



Sistema Fotovoltaico – 33kWp

Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede

Intitulado Câmara Municipal de Caarapó

Situado na cidade de Caarapó/MS

Endereço Rua Euclides S. Batista, nº870,
Bairro Centro, Caarapó/MS

Eng. Físico Cassio Alexandre Sawada

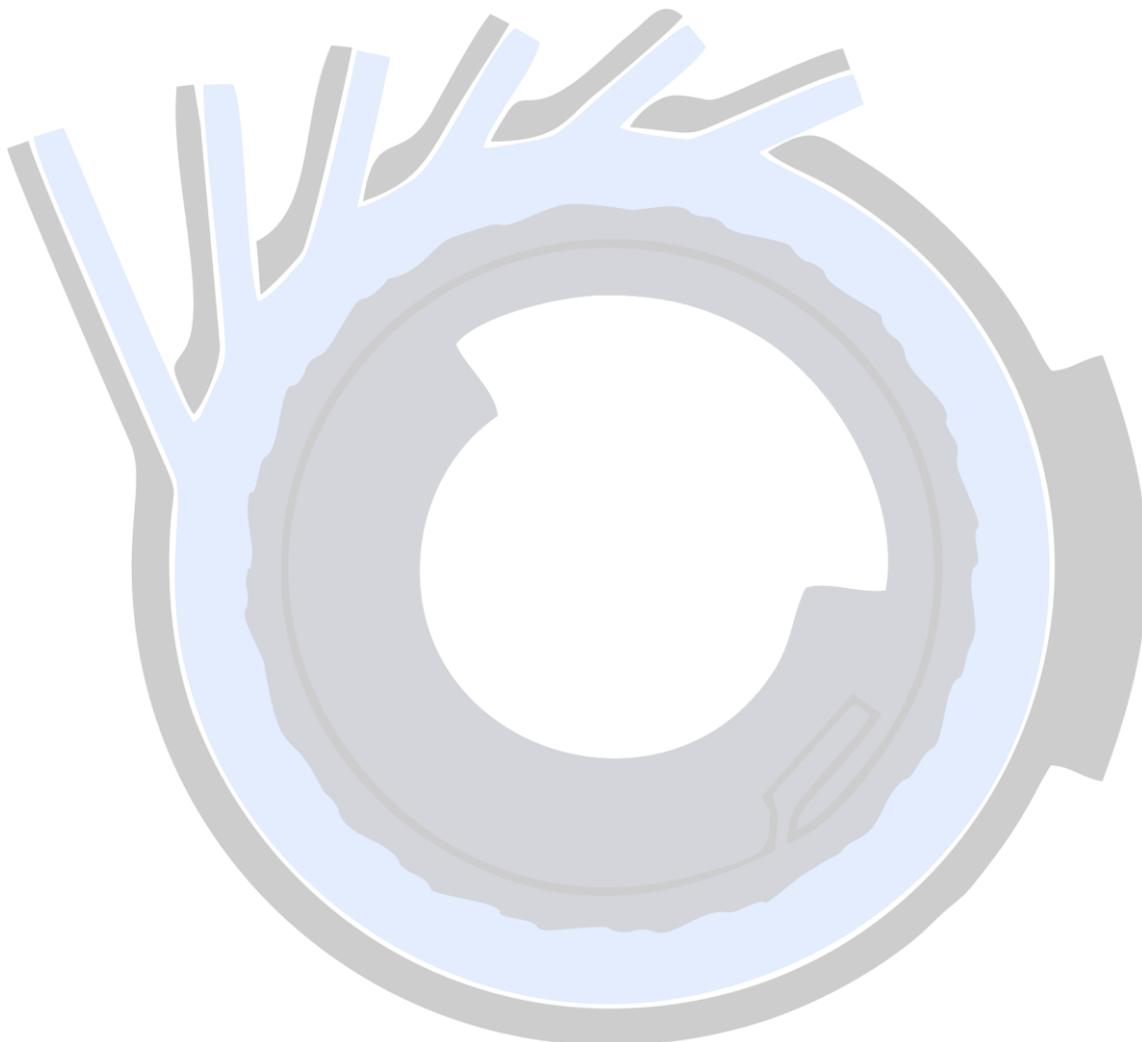
09/02/2024

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	BASE TÉCNICA	1
3.	RESPONSABILIDADE TÉCