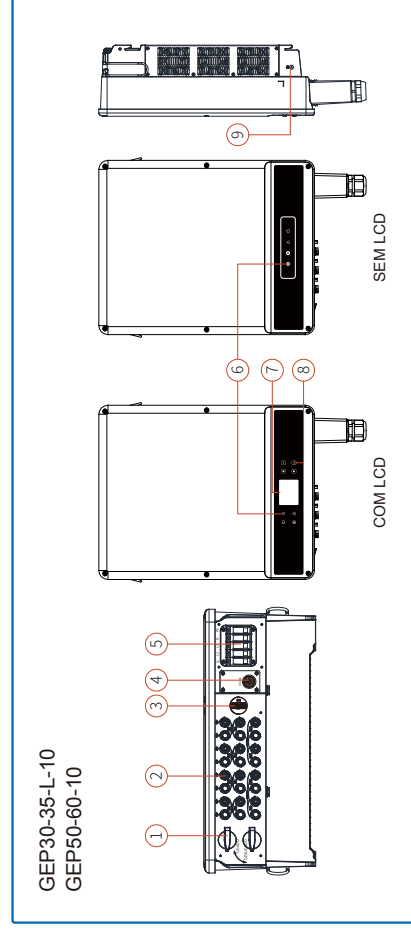
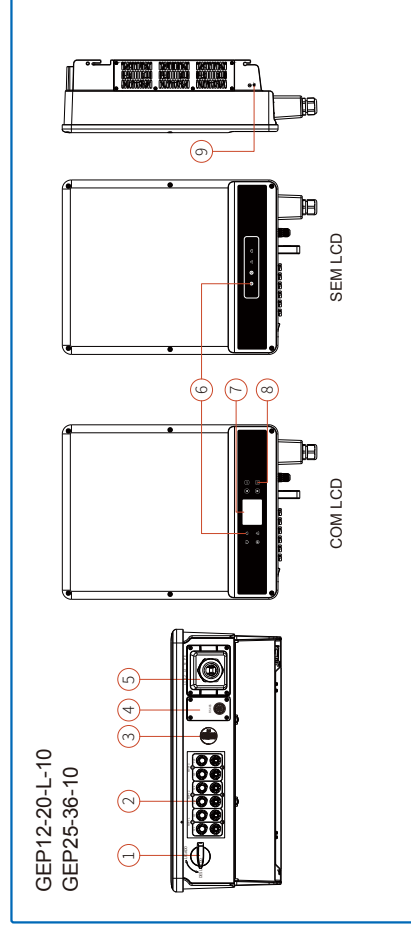
- A eletricidade estática pode danificar os componentes eletrônicos. O método adequado deve ser adotado para evitar danos ao inversor. Caso contrário, o inversor será danificado e a garantia anulada.
- Certifique-se de que a tensão da string FV proposto seja inferior à tensão de entrada nominal máxima do inversor. Caso contrário, o inversor será danificado e a garantia anulada.
- Se o equipamento for usado de maneira diferente da especificada pelo fabricante, a proteção fornecida pelo equipamento poderá ser prejudicada.
- Quando exposto à luz do sol, a string FV gerará uma tensão muito alta que poderá causar risco de choque elétrico. Siga estritamente as instruções que fornecemos.
- Os módulos FV devem ter uma classificação da IEC 61730 Classe A.
- É proibida a inserção ou remoção dos terminais CA e CC enquanto o inversor estiver em operação. Caso contrário, o inversor será destruído.
- É permitida somente a utilização dos conectores CC fornecidos pelo fabricante. Caso contrário, o inversor será danificado e a garantia anulada.
- O inversor ignora correntes residuais CC de até 6 mA no sistema. Quando for necessário um dispositivo de detecção de corrente residual (RCD) externo, além da unidade de monitoramento de corrente residual (RCMU) integrada, um RCD do tipo A deve ser utilizado para evitar o desarme.
- O módulo fotovoltaico padrão não é aterrado.
- É recomendada a adição de um fusível caso haja mais de duas entradas de string FV em um MPPT.
- A premissa da IP65 é de que a máquina esteja completamente vedada. Instale os inversores em até um dia após a remoção da embalagem. Do contrário, certifique-se de que as portas desconnectadas estejam protegidas e não as abra para garantir que a máquina não esteja exposta à água e à poeira.

Quando o fio neutro do inversor não estiver conectado à rede, será preciso selecionar “Delta Grid” (Rede Delta) na página de definição do tipo de rede (IT).



3.2 Visão Geral do Inversor

3.2.1. Ilustração do inversor da série GEP



A imagem mostrada aqui é apenas para referência. O produto real que você receberá pode ser diferente.

Item	Nome	Descrição
1	Chave CC (opcional)	Durante a operação normal está no estado “ON” (ligada), podendo desligar o inversor após ser desconectada da rede pelo disjuntor CA
2	Porta de entrada FV	Para a conexão da string FV
3	Wi-Fi	Conexão por Wi-Fi
4	Porta de comunicação RS485, DRED e USB	Para comunicação RS485, DRED e USB
5	Porta de saída CA	Para a conexão do cabo CA
6	Luz indicadora de LED	Exibe o estado do inversor
7	Tela LCD	Visualização de dados de operação do inversor e configuração de parâmetros
8	Botões	Para a configuração e a visualização de parâmetros
9	Saída de ar	Saída de ar quente durante a operação do inversor

3.2.2 Chave CC

A chave CC foi projetada de tal forma que a entrada CC possa ser desconectada com segurança.

O inversor funciona automaticamente quando a entrada e a saída atendem aos requisitos. Girar a chave CC para a posição “OFF” (DESLIGADA) cortará imediatamente o fluxo de corrente CC. Gire a chave CC para a posição “ON” (LIGADA) antes de iniciar o inversor.

3.3 Descrição Técnica

3.3.1 Descrição do funcionamento

A tensão da string FV é transmitida ao DC BUS por meio do circuito de BOOST.

A série GEP é equipada com três ou seis MPPTs para seis ou doze entradas CC para garantir que a potência máxima seja utilizada mesmo em condições de instalação de FV diferentes.

O circuito conversor de CC/CA converte a energia CC em energia CA, a qual pode ser alimentada na rede elétrica. O circuito de proteção foi projetado para proteger tanto a segurança do inversor como garantir a segurança humana.

A chave CC é integrada para garantir uma desconexão segura da entrada CC. O inversor fornece uma interface padrão RS485, Wi-Fi para comunicações. Os inversores podem fornecer uma tela de dados do registro de funcionamento e a configuração dos parâmetros via painel LCD. Para ver o diagrama de bloco principal, consulte o capítulo 7.2.

3.3.2 Descrição de função

As funções do inversor podem ser agrupadas da seguinte forma.

1. Função de conversão

O inversor converte a energia de corrente contínua em energia de corrente alternada, o que gera conformidade com os requisitos da rede de seu país de instalação.

2. Armazenamento e exibição de dados

O inversor armazena as informações de funcionamento e registros de falha e os exibe na tela de LCD.

3. Configuração de parâmetros

O inversor fornece diversas configurações de parâmetros para a operação opcional.

4. Interface de comunicação

O inversor fornece uma interface de comunicação RS485 padrão.

5. Funções de proteção

- > Resistência de isolamento para monitoramento do aterramento.
- > Monitoramento de tensão de entrada
- > Unidade de monitoramento de corrente residual
- > Proteção anti-ilhamento
- > Monitoramento de falha da string de painéis FV
- > Chave CC
- > DPS CC
- > DPS CA
- > Monitoramento de falhas do DPS
- > Proteção contra sobrecorrente CA
- > Monitoramento do isolamento

3.4 Embalagem

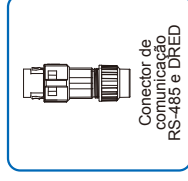
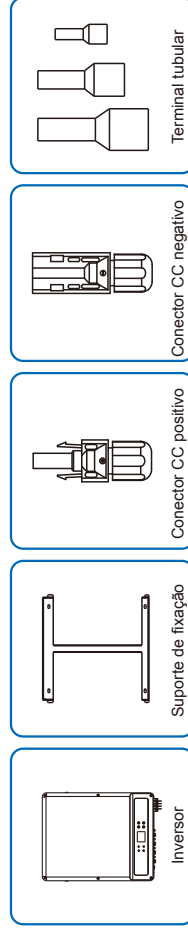
3.4.1 Retirada da embalagem e inspeção

A unidade é extensivamente testada e inspecionada com rigor antes da entrega. É possível que ainda ocorram danos durante o envio.

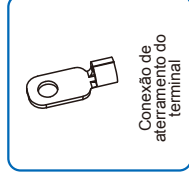
1. Verifique a embalagem para ver se há danos visíveis no momento do recebimento.

2. Verifique o conteúdo para ver se há danos após removê-lo da embalagem.

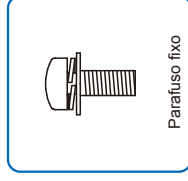
3. Verifique a lista da embalagem, que é exibida abaixo:



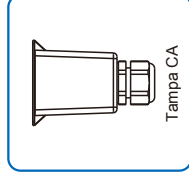
Conector de comunicação RS-485 e DRED



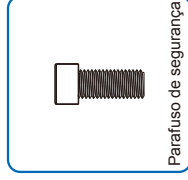
Conexão de aterramento do terminal



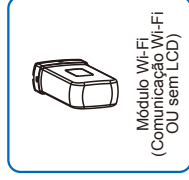
Parafuso fixo



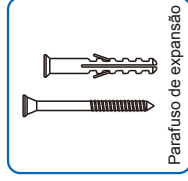
Tampa CA



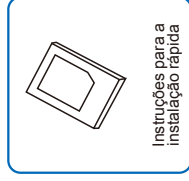
Parafuso de segurança



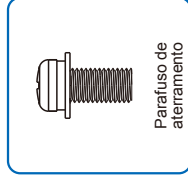
Módulo Wi-Fi (Comunicação Wi-Fi OU sem LCD)



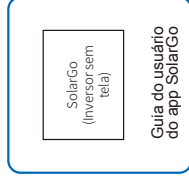
Parafuso de expansão



Instruções para a instalação rápida



Parafuso de aterramento

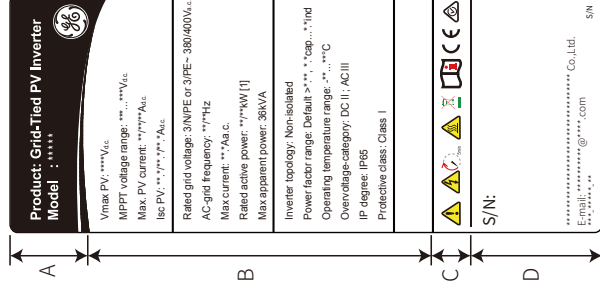


SolarGo (Inversor sem tela)

Guia do usuário do app SolarGo

3.4.2 Identificar o inversor

Uma placa de identificação está fixada em um lado do inversor. Ela fornece as informações sobre o tipo do inversor juntamente com as especificações mais importantes, marcas de certificações, site e número de série, todos identificados pelo fabricante.



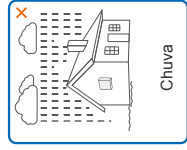
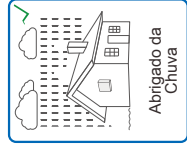
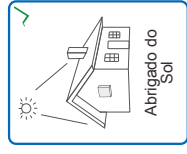
A imagem mostrada aqui é apenas para referência. Os produtos recebidos podem ser diferentes.

Item	Descrição
A	Logotipo e tipo do inversor
B	Dados técnicos do inversor
C	Marcas da instituição de certificação do inversor
D	Nº de série, nome da empresa, site e origem

4 Instalação

4.1 Instruções de Montagem

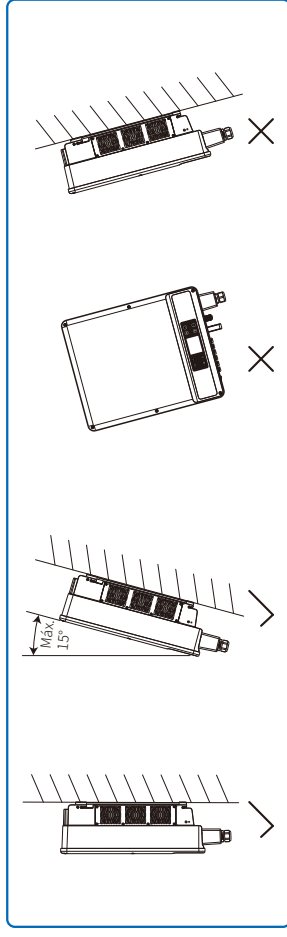
1. Para obter o melhor desempenho, a temperatura ambiente deve ser inferior a 45 °C.
2. Para facilitar a manutenção, sugerimos instalar o inversor na altura dos olhos.
3. Os inversores não devem ser instalados próximos a itens inflamáveis ou explosivos. Cargas eletromagnéticas potentes devem ser mantidas distantes do local de instalação.
4. O rótulo do produto e os símbolos de advertência devem ser colocados em um local que seja de fácil leitura para os usuários.
5. Certifique-se de instalar o inversor em um local onde ele esteja protegido da luz solar direta, da chuva e da neve.



4.2 Instalação do Equipamento

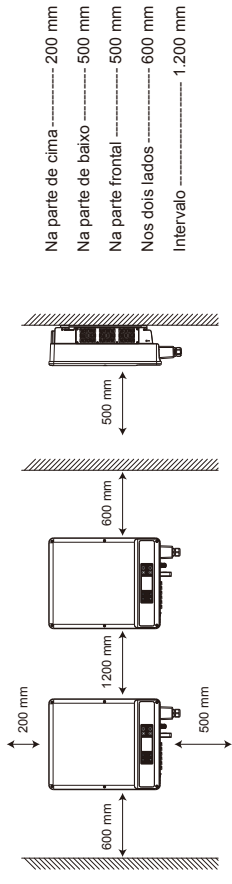
4.2.1 Escolha do local de instalação

1. Leve em consideração a capacidade de resistência da parede. A parede (por exemplo, de estruturas de concreto ou de metal) deve ser forte o suficiente para suportar o peso do inversor durante um longo período.
2. Instale a unidade onde ela fique acessível para a manutenção e a conexão elétrica.
3. Não instale a unidade em uma parede de material inflamável.
4. Certifique-se de que o local de instalação esteja bem ventilado.
5. Os inversores não devem ser instalados perto de itens explosivos ou inflamáveis. Todos os equipamentos eletromagnéticos potentes devem ser mantidos distantes do local de instalação.
6. Instale a unidade ao nível dos olhos para a operação e a manutenção com conveniência.
7. Instale a unidade na vertical ou com uma inclinação para trás de até 15 graus e a área de fixação deve estar voltada para baixo. A instalação horizontal requer mais de 250 mm de elevação do solo.

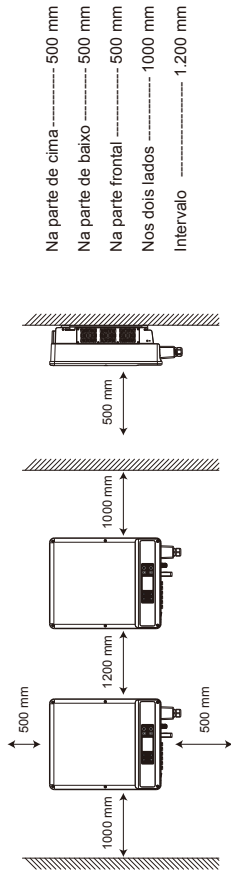


Para garantir a dissipação do calor e a fácil desmontagem, o espaço livre mínimo ao redor do inversor não deve ser inferior aos seguintes valores.

GEP12-20-L-10
GEP25-36-10

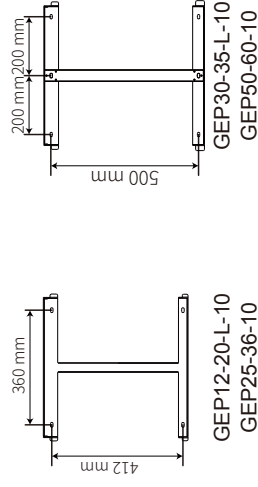


GEP30-35-L-10
GEP50-60-10

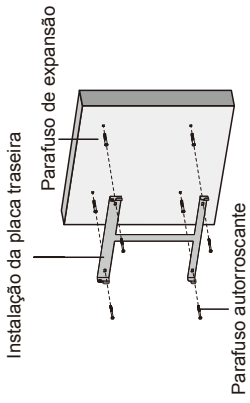


4.2.2 Procedimento de montagem

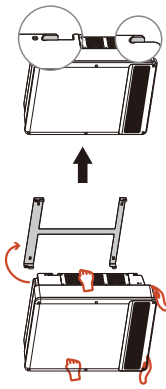
Etapa 1: Marque a posição para a perfuração usando o suporte de montagem.
Diâmetro do orifício: 10 mm, profundidade: 80 mm.



Etapa 2: Com o parafuso de expansão do pacote de acessórios, aparafuse de volta na parede.

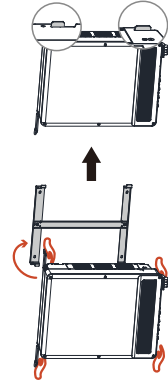


Etapa 3: Instale o inversor no suporte de montagem na parede.



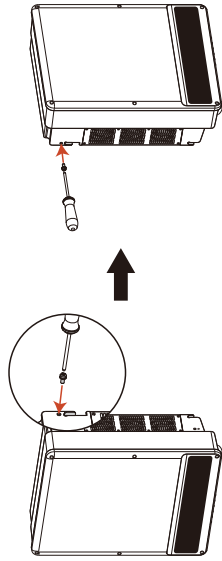
Certifique-se de que o suporte de montagem é inserido na ranhura

Se for fornecida uma alça, instale-a no inversor e, em seguida, pendure o inversor no suporte de parede, conforme mostrado na figura abaixo.



Certifique-se de que o suporte de montagem é inserido na ranhura

Etapa 4: Use os parafusos da bolsa de acessórios para o inversor ao suporte de montagem na parede.



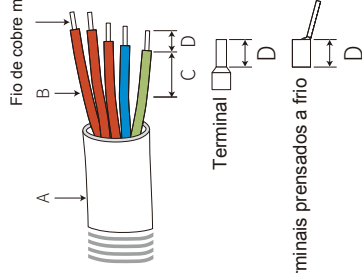
4.3 Instalação Elétrica

4.3.1 Conexão dos cabos CA

1. Meça a tensão e a frequência do ponto de acesso à rede, determine se as especificações da rede estão em conformidade com o inversor.
2. Recomenda-se a adição de um disjuntor ou fusível do lado CA. A sua especificação é 1,25 vezes a potência nominal de saída.
3. O inversor da linha PE (terra) deve ter aterramento confiável, certifique-se de que a impedância entre a linha zero e o fio terra seja menor que 10 ohms.
4. O inversor e a conexão à rede elétrica do disjuntor ou fusível devem ser desconectados.
5. Recomenda-se o uso de fio de cobre. Se for necessário usar fio de alumínio, consulte os fabricantes do inversor.
6. Siga essas etapas para conectar a rede elétrica ao inversor.

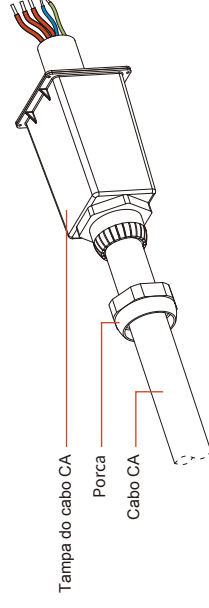
Etapa 1: Seleccione o cabo de comunicação CA adequado.

Classe	Descrição	Valor
A	Diâmetro do fio	GEP12-20-L-10/GEP25-36-10: 22-30 mm GEP30-35-L-10/GEP50-60-10: 30-40 mm
B	Área da seção transversal do fio	GEP12-20-L-10/GEP25-36-10: É recomendado o uso de um fio de cobre de 16 mm ² GEP30-35-L-10/GEP50-60-10: É recomendado o uso de um fio de cobre de 50 mm ² ou de alumínio de 70 mm ² . Para diâmetro do cabo e terminais de distribuição, ou cabo para fio de alumínio, entre em contato com nossa equipe de suporte
C	Comprimento do fio	Cerca de 40 mm
D	Comprimento do fio desencapado	Cerca de 20 mm



Terminais prensados a frio

Etapa 2: Remova a tampa da fiação CA e a porca do pacote de acessórios e, em seguida, o cabo CA através das peças conforme mostrado.



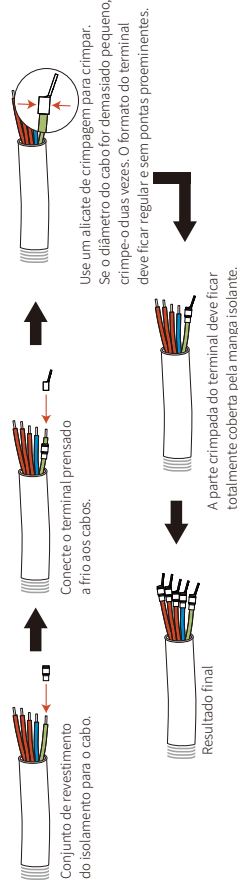
! Os dois orifícios de montagem no meio do suporte de montagem na parede são usados apenas para a instalação em uma coluna simples. Eles não devem ser utilizados em outros ambientes.

Etapa 3: A partir do terminal encontrado no pacote de acessórios, defina a fixação do fio e da ferramenta.

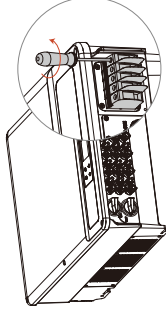
Os modelos GEP12-20-L-10/GEP25-36-10 usam terminais



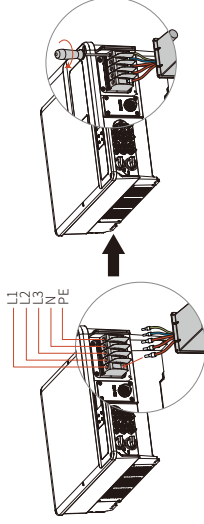
Modelos GEP30-35-L-10/GEP50-60-10 usam terminais prensados a frio



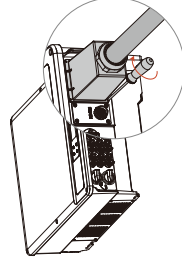
Etapa 4: Use a chave de fenda no sentido anti-horário nas laterais dos terminais do cabo CA. Todos os cinco terminais devem estar abertos.



Etapa 5: Conecte o cabo de saída CA com um torque de aperto de 2,3 Nm.



Etapa 6: Fixe a tampa do conector CA com um torque de aperto de 2,3 Nm.



4.3.2 Disjuntor CA e dispositivo de corrente residual

Um disjuntor independente de três ou quatro polos para cada inversor deve ser instalado no lado de saída para garantir que o inversor possa ser desconectado da rede com segurança.

Modelo do inversor	Corrente de saída	Corrente nominal recomendada do disjuntor CA
GEP12-L-10	31.5 A	> 40 A
GEP15-L-10	40 A	> 50A
GEP20-L-10	54.5A	> 68A
GEP25-10	40 A	> 50A
GEP29.9-10	43.3A	> 55A
GEP30-10	48A	> 60A
GEP36-10	53.3A	> 66A
GEP30-L-10	80A	> 100A
GEP35-L-10	96A	> 120A
GEP50-10	80A	> 100A
GEP60-10	96A	> 120A

⚠ Não é permitido que vários inversores usem o mesmo disjuntor. Não é permitido conectar cargas entre o inversor e o disjuntor.

O dispositivo de detecção de corrente residual (RCD) interno integrado do inversor pode detectar corrente de fuga externa em tempo real. Ao detectar que o valor da corrente de fuga excede o valor limite, o inversor será desconectado da rede o mais rápido possível. Se um RCD externo for instalado, a corrente de ação deverá ser de 500 mA ou superior.

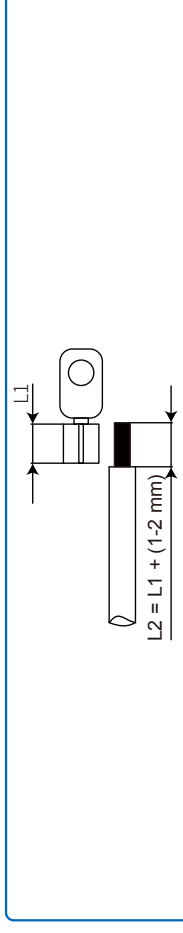
4.3.3 Conexão do terminal de aterramento

O inversor é equipado com um terminal de aterramento, de acordo com o requisito da norma EN 50178.

Todas as peças de metal expostas e que não carregam corrente do equipamento, bem como outros invólucros no sistema de energia FV devem ser aterrados.

Conecte o cabo "PE" à terra.

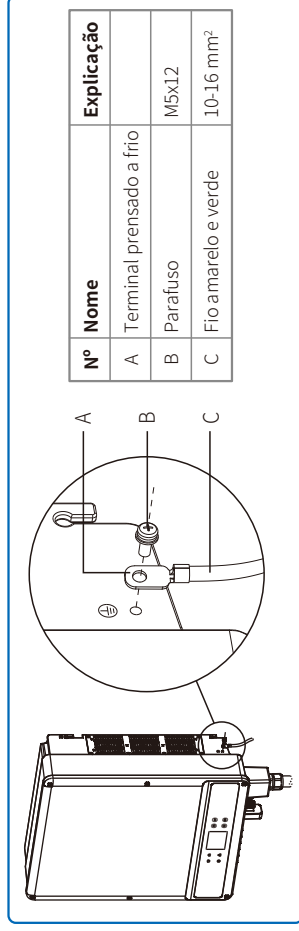
1. Desencape a camada isolante do fio até um comprimento adequado com um descascador de fios.



2. Insira o fio desencapado no terminal e comprima-o firmemente por meio do alicate de crimpagem.



3. Fixe o fio terra na máquina, conforme ilustrado na figura abaixo.



Nº	Nome	Explicação
A	Terminal prensado a frio	
B	Parafuso	M5x12
C	Fio amarelo e verde	10-16 mm ²

4. Para melhorar a resistência à corrosão do terminal, recomenda-se a aplicação de gel de sílica no terminal de aterramento para a proteção contra a corrosão após a montagem do cabo de aterramento ter sido concluída.

4.3.4 Conectando o inversor ao painel FV



Certifique-se de que a chave CC esteja desligada antes de conectar a string FV ao inversor. Certifique-se de que a polaridade da string FV esteja em conformidade com a do conector CC, caso contrário, isso danificará o inversor.

Certifique-se de que a tensão de circuito aberto máxima (Voc) de cada string FV não exceda a tensão de entrada máxima do inversor em qualquer condição.

Certifique-se de que a corrente de curto-circuito máxima de cada entrada CC seja inferior ao limite admissível do inversor.

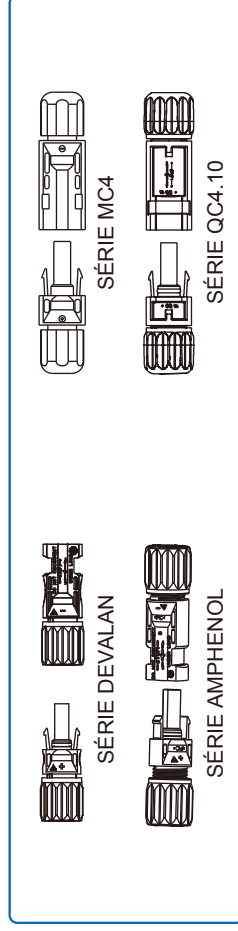
Não conecte os polos positivo e negativo da string FV à terra (terminal PE). Caso contrário, isso danificará o inversor permanentemente.

O fio positivo deve ser vermelho e o fio negativo deve ser preto.

A resistência de isolamento mínima para o aterramento dos painéis FV deve ser superior a 33,7 kΩ. Se o requisito de resistência mínima não for atendido, haverá risco de choque elétrico.

A série GEP tem três entradas FV, entrada FV1, entrada FV2, entrada FV3, cada uma com rastreador MPPT, portanto, as três entradas FV podem ser diferentes entre si, incluindo diferentes tipos de módulos, diferentes números de conexões de strings FV, diferentes ângulos de orientação de módulos FV.

Há quatro tipos de conectores CC, as séries DEVALAN, MC4, AMPHENOL H4 e QC4.10.

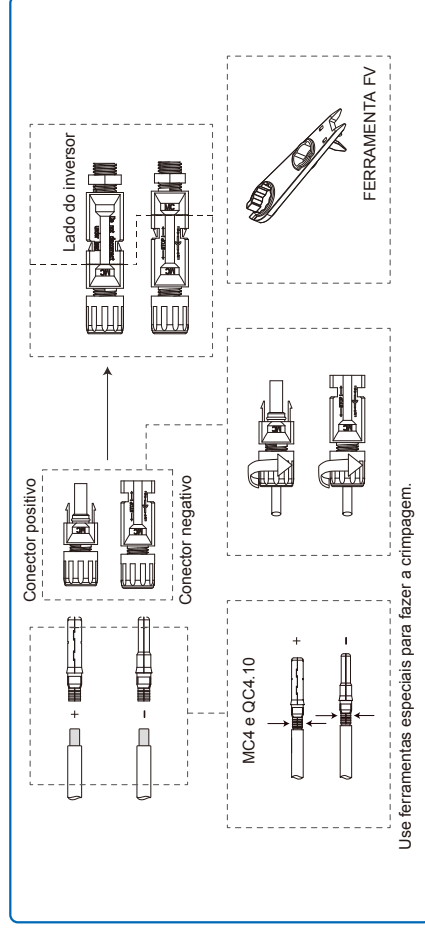
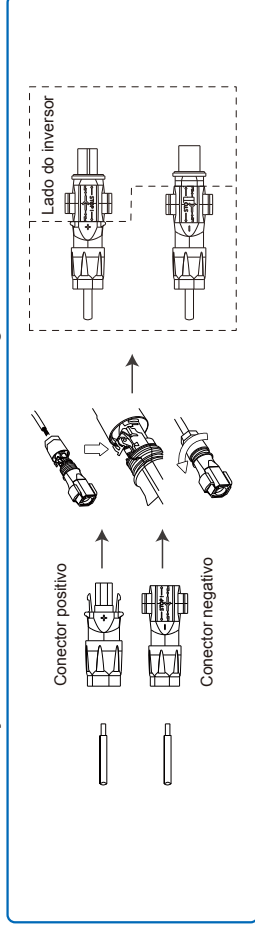


Observação: o conector CC real utilizado é conforme o que é encontrado no pacote de acessórios.

Especificação do cabo CC:

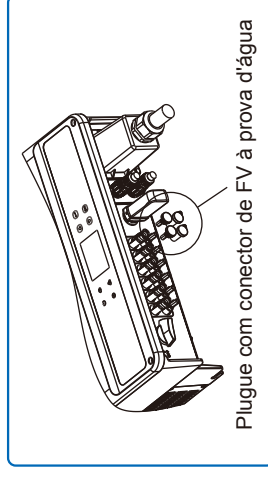
Rótulo	Descrição	Valor
A	Diâmetro externo do fio	4-5 mm
B	Área da seção transversal do material condutor	2.5-4 mm ²
C	Comprimento do fio desencapado	Cerca de 7 mm

O método de instalação do conector CC é exibido nas duas figuras abaixo.

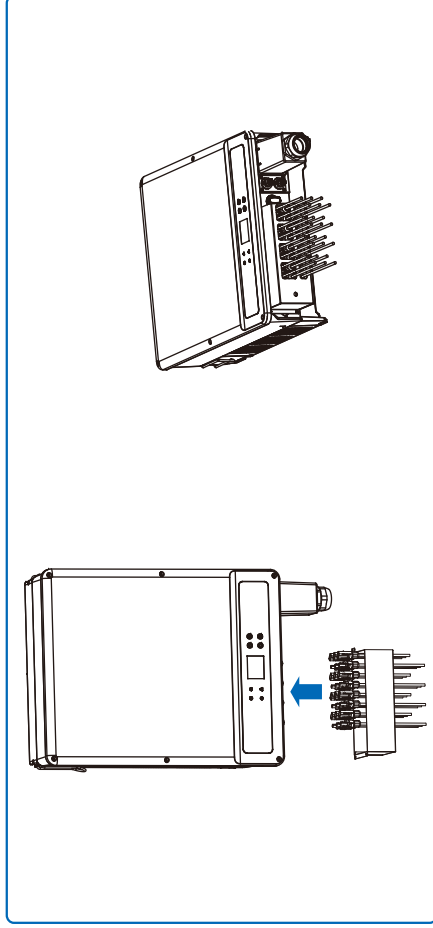


Para proteger melhor o inversor interno contra poeira e água, todos os conectores CC fornecidos no pacote de acessórios devem ser conectados ao inversor.

Se apenas alguns dos conectores CC forem utilizados, os conectores CC sem conexão devem ser bloqueados com um isolador não condutivo.



Plugue com conector de FV à prova d'água



4.4 Conexão da Comunicação

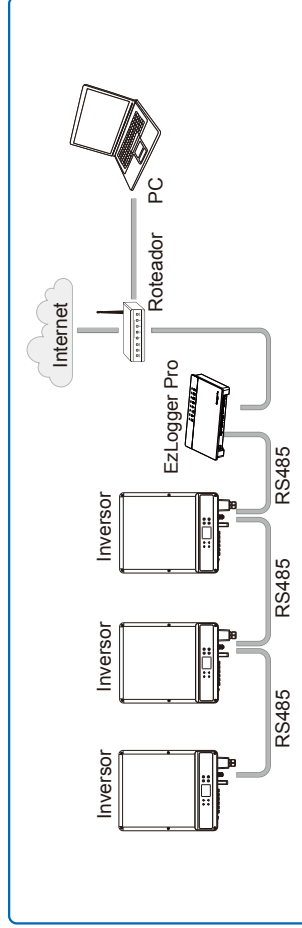
Os dados de operação do inversor podem ser transferidos por RS485, ou Wi-Fi modular para um PC com software de monitoramento ou um dispositivo de log de dados, como o EzLogger Pro. O RS485 é a escolha de comunicação padrão do inversor. O Wi-Fi modular pode ser utilizado como opção para a comunicação.

4.4.1 Comunicação do RS485/DRED/Desligamento remoto

A porta RS485 do inversor é usada para conectar o EzLogger Pro e o comprimento total do cabo de conexão não deve exceder 1000 m.

O DRED é aplicável unicamente para instalações na Austrália e Nova Zelândia, em conformidade com os requisitos de segurança australianos e neozelandeses. A função DRM é obtida com o EzLogger Pro ou com a porta COM do DRED. Conecte o EzLogger Pro na porta RS485. Consulte o manual do EzLogger Pro para obter instruções detalhadas para a conexão do DRED.

A desconexão remota é aplicável unicamente para instalações na Europa, em conformidade com os requisitos de segurança europeus. O fabricante não disponibiliza um dispositivo de desconexão remota. O DRED deve ser conectado à porta COM com 6 pinos e o dispositivo de desconexão remota à porta COM com 2 pinos, conforme a figura abaixo.

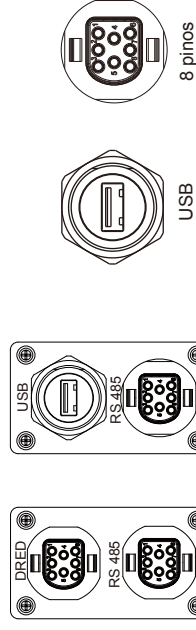


As etapas detalhadas da operação da série são as seguintes:

Etapa 1:

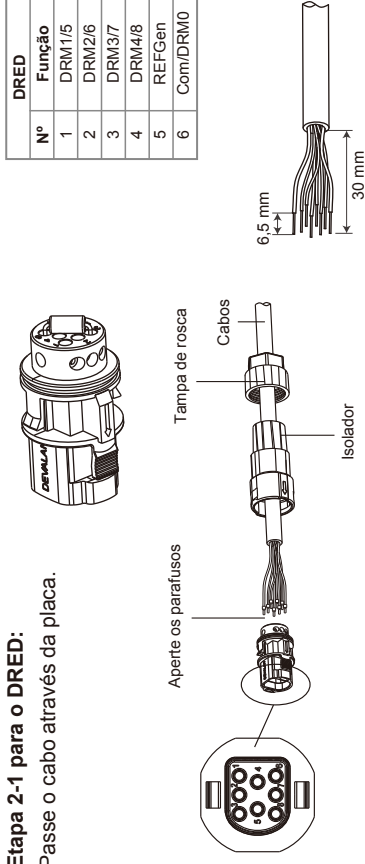
Se quiser usar a função DRED e desligamento remoto, remova o terminal e desmonte o resistor.

Observação: o DRED deve ser conectado através da "porta COM".



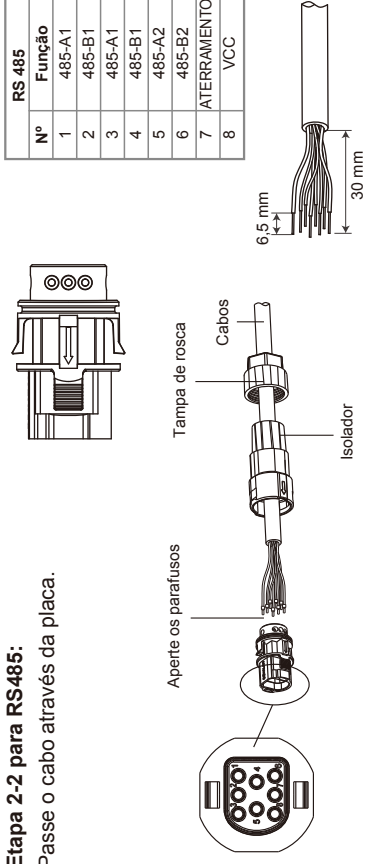
Etapa 2-1 para o DRED:

Passar o cabo através da placa.



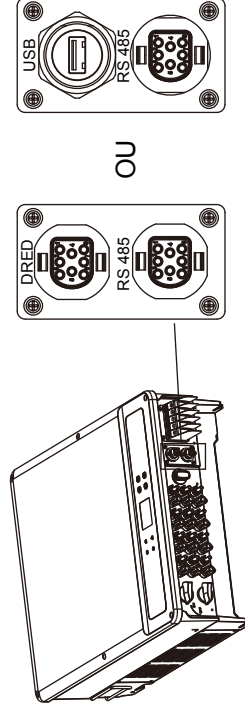
Etapa 2-2 para RS485:

Passar o cabo através da placa.



Etapa 3:

Conecte o terminal à posição certa no inversor.



Requisitos do cabo de comunicação RS485: cabo de par trançado blindado ou par trançado blindado.

O cabo Ethernet do resistor de terminação de 120 ohms é controlado por uma chave dip. "ON" (LIGADO) significa conectado e "OFF" (DESLIGADO) significa desconectado, conforme ilustra a figura acima.

Modo de seleção da chave seletora para a resistência do terminal com 120 ohms

- Quando o inversor único estiver em comunicação, gire a chave seletora de resistência do terminal, que fica próxima à porta de comunicação RS485 do inversor, para ON (o padrão é OFF), de modo que o terminal RS485 fique com 120 ohms e aterre em um ponto único a camada de blindagem da linha de comunicação, conforme mostrado na última figura.
- Se vários inversores estiverem em comunicação, conecte todos os inversores por encadeamento em série (daisy chain) através do cabo de comunicação RS485. Para o dispositivo no final do encadeamento em série, gire a chave seletora de resistência do terminal para ON (o padrão é OFF) e aterre em um ponto único a camada de blindagem da linha de comunicação.

4.4.2 Alarme de falha no aterramento

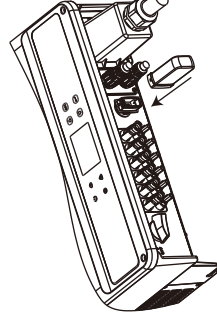
O inversor está em conformidade com a IEC 62109-2 13.9. Quando ocorre falha de aterramento, o alarme no EzLogger Pro soará por 1 minuto e o LED RUN ficará aceso por 1 minuto. O alarme soará novamente em meia hora até que a falha esteja resolvida.

4.4.3 Comunicação por Wi-Fi

Esta função é aplicável apenas para o modelo Wi-Fi. Para configurações específicas, consulte a seção "WiFi/LAN Configuration Instruction" (Instruções de configuração Wi-Fi/LAN) no anexo. Você também pode consultar a descrição na seção "Demo Videos of Monitoring Installation" (Vídeos de demonstração da instalação de monitoramento) no site <http://www.goodwe.com/DownLoad.aspx>. Depois de concluir as configurações, faça seu registro no site <https://br.gesolarinverter.com/>. A instalação do módulo Wi-Fi da série é exibida na figura abaixo.



O nome e a senha do Wi-Fi não podem conter símbolos, use apenas algarismos arábicos ou letras maiúsculas/minúsculas.



4.4.4 Alarme de falha no aterramento

O portal é um sistema de monitoramento por cabo. Após concluir a instalação da conexão de comunicação, acesse <https://br.gesolarinverter.com/> ou faça o download do aplicativo "Power Sight" escaneando o código QR para monitorar sua instalação e seu dispositivo FV.

Entre em contato com a equipe de pós-venda para obter mais detalhes.



Power Sight

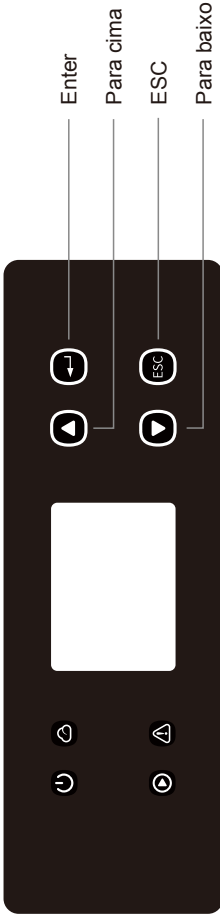
5 Operação do Sistema

5.1 Painel de LCD e de LED

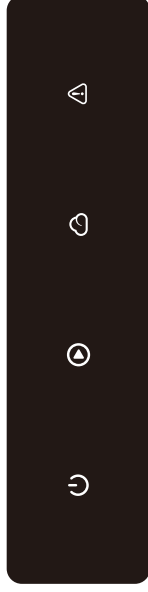
Como uma interface de interação homem-máquina, o painel da tela de LCD tem indicadores de LED, botões e uma tela de LCD no painel frontal do inversor.

O LED indica o estado de funcionamento do inversor.

Os botões e o LCD são usados para a configuração e a visualização de parâmetros.



O painel LED é exibido abaixo.



As luzes verde/verde/vermelha respectivamente correspondem a: / /

Indicador	Estado	Explicação
		LIGADO = Equipamento ligado
		DESLIGADO = Equipamento desligado
		LIGADO = O inversor está injetando energia
		DESLIGADO = O inversor não está injetando energia
		Flash único lento = Verificação automática antes da conexão da rede
		Flash único = Conectando/ativo
		Ligado = Wi-Fi conectado/ativo
		Piscando 1 = Reinicialização do sistema sem fio
		Piscando 2 = Problema no roteador sem fio
		Piscando 4 = Problema no servidor sem fio
		Piscando = RS485 conectado
		DESLIGADO = Wi-Fi inativo
		LIGADO = Ocorreu uma falha
		DESLIGADO = Sem falhas

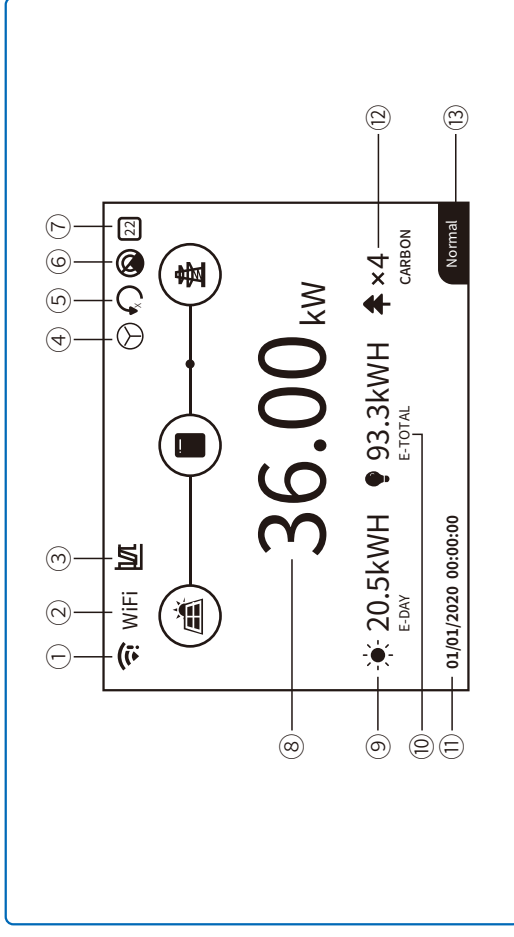


App SolarGo

OBSERVAÇÃO:

Faça o download do app SolarGo na loja do Google Play ou na App Store da Apple para concluir a operação do sistema se o inversor não tiver tela. Você também pode fazer a leitura do código QR para fazer o download do app.

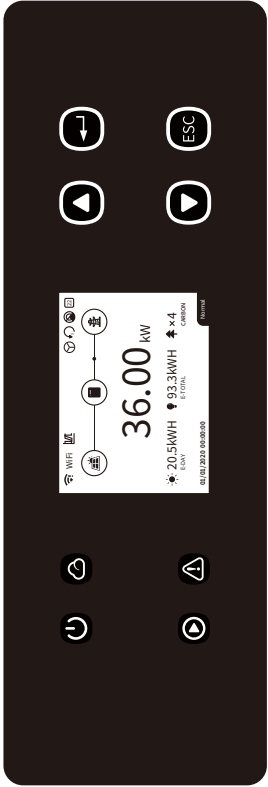
5.2 Apresentação da Interface de Usuário



- Ícone de informação de comunicação: GPRS e Wi-Fi mostram a força do sinal, RS485 mostra o endereço de comunicação
- Ícone de comunicação: a forma de comunicação, pode ser GPRS, Wi-Fi e RS485
- Ícone LVRT/HVRT: o ícone indica que a função do sistema LVRT/HVRT está ativa
- Ícone do tipo de rede: o ícone indica que o sistema selecionou a rede Delta/rede Estrela
- Ícone do limite de potência: indica que a função de limite de potência está ativa
- Leitura de sombra: o ícone indica que a função de leitura de sombra está ativa
- Ícone de segurança: o número representa o código de segurança do país
- Potência instantânea
- E-day: geração diária
- E-Total: geração total
- Data e hora do sistema
- Informação do estado do sistema
- Carbono: conservação de energia e redução das emissões

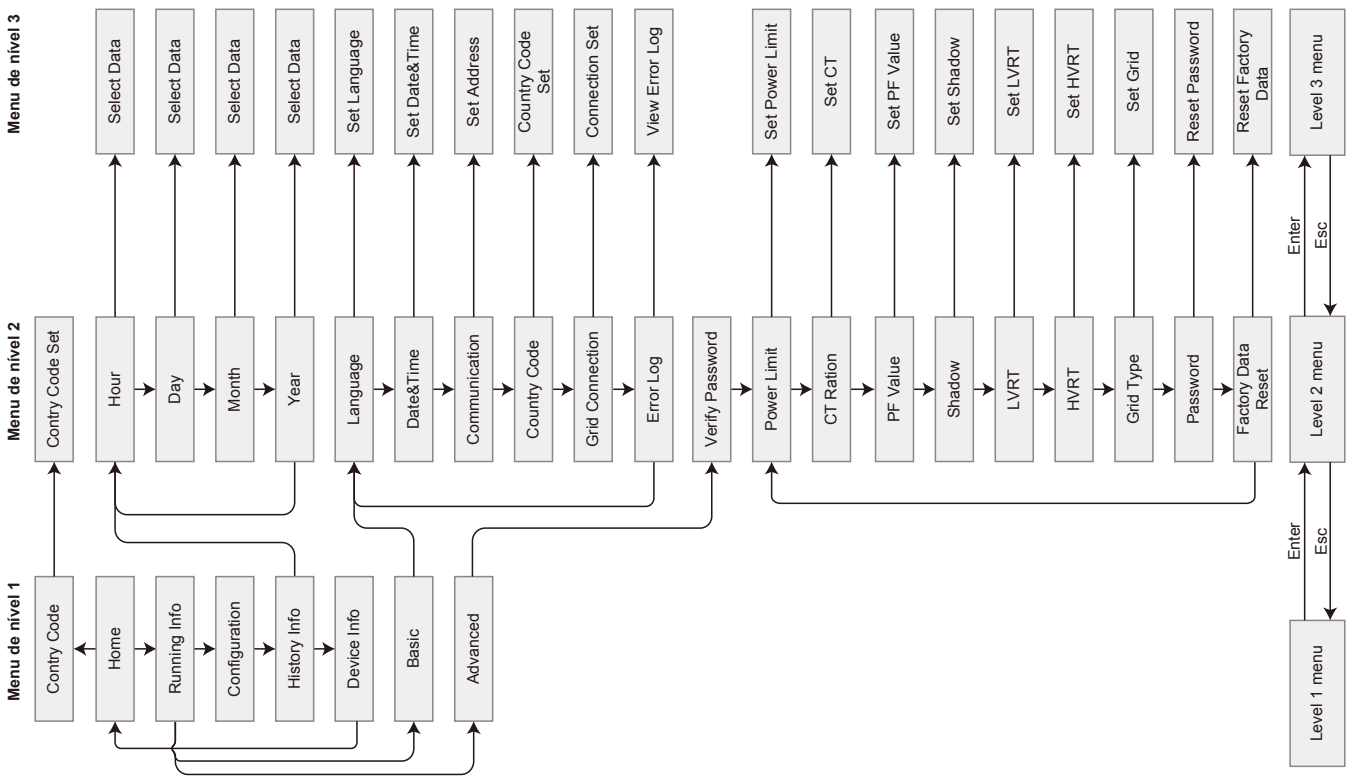
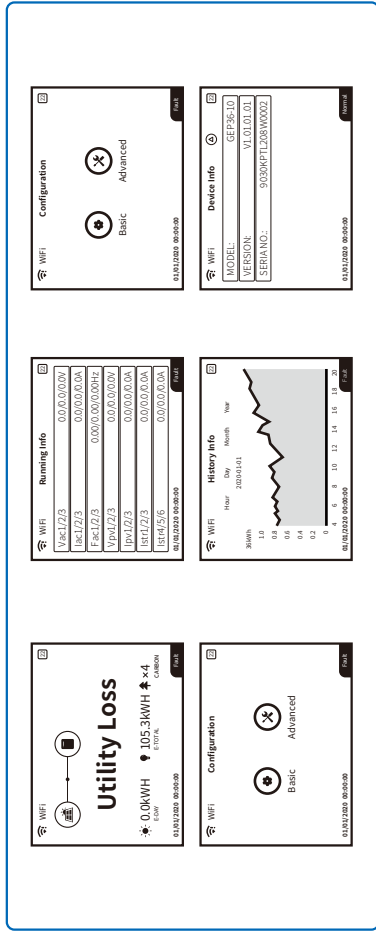
5.2.1 Visão geral da arquitetura do menu

Use as teclas para cima e para baixo para navegar pelas opções do menu do nível 1 "History Info" (Histórico de Informações), "Configuration" (Configuração) e "Advanced" (Avançadas). Pressione a tecla Enter para acessar o menu de nível 2. Pressione a tecla Enter/ESC para alternar o menu 123, use as teclas para cima e para baixo para selecionar o item e alterar os parâmetros e pressione longamente Enter (um toque curto também é adequado para alguns itens) para definir os parâmetros. A tela e as teclas da série são exibidas na figura abaixo.



5.2.2 Menu de nível 1

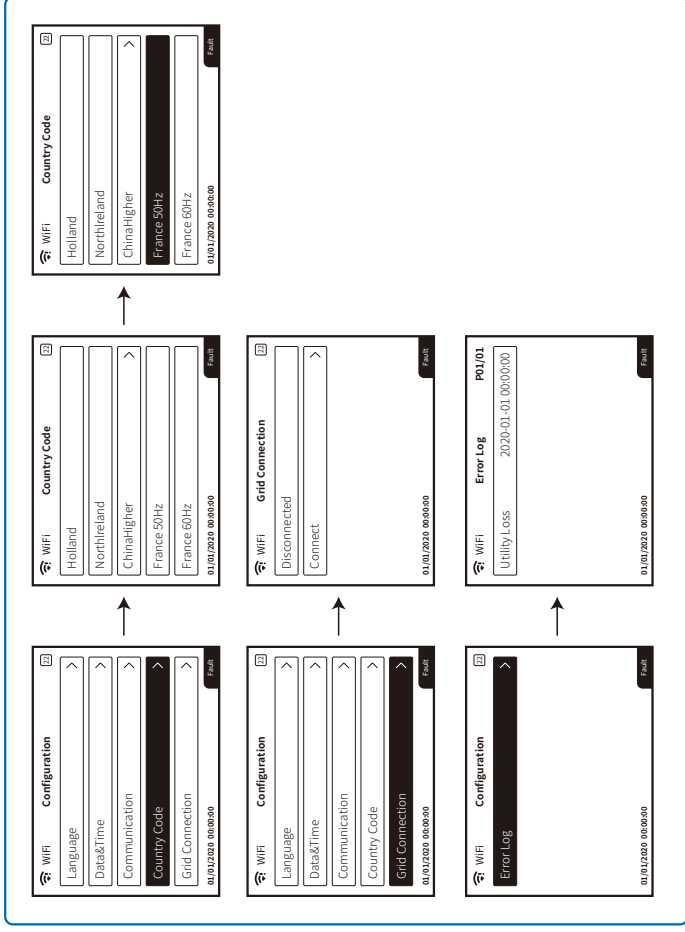
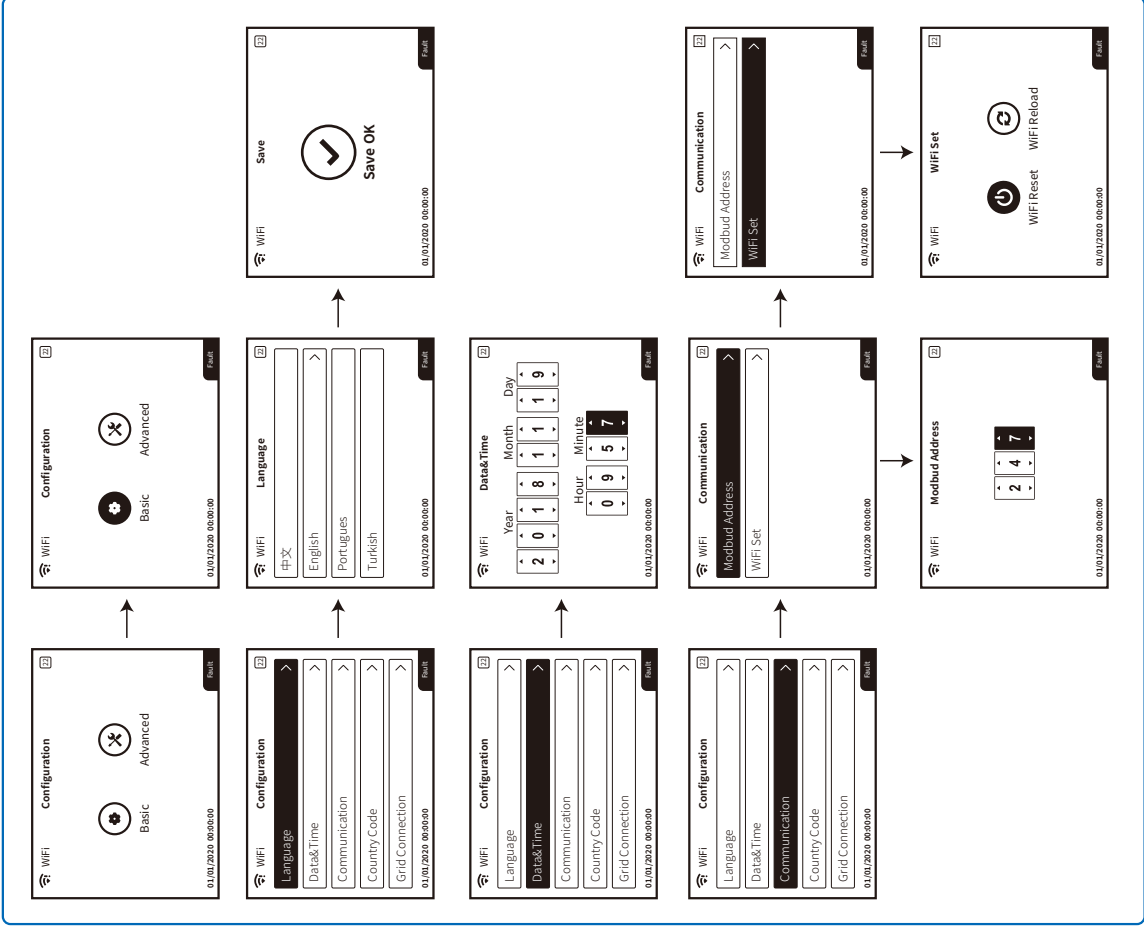
Use as teclas para cima e para baixo para navegar pelas opções de configuração do menu do nível 1 "History Info" (Informações do histórico), Configuration (Configuração) e "Advanced" (Avançadas). Pressione a tecla Enter para acessar o menu de nível 2. Para entrar no menu de nível 2, selecione o item nas teclas para cima e para baixo. Pressione Enter para entrar no menu de definição do projeto. Vá para o menu de nível 3, altere o conteúdo das configurações pressionando as teclas para cima e para baixo e pressione a tecla Enter para definir o conteúdo. Se a definição de segurança do país não estiver selecionada – a mensagem "Configure Safety" (Configurar a segurança) é exibida na página principal –, pressione qualquer tecla para entrar na página de definições de segurança do país.



5.3 Configuração do Sistema

5.3.1 Configurações básicas

As configurações básicas são usadas principalmente para definir parâmetros comumente usados, incluindo definições de idioma, definição de hora, definições de comunicação e definições de segurança para os projetos. Esses parâmetros podem ser definidos no aplicativo.

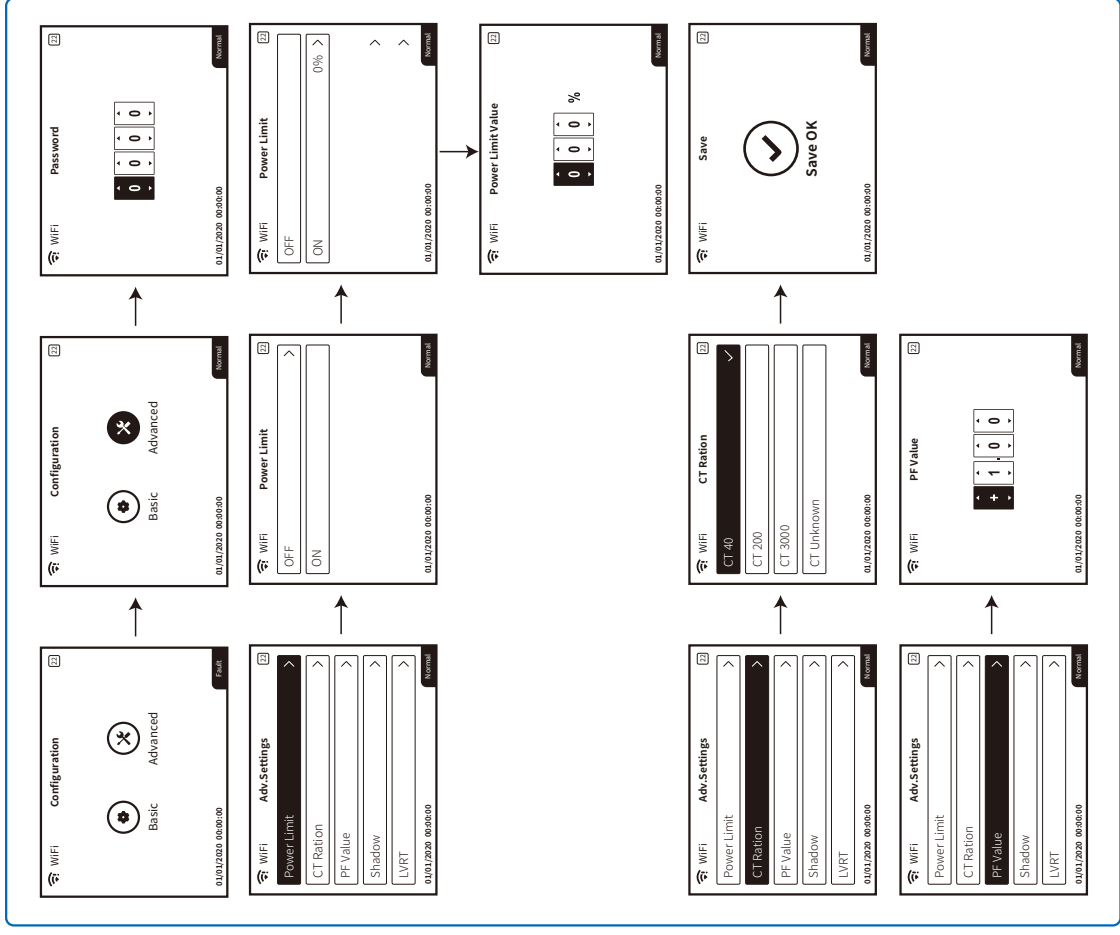


5.3.2 Configurações avançadas

O usuário deve digitar a senha para operar as configurações avançadas pois é necessária a permissão.

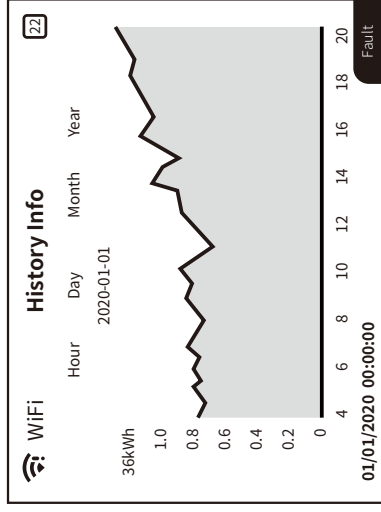
Observação: senha inicial: "1111".

- As configurações avançadas incluem nove definições: 1. Limite de potência; 2. Proporção de TC; 3. Fator de potência; 4. Leitura de sombra; 5. LVRT; 6. HVRT; 7. Tipo de rede; 8. Redefinir a senha; 9. Reset de fábrica.

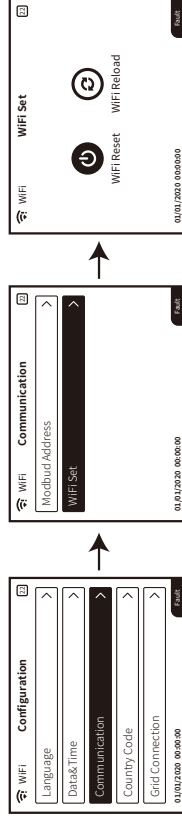


5.3.3 Histórico

O histórico inclui principalmente as informações da capacidade de geração do equipamento. As informações de geração de energia incluem principalmente a quantidade de geração de eletricidade, geração de energia diária, geração de energia mensal e informações de geração de energia anual.



5.3.4 Redefinição e recarregamento do Wi-Fi



Pressione "Enter" por mais de 3 segundos para salvar a definição.

5.4 Precauções para a Primeira Inicialização

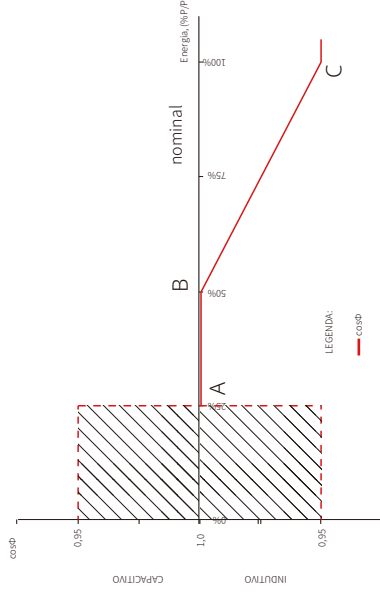
1. Certifique-se de que o circuito CA esteja conectado e o disjuntor CA desligado.
2. Certifique-se de que o cabo CC entre o inversor e a string FV esteja conectado e que a tensão FV esteja normal.
3. Ligue a chave CC e defina a segurança de acordo com a regulamentação local.
4. Ligue o disjuntor CA e verifique se o inversor está funcionando normalmente.

5.5 Parâmetros Especiais Ajustáveis

O inversor tem um campo no qual o usuário pode definir funções, como pontos de desarme, horas de desarme, horas de reconexão e curvas QV e PV ativas e inativas. Ele é ajustável por meio de um software especial. Se necessário, entre em contato com a equipe de pós-venda. Para obter os manuais do software, você pode fazer o download no site oficial ou entre em contato com a equipe de pós-venda.

5.5.1 Modo de curva de potência FP

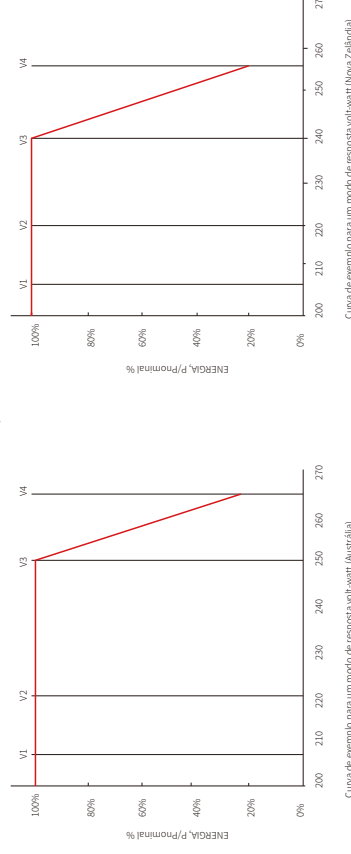
O modo de curva de potência FP pode ser modificado pelo método de comunicação Modbus, especificamente de acordo com o endereço Modbus da máquina e o valor do registro Modbus, de acordo com a faixa definida para o valor correspondente.



Função	Valor padrão (Austrália)	Valor padrão (Nova Zelândia)	Faixa de definição	Registro
Ativar ou desativar o modo de curva FP	0	0	'0' ou '1'	40600
Fator de energia B	50 (50%)	50 (50%)	30-80	40603
Fator de energia C	90 (90%)	90 (90%)	90-100	40606

5.5.2 Modo de curva PV

O modo de curva PV pode ser modificado pelo método de comunicação Modbus, especificamente de acordo com o endereço Modbus da máquina e o valor do registro Modbus, de acordo com a faixa definida com o valor correspondente.



Curva de exemplo para um modo de resposta volt-watt (Nova Zelândia)

Curva de exemplo para um modo de resposta volt-watt (Austrália)

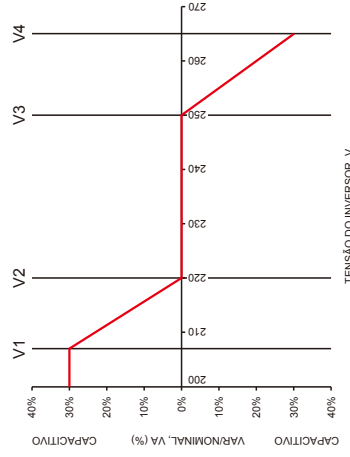
Modo de curva PV			
Função	Valor padrão (Austrália)	Valor padrão (Nova Zelândia)	Registro
Ativar ou desativar o modo de curva PV	1	1	40680
Relação de tensão V1	900(207 V)	900(207 V)	40683
Relação de energia P1	1000(100%*Pn)	1000(100%*Pn)	40684
Relação de tensão V2	956(220 V)	956(220 V)	40685
Relação de energia P2	1000(100%*Pn)	1000(100%*Pn)	40686
Relação de tensão V3	1087(250 V)	1061(244 V)	40688
Relação de energia P3	1000(100%*Pn)	1000(100%*Pn)	40689
Relação de tensão V4	1152(265 V)	1109(255 V)	40690
Relação de energia P4	200(20%*Pn)	200(20%*Pn)	40691

Exemplo: define a relação da tensão V1 para 1100, correspondendo à tensão nominal de 230 V, $V1 = 230 * 110\% = 253$ V.

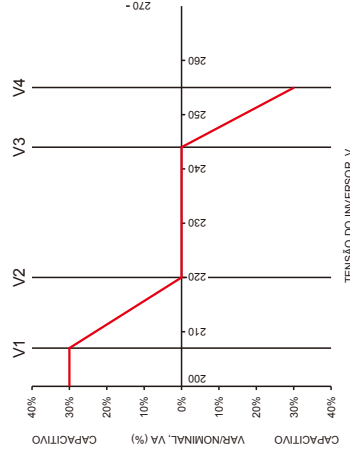
Exemplo: define a relação de potência P1 para 900 e a potência correspondente a 0,9 * potência nominal.

5.3 Modo de curva QV

O modo de curva QV pode ser modificado pela comunicação Modbus, especificamente de acordo com o endereço Modbus da máquina e o valor do registro Modbus, de acordo com a faixa definida com o valor correspondente.



LEGENDA:
— curva característica var



LEGENDA:
— curva característica var

Modo de curva QV			
Função	Valor padrão (Austrália)	Valor padrão (Nova Zelândia)	Registro
Ativar ou desativar o modo de curva QV	0	0	40650
Relação de tensão V1	900(207 V)	900(207 V)	40653
Relação de energia reativa Q1	300(30%*Pn)	300(30%*Pn)	40654
Relação de tensão V2	957(220 V)	957(220 V)	40655
Relação de energia reativa Q2	300(30%*Pn)	300(30%*Pn)	40656
Relação de tensão V3	1087(250 V)	1061(244 V)	40657
Relação de energia reativa Q3	300(30%*Pn)	300(30%*Pn)	40658
Relação de tensão V4	1152(265 V)	1109(255 V)	40659
Relação de energia reativa Q4	300(30%*Pn)	300(30%*Pn)	40660

Exemplo: define a relação da tensão V1 para 1100, correspondendo à tensão nominal de 230 V, $V1 = 230 * 110\% = 253$ V.

Exemplo: define a relação de energia reativa Q1 para 300, energia reativa correspondente $Q1 = 30\% * \text{potência nominal}$.

5.4 Taxa de recuperação de energia

A taxa de recuperação de energia pode ser modificada pela comunicação Modbus, especificamente de acordo com o endereço Modbus da máquina e o valor do registro Modbus, de acordo com a faixa definida com o valor correspondente.

Função	Valor padrão (Austrália e Nova Zelândia)	Registro
Configurações da taxa de recuperação de energia	16(16% Pn/min)	40536

Se precisar alterar as configurações acima, entre em contato com nosso serviço de pós-venda.

6 Resolução de Problemas

Na maior parte das situações, o inversor precisa de pouquíssima manutenção. Entretanto, se o inversor não estiver funcionando adequadamente, tente as seguintes soluções:

Tipo de falha	Resolução de problemas
Isolation Failure (Falha de isolamento)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CC, verifique a impedância entre FV (+) e FV (-) à terra. Se a impedância for menor que 100 kΩ, verifique o isolamento da fiação da string FV à terra. Se a impedância for maior que 100 kΩ, entre em contato com a assistência técnica local. Remova o conector CA, meça a impedância entre o fio neutro e o fio terra. Se for maior do que 10 KΩ, verifique a fiação da CA.
Ground I Failure (Falha de terra)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, verifique o isolamento da fiação da string FV à terra. Reconecte a chave CC novamente. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.
Vac Failure (Falha Vac)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CA, meça a tensão entre a linha e o fio neutro no conector. Certifique-se de que esteja em conformidade com a especificação de conexão à rede do inversor. Se não estiver, verifique a fiação da rede. Se estiver, conecte o conector CA e reconecte a chave CC. O inversor se conectará automaticamente. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.
Fac Failure (Falha Fac)	<ol style="list-style-type: none"> O inversor FV reiniciará automaticamente se a FCA voltar ao normal. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.
Utility Loss (Falha de rede)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CA, meça a tensão entre a linha e o fio neutro no conector. Certifique-se de que esteja em conformidade com a especificação de conexão à rede do inversor. Se não estiver, verifique se a chave de distribuição está conectada e se a rede está normal. Em caso afirmativo, reconecte o conector CA e o conector CC. Se o problema persistir, ligue para a assistência técnica local.
PV Over Voltage (Sobretensão FV)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CC, verifique a tensão da string FV, verifique se ela excede a tensão de entrada na especificação do inversor. Se exceder, reconfigure a string de painéis FV. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.
Over Temperature (Falha de temperatura)	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CC, verifique a tensão da string FV, verifique se ela excede a tensão de entrada na especificação do inversor. Se exceder, reconfigure a string de painéis FV. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.

Tipo de falha		Resolução de problemas
Falha do inversor	Relay-check Failure	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte o conector CC. Reconecte o conector CC. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.
	DCI High	
	EEPROM R/W Failure	
	SPI Failure	
	DC Bus High	
Outras	GFCL Failure	<ol style="list-style-type: none"> Desconecte a chave CC, remova o conector CC e meça a tensão da string FV. Coloque de volta o conector CC e reconecte a chave CC. Se a tensão for inferior a 70 V, verifique a configuração da string FV. Se a tensão for superior a 180 V e ainda não houver exibição, entre em contato com a assistência técnica local.
	Sem exibição no display	



Quando a luz do sol é insuficiente, o inversor pode iniciar e desligar continuamente devido à geração de energia insuficiente do painel FV. Isso não causará danos ao inversor. Se o problema ainda persistir, ligue para a assistência técnica local.

7 Parâmetros Técnicos e Diagrama de Bloco

7.1 Parâmetros Técnicos

Dados técnicos		GEP12-L-10	GEP15-L-10	GEP20-L-10
Dados de entrada da string FV				
Potência máx. da entrada CC (W)		15600	19500	26000
Tensão máx. da entrada CC (V)		800	800	800
Intervalo de MPPT (V)		200-650	200-650	200-650
Tensão de partida (V)		180	180	180
Tensão nominal da entrada CC (V)		370	370	370
Faixa de tensão operacional de entrada FV (V)		180-800	180-800	180-800
Corrente máx. reversa do inversor para a string		0	0	0
Corrente máx. de entrada (A)		26/26/26	26/26/26	26/26/26
Corrente máx. de curto (A)		33/33/33	33/33/33	33/33/33
Nº de MPPTs		3	3	3
Nº de strings por MPPT		2/2/2	2/2/2	2/2/2
Dados da saída CA				
Potência nominal de saída (W)		12000	15000	20700
Potência máx. de saída (W)		12000	15000	20700
Potência máx. aparente de saída (VA) [1]		12000	15000	20700
Tensão nominal de saída (V)		220, 3L/N/PE ou 3L/PE	220, 3L/N/PE ou 3L/PE	220, 3L/N/PE ou 3L/PE
Frequência nominal de saída (Hz)		50/60	50/60	50/60
Corrente máx. de saída (A)		31,5	40	54,5
Fator de potência de saída		< 3%	-1 (ajustável de 0,8 capacitivo a 0,8 indutivo)	< 3%
THDI de saída (à potência nominal)		< 3%	< 3%	< 3%
Corrente (de partida)		60	60	60
Corrente máxima de falha de saída		160	160	160
Proteção contra sobrecorrente máxima de saída (A)		109	109	109
Eficiência				
Eficiência máx.		98%	98%	98%
Eficiência europeia		97,7%	97,7%	97,7%
Proteção				
Proteção anti-ilhamento		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção de polaridade inversa de entrada		Integrada	Integrada	Integrada
Monitoramento de corrente da string FV		Integrada	Integrada	Integrada
Função anti-PID para o módulo		Opcional	Opcional	Opcional
Proteção contra surtos CC		Tipo II	Tipo II	Tipo II
Proteção contra surtos CA		Integrada	Integrada	Integrada
Unidade de monitoramento de corrente residual		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra sobrecorrente de saída		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra curto de saída		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra sobretensão de saída		Classe I	Classe I	Classe I
Classificação de tensão decisiva (DVC)		C	C	C
Dados gerais				
Faixa de temperatura operacional (°C)		-30-60	-30-60	-30-60
Umidade relativa		0-100%	0-100%	0-100%
Altitude de operação (m)		≤ 3000	≤ 3000	≤ 3000
Resfriamento		Resfriamento por ventilador	Resfriamento por ventilador	Resfriamento por ventilador
Interface de usuário		LCD e LED ou APP e LED	LCD e LED ou APP e LED	LCD e LED ou APP e LED
Comunicação		RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)	RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)	RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)
Peso (kg)		40	40	40
Dimensões (Largura x Altura x Profundidade mm)		480x590x200	480x590x200	480x590x200
Grau de proteção		IP65	IP65	IP65
Autoconsumo noturno (W)		< 1	< 1	< 1
Topologia		Sem transformador	Sem transformador	Sem transformador
Certificações e normas				
Regulamentação da rede		VDE0126-1-1/VDE-AR-N 4105	VDE0126-1-1/VDE-AR-N 4105	VDE0126-1-1/VDE-AR-N 4105
Regulamentação de segurança		IEC 62109-1 e 2	IEC 62109-1 e 2	IEC 62109-1 e 2
CEM		EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4

Dados técnicos		GEP25-10	GEP36-10	GEP29.9-10
Dados de entrada da string FV				
Potência máx. da entrada CC (W)		32500	46800	45000
Tensão máx. da entrada CC (V)		1100	1100	1100
Intervalo de MPPT (V)		200-950	200-950	200-950
Tensão de partida (V)		180	180	180
Tensão nominal da entrada CC (V)		600	600	600
Faixa de tensão operacional de entrada FV (V)		180-1100	180-1100	180-1100
Corrente máx. reversa do inversor para a string (A)		0	0	0
Corrente máx. de entrada (A)		26/26/26	26/26/26	26/26/26
Corrente máx. de curto (A)		33/33/33	33/33/33	33/33/33
Nº de MPPTs		3	3	3
Nº de strings por MPPT		2/2/2	2/2/2	2/2/2
Dados da saída CA				
Potência nominal de saída (W)		25000	36000	29900
Potência máx. de saída (W)		27500 ¹	36000	29900
Potência máx. aparente de saída (VA) [1]		27500 ²	36000	29900
Tensão nominal de saída (V)		400 ³ , 3L/N/PE ou 3L/PE	400 ³ , 3L/N/PE ou 3L/PE	400, 3L/N/PE ou 3L/PE
Frequência nominal de saída (Hz)		50/60	50/60	50/60
Corrente máx. de saída (A)		40	53,3	43,3
Fator de potência de saída		< 3%	< 3%	< 3%
THDI de saída (à potência nominal)		< 3%	< 3%	< 3%
Corrente (de partida)		60	60	60
Corrente máxima de falha de saída		160	160	160
Proteção contra sobrecorrente máxima de saída (A)		109	109	109
Eficiência				
Eficiência máx.		98,3%	98,3%	98,3%
Eficiência europeia		98%	98%	98%
Proteção				
Proteção anti-ilhamento		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção de polaridade inversa de entrada		Integrada	Integrada	Integrada
Monitoramento de corrente da string FV		Integrada	Integrada	Integrada
Função anti-FID para o módulo		Opcional	Opcional	Opcional
Proteção contra surtos CC		Tipo II	Tipo II	Tipo II
Proteção contra surtos CA		Tipo II	Tipo II	Tipo II
Unidade de monitoramento de corrente residual		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra sobrecorrente de saída		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra curto de saída		Integrada	Integrada	Integrada
Proteção contra sobretensão de saída		Classe I	Classe I	Classe I
Classificação de tensão decisiva (DVC)		C	C	C
Dados gerais				
Faixa de temperatura operacional (°C)		-30-60	-30-60	-30-60
Umidade relativa		0-100%	0-100%	0-100%
Altitude de operação (m)		≤ 3000	≤ 3000	≤ 3000
Resfriamento		Resfriamento por ventilador	Resfriamento por ventilador	Resfriamento por ventilador
Interface de usuário		RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)* 4	RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)* 4	RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional)* 4
Comunicação		LCD e LED ou APP e LED	LCD e LED ou APP e LED	LCD e LED ou APP e LED
Peso (kg)		40	40	40
Dimensões (Largura x Altura x Profundidade mm)		480x590x200	480x590x200	480x590x200
Grau de proteção		IP65	IP65	IP65
Autoconsumo noturno (W)		< 1	< 1	< 1
Topologia		Sem transformador	Sem transformador	Sem transformador
Certificações e normas				
Regulamentação da rede		IEC 61727, IEC 62116	IEC 61727, IEC 62116	IEC 61727, IEC 62116
Regulamentação de segurança		IEC 62109-1 e 2	IEC 62109-1 e 2	IEC 62109-1 e 2
CEM		EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4

*1: a potência máx. de saída do Brasil para o GEP25-10 é 25.000 W.

*2: a potência máx. aparente de saída do Brasil para o GEP25-10 é 25.000 VA.

*3: a tensão nominal de saída do Brasil para o GEP25-10 é 380 V.

*4: a comunicação do Brasil para o GEP25-10 é RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional) e para o GEP36-10 é RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional).

Dados técnicos	GEP30-L-10	GEP35-L-10	GEP50-10	GEP60-10
Dados de entrada da string FV				
Potência máx. da entrada CC (W)	39000	45500	75000	90000
Tensão máx. da entrada CC (V)	800	800	1100	1100
Intervalo de MPPT (V)	200-650	200-650	200-950	200-950
Tensão de partida (V)	180	180	180	180
Tensão nominal da entrada CC (V)	370	370	600	600
Faixa de tensão operacional de entrada FV (V)	180-800	180-800	180-1100	180-1100
Corrente máx. reversa do inversor para a string (A)	0	0	0	0
Corrente máx. de entrada (A)	26/26/26/26/26	26/26/26/26/26/26	26/26/26/26/26/26	26/26/26/26/26/26
Corrente máx. de curto (A)	33/33/33/33/33	33/33/33/33/33	33/33/33/33/33	33/33/33/33/33/33
Nº de MPPTs	5	6	5	6
Nº de strings por MPPT	2/2/2/2/2	2/2/2/2/2	2/2/2/2/2	2/2/2/2/2/2
Dados da saída CA				
Potência nominal de saída (W)	30000	35000	50000	60000
Potência máx. de saída (W)	30000	35000	55000 ¹	66000 ¹
Potência máx. aparente de saída (VA) [1]	30000	35000	55000 ²	66000 ²
Tensão nominal de saída (V)	220. 3L/N/PE ou 3L/PE	220. 3L/N/PE ou 3L/PE	400 ³ . 3L/N/PE ou 3L/PE	400 ³ . 3L/N/PE ou 3L/PE
Frequência nominal de saída (Hz)	50/60	50/60	50/60	50/60
Corrente máx. de saída (A)	80	96	80	96
Fator de potência de saída	~1 (ajustável de 0.8 capacitivo a 0.8 indutivo)			
THDI de saída (à potência nominal)	< 3%	< 3%	< 3%	< 3%
Corrente (de partida)	50	50	50	50
Corrente máxima de falha de saída	300	300	300	300
Proteção contra sobrecorrente máxima de saída (A)	195	195	195	195
Eficiência				
Eficiência máx.	98%	98%	98,3%	98,3%
Eficiência europeia	97,7%	97,7%	98%	98%
Proteção				
Proteção anti-ilhamento	Integrada			
Proteção de polaridade inversa de entrada	Integrada			
Monitoramento de corrente da string FV	Integrada			
Função anti-PID para o módulo	Opcional			
Proteção contra surtos CC	Tipo II (Tipo I opcional)			
Proteção contra surtos CA	Tipo II			
Unidade de monitoramento de corrente residual	Integrada			
Proteção contra sobrecorrente de saída	Integrada			
Proteção contra curto de saída	Integrada			
Proteção contra sobretensão de saída	Integrada			
Classe de proteção	Classe I			
Classificação de tensão decisiva (DVC)	C			
Dados gerais				
Faixa de temperatura operacional (°C)	-30-60			
Umidade relativa	0-100%			
Altitude de operação (m)	≤ 3000			
Resfriamento	Resfriamento por ventilador			
Inferface de usuário	LCD e LED ou APP e LED			
Comunicação	RS485, Wi-Fi, USB, PLC (Opcional)			
Peso (kg)	55			
Dimensões (Largura x Altura x Profundidade mm)	520x660x220			
Grau de proteção	IP65			
Autoconsumo noturno (W)	< 1			
Topologia	Sem transformador			
Certificações e normas				
Regulamentação da rede	IEC 61727, IEC 62116		IEC 61727, IEC 62116, AS4777.2	
Regulamentação de segurança	IEC 62109-1 e 2			
CEM	EN61000-6-1, EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-6-4			

*1: a potência máx. de saída do Brasil para o GEP50-10 é 50.000 W e para o GEP60-10 é 60.000 W.

*2: a potência máx. aparente de saída do Brasil para o GEP50-10 é 50.000 VA e para o GEP60-10 é 60.000 VA.

*3: a tensão nominal de saída do Brasil para o GEP50-10 e para o GEP60-10 é de 380 V.

*4: a comunicação do Brasil para o GEP50-10 é RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional) e para o GEP60-10 é RS485, Wi-Fi, USB, PLC (opcional).

Observação:

Definição da categoria de sobretensão

Categoria I: aplica-se ao equipamento conectado a um circuito onde medidas tenham sido tomadas para reduzir a sobretensão transitória para um nível baixo.

Categoria II: aplica-se ao equipamento que não está permanentemente conectado à instalação. Por exemplo, eletrodomésticos, ferramentas portáteis e outros equipamentos conectáveis por tomada.

Categoria III: aplica-se aos equipamentos fixos à jusante, incluindo o quadro de distribuição principal. Por exemplo, caixas de distribuição e outros equipamentos em uma instalação industrial.

Categoria IV: aplica-se aos equipamentos permanentemente conectados à origem de uma instalação (à montante do quadro de distribuição principal). Por exemplo, medidores de eletricidade, o equipamento de proteção de sobrecorrente principal e outros equipamentos diretamente conectados às linhas abertas ao ar livre.

Definição da categoria de localização de umidade

Parâmetros de umidade	Nível		
Faixa de temperatura	3K3	4K2	4K4H
Faixa de umidade	0 a +40 °C	-33 a +40 °C	-20 a +55 °C
	5%-85%	15%-100%	4%-100%

Definição da categoria de ambiente

Ao ar livre: a temperatura do ar do ambiente é de -20-50 °C. O intervalo da umidade relativa é de 4 a 100%, aplicada ao GP3.

Abrigado e não condicionado: a temperatura do ar do ambiente é de -20 a 50 °C. O intervalo da umidade relativa é de 5 a 95%, aplicada ao GP3.

Abrigado e condicionado: a temperatura do ar do ambiente é de 0 a 40 °C. O intervalo da umidade relativa é de 5 a 85%, aplicada ao GP2.

Definição de Grau de Poluição

Grau de poluição 1: não ocorre poluição ou somente poluição seca, sem condutividade.

A poluição não tem influência.

Grau de poluição 2: normalmente, ocorre apenas poluição não condutiva. Entretanto, pode-se esperar uma condutividade temporária ocasionalmente causada por condensação.

Grau de poluição 3: ocorre poluição condutiva. Ou a poluição seca e não condutiva fica condutiva em função de condensação, que é uma situação esperada.

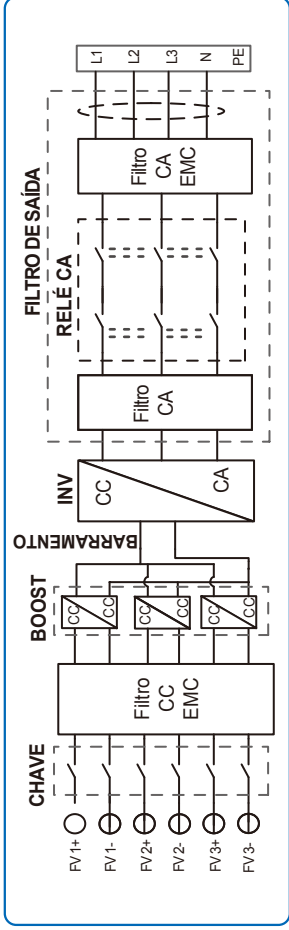
Grau de poluição 4: ocorre poluição condutiva persistente. Por exemplo, a poluição causada por poeira condutiva, chuva e neve.

7.2 Diagrama de blocos

O circuito principal da série GEP é exibido na figura abaixo:

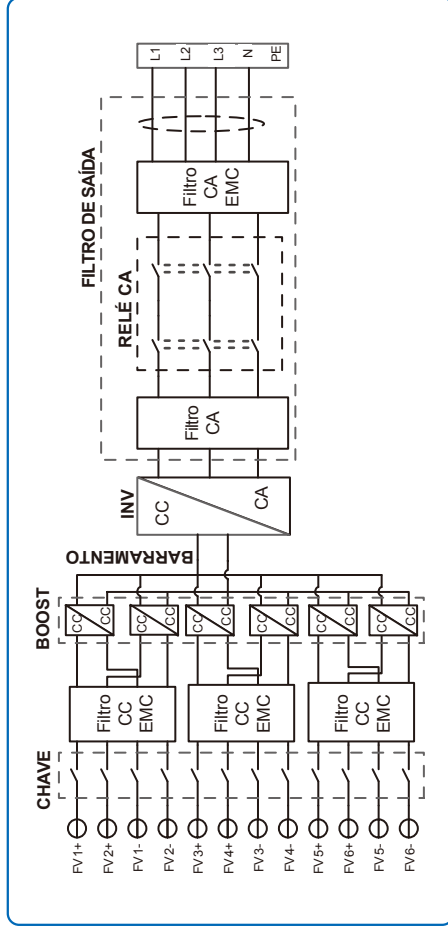
GEP12-20-L-10

GEP25-36-10



GEP30-35-L-10

GEP50-60-10



8 Manutenção

A manutenção regular garante um longo período de vida útil operacional e a eficiência ideal de toda a instalação FV.

Cuidado: antes da manutenção, primeiro desconecte o disjuntor CA e depois o disjuntor CC. Aguarde 5 minutos até que a tensão residual tenha sido liberada.

8.1 Limpeza das Ventoinhas

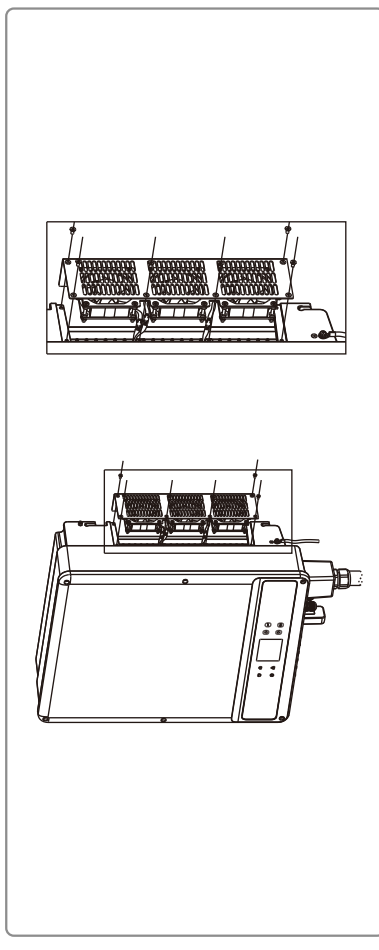
Essa linha de inversores é equipada com três ventoinhas do lado esquerdo. As entradas da ventoinha e as tampas das alças devem ser limpas anualmente com um aspirador de pó. Para uma limpeza mais profunda, remova totalmente as ventoinhas.

Primeiro desconecte o disjuntor CA e depois o disjuntor CC.

Aguarde 5 minutos até que a tensão residual tenha sido liberada e que as ventoinhas não estejam mais girando.

Desmonte as ventoinhas (consulte a figura abaixo).

1. Afrouxe os cinco parafusos com uma chave Phillips e remova as ventoinhas do gabinete lentamente em cerca de 50 mm.
2. Abra os compartimentos dos conectores das três ventoinhas e remova-os de seus invólucros, em seguida, retire as ventoinhas.
 - Limpe a grade de ventilação e as ventoinhas com uma escova macia, um pincel, um pano ou ar comprimido.
 - Remonte as ventoinhas no gabinete.
 - Use uma toalha para limpar o dissipador de calor uma vez por ano.



8.2 Verificando a Chave CC

A chave CC não necessita de manutenção.

É recomendado, embora não seja obrigatório:

- Verificar a chave CC regularmente.
- Ativar a chave CC 10 vezes em sequência uma vez por ano.

A operação da chave limpará os contatos e estenderá a vida útil da chave CC.

Ordem de inicialização:

1. Ligue a chave CC.
2. Ligue o disjuntor do lado CC.
3. Ligue o disjuntor do lado CA.

Cuidado: se não houver chave, a etapa 2 não é necessária.

Ordem de desligamento:

1. Desligue o disjuntor no lado da CA.
2. Desligue o disjuntor do lado CC.
3. Desligue a chave CC.

Cuidado: se não houver chave, a etapa 2 não é necessária.

8.3 Verificando a conexão elétrica

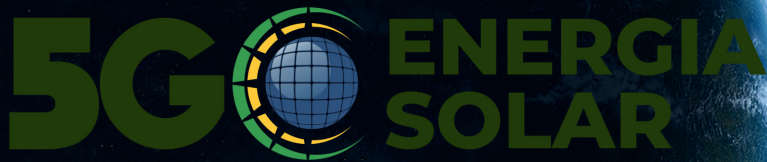
1. Verifique se o fio da CA ou da CC está solto.
2. Verifique se o fio terra está aterrado de maneira confiável.
3. Verifique se as tampas à prova d'água das portas RS485/Wi-Fi estão presas no lugar certo.

Cuidado: o ciclo de manutenção é de uma vez a cada seis meses.

4. Use uma chave de torque para apertar a conexão da fiação do terminal CA uma vez por ano.

Cuidado: o ciclo de manutenção é de uma vez a cada seis meses.

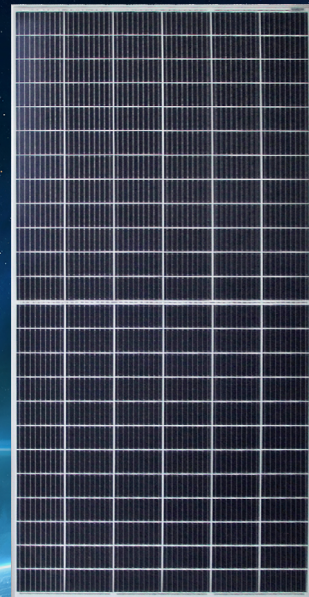
ANEXO B - Folha de dados do módulo



SS-450-72M 144cells

430-450W

High Efficiency Half-Cell Mono PERC Module



Half-cut cell technology
New circuit design,
lower internal current,
lower Rs loss



Special circuit design
with much lower hot spot
temperature



Fire safety
(Class C, certified to TÜV
Rheinland and Rheinland
test standards)



Resistance to power
attenuation passed TÜV
Rheinland system voltage
endurance test

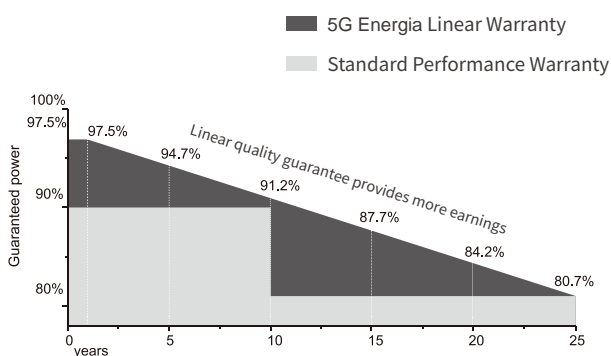


Resistance to salt-spray
corrosion
(IEC61701, certified to TÜV
Rheinland test standard)



100% double EL test
enabling remarkable
reduction of hidden crack
rate of modules

LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



Product quality
& process guarantee



Linear power
guarantee

COMPREHENSIVE CERTIFICATES



ISO 9001: Quality Management System

ISO 14001: Environmental Management System Standard

OHSAS 18001: International Occupational Health and
Safety Assessment System Standard

PRODUCT INSURANCE



SS-450-72M

144cells

ELECTRIC CHARACTERISTICS

Model of modules	SS-430-72MDX9 SS-430-72MDX9H		SS-435-72MDX9 SS-435-72MDX9H		SS-440-72MDX9 SS-440-72MDX9H		SS-445-72MDX9 SS-445-72MDX9H		SS-450-72MDX9 SS-450-72MDX9H	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum power — P_{mp} (W)	430	318	435	322	440	326	445	330	450	334
Open-circuit voltage — V_{oc} (V)	49.2	45.9	49.4	46.1	49.6	46.3	49.8	46.5	50.0	46.7
Short-circuit current — I_{sc} (A)	11.19	9.02	11.26	9.08	11.33	9.13	11.40	9.19	11.47	9.25
Maximum power voltage — V_{mp} (V)	40.6	37.5	40.8	37.7	41.0	37.9	41.2	38.1	41.4	38.3
Maximum power current — I_{mp} (A)	10.6	8.50	10.67	8.56	10.74	8.61	10.81	8.67	10.88	8.73
Module efficiency — η_m (%)	19.50%		19.73%		19.95%		20.18%		20.40%	
Power tolerance (W)	(0,+5)									
Maximum system voltage (V)	1000V/1500V									
Maximum rated fuse current (A)	20									
Current operating temperature (°C)	-40~+85 °C									

STC (Standard Testing Conditions): Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25 °C , Spectra at AM1.5

NOCT (Nominal Operating Cell Temperature): Irradiance 800W/m², Ambient Temperature 20°C , Spectra at AM1.5, Wind at 1m/S

STRUCTURAL CHARACTERISTICS

Module dimensions (L*W*H)	2108 x 1046 x 40mm
Weight	24.0 kg
Number of half-cells	144 cells (6x24)
Cell	PERC Monocrystalline 166x83mm
Glass	Tempered, 3.2mm AR, High transmittance, Low iron
Frame	Anodized aluminum alloy
Junction box	IP67
Output wire	4.0 mm ² , wire length: 1200mm or Customized Length
Connector	MC4 Compatible
Mechanical load	5400 Pa

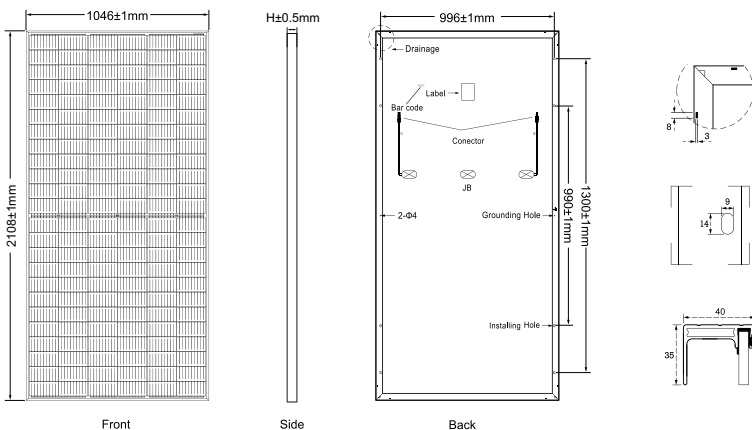
TEMPERFORMANCE RATINGS

Temperature coefficient (P_{max})	-0.37 %/°C
Temperature coefficient (V_{oc})	-0.29 %/°C
Temperature coefficient (I_{sc})	+0.05 %/°C
Nomial operating cell temperature	45±2 °C

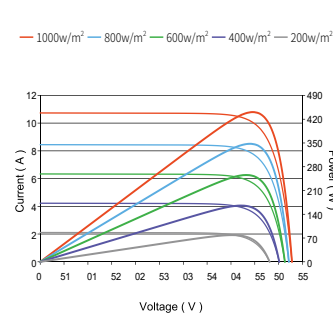
PACKAGING CONFIGURATION

Container	20GP	40HQ
Quantity/pallet	26	27
Pallets/container	10	22
Quantity/container	260	616

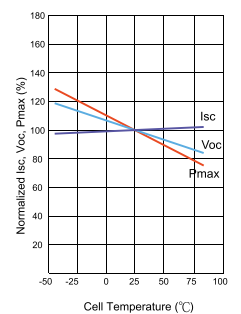
MODULE DIMENSIONS (mm)



Current-Voltage & Power-Voltage Curves (450W)

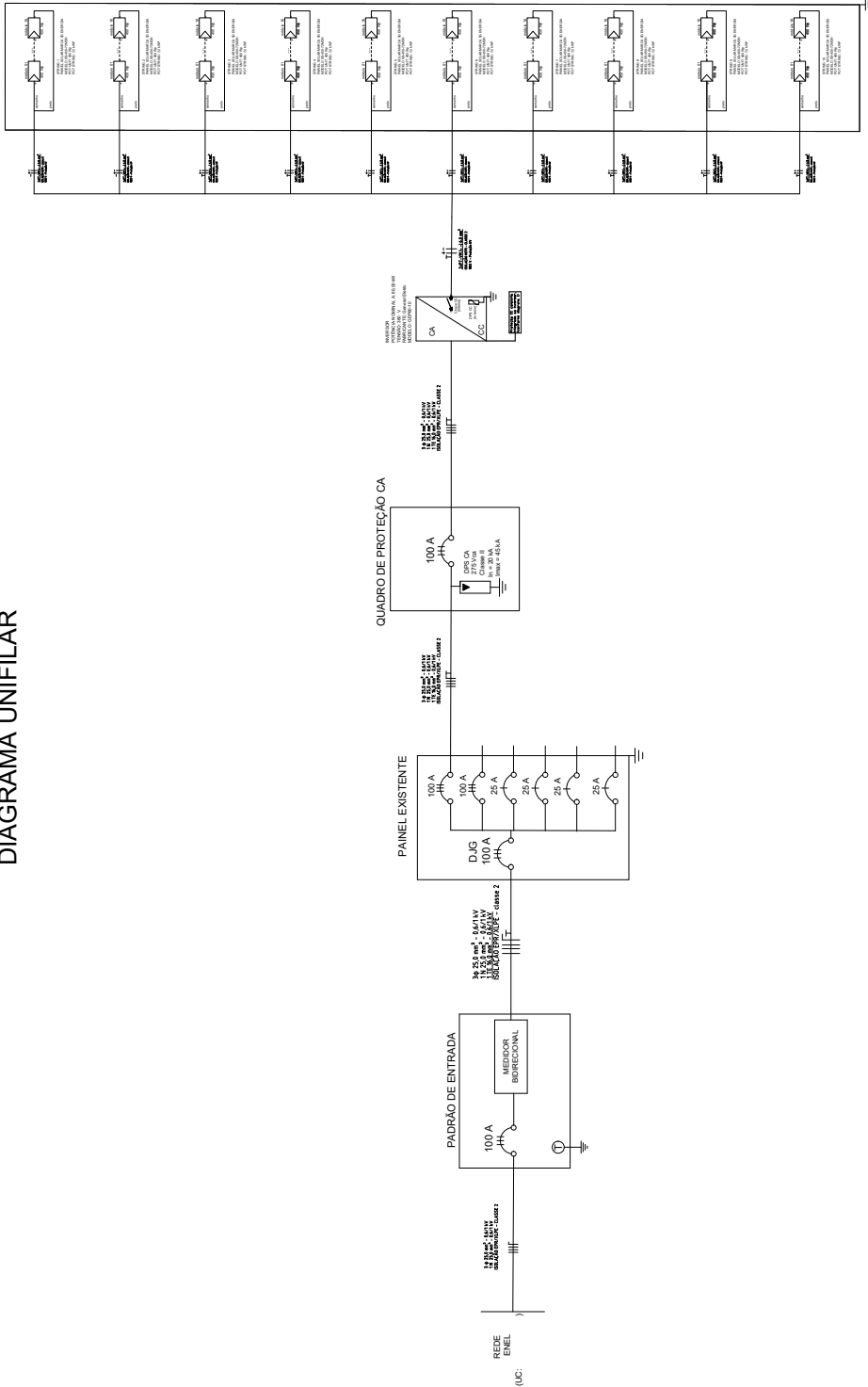


Temperature Dependence of I_{sc} , V_{oc} , P_{max}



ANEXO C - Prancha aprovada

DIAGRAMA UNIFILAR



POTÊNCIA INSTALADA DE PAINÉIS 72,00 kWp

POTÊNCIA TOTAL INSTALADA/INVERSORES 60 kW

Sistema Gerador Fotovoltaico composto por:

1. Inversor SG Energia, modelo SS-450-72MDH;
2. Inversor General Elétrico de 60kW modelo: GEP60-10;
- 2.1 Elementos de proteção de sub e sobretensão;
- 2.2 Elementos de proteção de sub e sobrefrequência;
- 2.3 Relé de sincronismo;
- 2.4 Relé de proteção contra surtos CC - TIPO II (DPS);
- 2.5 Elemento de proteção anti-filamento, com desligamento automático.

NOTA IMPORTANTE - PROTEÇÃO E RECONHECIMENTO INTEGRADO AO CORPO DO INVERSOR E SEM INFORMAÇÃO TÉCNICA DISPONÍVEL PELO FABRICANTE:

- 2-A OPERAÇÃO/INSTALAÇÃO/MANUTENÇÃO DO INVERSOR SEGUIR EM ATENÇÃO AOS CRITÉRIOS DE SEGURANÇA CONSIDERANDO A SAÍDA DE INTERRUPÇÃO DE RESPONSABILIDADE DO RT;
- 3- OS CONDUTORES CC DEVERÃO ESTAR DE ACORDO COM AS NORMAS PADRÕES DA ABNT.

NOTAS OBRIGATORIAS

- O responsável técnico/interessado deverá ser apresentado o Relatório de Condicionamento das Instalações de Convênio de acordo com os itens estabelecidos na ABNT NBR 16274, aplicando-se as normas de segurança e proteção ambiental, sendo obrigatório a realização de testes e medições realizadas;
- Os inversores deverão atender ao estabelecido na ABNT NBR IEC 62116 e Especificação Técnica nº 122 - ENEL;
- O aterramento do sistema de geração deverá ser conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora;
- Os inversores deverão estar instalados em locais de fácil acesso, protegidos contra intempéries de acordo com o seu grau de proteção (IP), que permitam facilmente o acesso aos pontos de manutenção técnica durante o processo de instalação/comando de G.B);
- As instalações elétricas nestes locais deverão estar em conformidade com a NR-10;
- Normas técnicas/segurança da ENEL e ABNT;
- O projeto deverá atender todas as exigências da Especificação Técnica nº 122- ENEL;
- O responsável técnico/interessado deverá estabelecer, conforme NR-10, em seu projeto de suas instalações elétricas os requisitos mínimos, obrigatório a implementação dos procedimentos que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e a todos os equipamentos e componentes elétricos, para garantir a segurança durante a instalação e o desligamento de circuitos que possuam recursos para suprimento de reenergização, para sinalização de ocorrência com indicação de conexão operativa;

Logo da empresa

MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

ENDEREÇO DA OBRA: _____

PROPRIETÁRIO: _____ CPF: XXXXXXXXXX

CONTRATANTE: _____ CPF: XXXXXXXXXX

RESPONSÁVEL TÉCNICO: _____ Eng.º XXXXXXXXXX

FRANQUIA: **1** / **2**

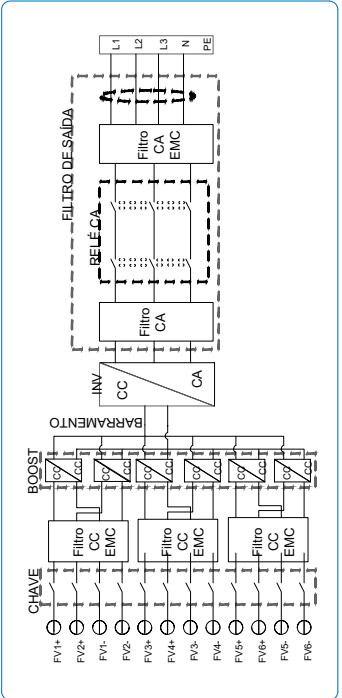
DIAGRAMA UNIFILAR, LOCALIZAÇÃO, BREVE DESCRITIVO.

CONTÉUDO: _____

DATA: 26/07/2022

ESCALA: SEM ESCALA

Diagrama 1 - Proteção CC - GEP60-10



LEGENDAS (SUBTÍTULOS)

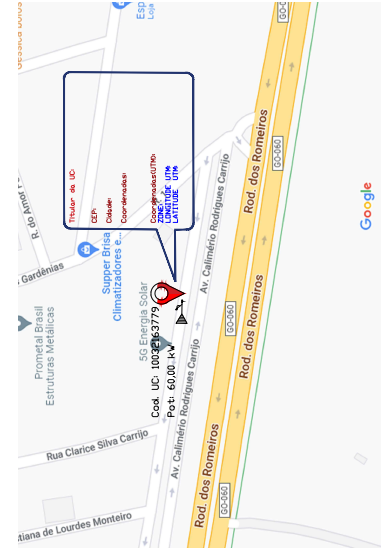
- PLACA SOLAR 400 Wp
- SG Energia, modelo SS-450-72MDH
- DISJUNTOR MONOPOLAR
- DISJUNTOR TRIPOLAR
- DPS CA 275 Vdc, Classe II, In = 20 Vdc, Imax = 45 A (A)
- INVERSOR DE FRENTE (CA/CC)
- General Elétrico, modelo GEP60-10
- DPS CC (TIPO II)
- General Elétrico, modelo GEP60-10
- Relé de Proteção 600 Vdc
- Relé de Proteção 600 Vdc
- Relé de Proteção 600 Vdc

Chaves: - "ab" - "fechada" - "ab"

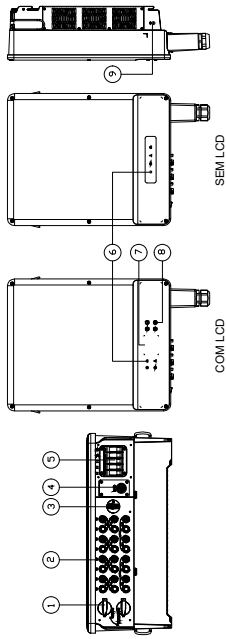
REFERÊNCIAS (REFERÊNCIAS)

ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA NTC-04 - NORMA DE DISTRIBUIÇÃO - ENEL

LOCALIZAÇÃO

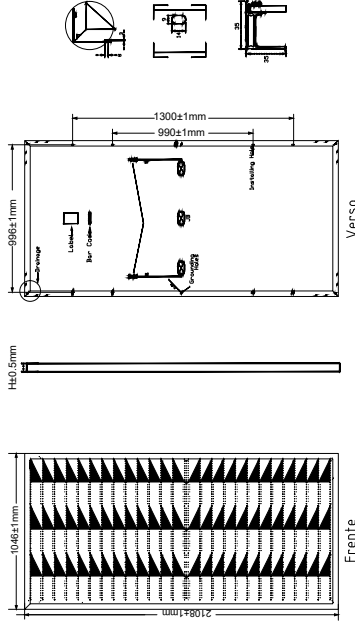


DETALHES DO INVERSOR GEP60-10



Item	Nome	Descrição
1	Chave CC (opcional)	Durante a operação normal está no estado "ON" (ligado), podendo desligar o inversor após ser desconectada da rede pelo disjuntor CA
2	Porta de entrada FV	Para a conexão de string FV
3	Wi-Fi	Conexão por Wi-Fi
4	Porta de Comunicação RS485, DRED e USB	Para comunicação RS485, DRED e USB
5	Porta de Saída CA	Para a conexão do cabo CA
6	Luz indicadora de LED	Exibe o estado do inversor
7	Tela LCD	Visualização de dados de operação do inversor e configuração de parâmetros
8	Botões	Para a configuração e a visualização de parâmetros
9	Saída de ar	Saída de ar quente durante a operação do inversor

VISTA DO MÓDULO SS-450-72MDH



Frente

Verso

DADOS TÉCNICOS DO MÓDULO SOLAR SS-450-72MTF	
Potência nominal P_{max} (W)	450 W
Dimensões (LxWxH) - 2108x1046x35mm	
Peso- 24,0 kg	
Tensão de Circuito V_{oc} (V) 50,40	
Corrente de Curto-Circuito I_{sc} (A) 10,47	
Tensão de Máxima Potência V_{mp} (V) 41,30	
Corrente de Máxima Potência I_{mp} (A) 10,9	
Tensão Máxima do Sistema (V) - 1000/1500	
Corrente Máxima do Sistema (A) - 15	
Eficiência do Módulo η_p (%)	>20,41%

SEMPRE PARALELA À TERRA

CUIDADO
GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ELÉTRICO NO CIRCUITO

CUIDADO
RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO
GERAÇÃO PRÓPRIA

25 cm

18 cm

PLACA DE ADVERTÊNCIA A SER INSTALADA NO PAINEL DE ENTRADA, AO LADO DA CASA DE MEDIÇÃO.

PLACA DE ADVERTÊNCIA

CONTENEDORES:

- 1 - Caixa para o inversor
- 2 - Caixa para o módulo
- 3 - Caixa para o disjuntor
- 4 - Caixa para o fusível
- 5 - Caixa para o relé
- 6 - Caixa para o fusível
- 7 - Caixa para o fusível
- 8 - Caixa para o fusível
- 9 - Caixa para o fusível

INSTALAÇÃO DA PLACA COM O DISJUNTOR

1 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

2 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

3 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

4 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

5 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

6 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

7 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

8 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

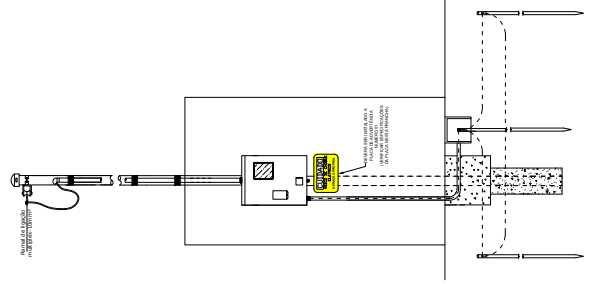
9 - O disjuntor deve ser instalado no lado de entrada da caixa de medição.

PLACAS DE SINALIZAÇÃO S/ ESC.

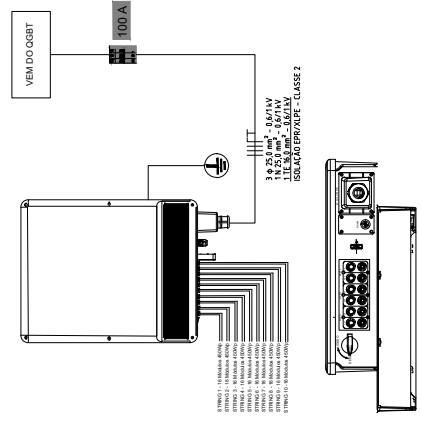


DIAGRAMA DE BLOCOS S/ ESC.

DETALHE GÊNÉRICO DA MEDIÇÃO (EXISTENTE)



DETALHE LIGAÇÃO INVERSOR GEP60-10



Logo da empresa

MICROGERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Endereço da obra

PROPRIETÁRIO

CONTRATANTE

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Eng.º XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CNPJ: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Eng.º XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CNPJ: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

Eng.º XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
CNPJ: XXXXXXXXXXXXXXXXXX

PRAZO: 2

ARRANJO FÍSICO DIAGRAMA DE BLOCOS, PLACA DE ADVERTÊNCIA, MÓDULO FOTOVOLTAICO.

CONTEÚDO

DATA: 26/07/2022

ESCALA: SEM ESCALA

ANEXO D - Parecer de acesso

Goiânia, 10 DE AGOSTO DE 2022

Ilmo (a). Sr (a). **CONTRATANTE**

Assunto: Parecer de Acesso de Microgeração Distribuída

- a) Nome do (a) Cliente: **CONTRATANTE**
- b) Número da Unidade Consumidora – UC: **XXXXXXXXXXXX**
- c) Solicitação de Acesso – SS **XXXXXXXXXX** de **27/07/22**;
- d) CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR- Conexão de Micro e Minigeração Distribuída ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Goiás

Prezado (a) Senhor (a)

Em resposta a sua solicitação de acesso de microgeração distribuída em referência, na qual V.S.^a solicita a conexão ao Sistema Elétrico da Enel Distribuição Goiás da fonte geradora com potência instalada de **60 kW**, localizada no imóvel situado na **ENDEREÇO DA CONTRATANTE** com coordenadas **Latitude:XX°XX'XX,X"S** e **Longitude: XX°XX'XX,X"W** do ponto de conexão localizada no posto de transformação **TR11111544** suprido pelo circuito **1** da **SE TRINDADE** que optou pelo sistema de compensação de energia elétrica da UC com **potência instalada de 66 kW**, informamos que o acesso foi aprovado para conexão no Sistema Elétrico da Enel Distribuição Goiás. Durante o período de acesso, as seguintes informações devem ser observadas:

- 1) O ponto de conexão deve ser o mesmo ponto de entrega de energia adotado para a respectiva unidade consumidora.
- 2) A tensão de fornecimento deve ser de acordo com a carga instalada da unidade consumidora, conforme indicado na NTC-04 e/ou NTC-05/Especificação Técnica 942.
- 3) O consumidor deve atender a todas as exigências constantes na CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR e, quando necessário, na NTC-04 e/ou NTC-05/Especificação Técnica 942 assim como demais normas e regulamentação pertinentes.
- 4) A energia injetada na rede elétrica da Enel Distribuição Goiás deve atender aos níveis de qualidade definidos na CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR. Caso sejam necessárias adequações para evitar a violação destes níveis, o consumidor deve ser responsável pelas medidas cabíveis de resolução do problema.
- 5) O artigo 33 da Resolução 1.000/Aneel, **“O projeto e a execução das instalações elétricas internas do consumidor e demais usuários devem possuir responsável técnico, caso exigível na legislação específica, que responde administrativa, civil e criminalmente em caso de danos e de acidentes decorrentes de eventuais erros”**.
- 6) O artigo 40 da Resolução 1.000/Aneel, **“É responsabilidade do consumidor e demais usuários manter a adequação técnica e a segurança de suas instalações”**.
- 7) O item 7.5.4 da CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR:
Para conexão de microgeração ou minigeração distribuída em unidade consumidora existente sem necessidade de aumento da potência disponibilizada, a distribuidora não pode exigir a

adequação do padrão de entrada da unidade consumidora em função da substituição do sistema de medição existente, exceto se:

- a) For constatado descumprimento das normas e padrões técnicos vigentes à época da sua primeira ligação ou;
- b) Houver inviabilidade técnica devidamente comprovada para instalação do novo sistema de medição no padrão de entrada existente.

Para a efetivação do acesso, os seguintes itens devem ser atendidos:

- 1) Responsabilidade do consumidor:
 - a. Garantir que a montagem e adequações das instalações internas estejam de acordo com as normas brasileiras e de segurança, **estando sujeitas à avaliação na vistoria**;
 - b. Para condomínios, será necessário enviar ata de assembleia com aprovação para ligações de GD;
 - c. Utilização de inversores que possuam **registro/certificado do Inmetro válido ou homologados pela distribuidora** e que atendam as normas de segurança quanto ao funcionamento/operação;
 - d. Entregar assinado à respectiva regional da Enel Distribuição Goiás o Relacionamento Operacional, que encontra-se anexo a este parecer;
 - e. A unidade consumidora geradora deverá estar na **mesma titularidade do interessado indicado neste parecer de acesso, para que o mesmo seja válido**;
 - f. Garantir que a potência característica da geração seja compatível com a disponibilizada pela distribuidora, conforme NTC-04 – Tabela 1 e NTC-05 – Tabelas 1 e 2, **que poderá ser aprovada ou rejeitada em vistoria**;
 - g. Prever a instalação e fixação adequadas das **placas de advertência** conforme ilustrado e nos locais indicados pela CNC-OMBR-MAT-18-0122-EDBR
 - h. A conexão da geração distribuída não poderá ocorrer dentro da conjunto/caixa de medição;
 - i. Solicitar vistoria quando da adequação das instalações internas e do padrão de medição;

Prazo de validade deste parecer de acesso: 120 dias

As UCs, informadas pelo interessado, para se tornarem participantes do sistema de compensação do excedente de Energia deverão estar de acordo com diretrizes das resoluções vigentes da Aneel e da Distribuidora, **podendo ser aprovadas ou rejeitadas durante o cadastramento**:

Não há UCs participantes do sistema de compensação do excedente de energia.

Atenciosamente,


Marcus Vinicius C. de Melo
Matrícula 61026023
ND - Central de Análise de Projetos


Fernando Spares Pinheiro
Matrícula 61025666
ND- Central de Análise de Projetos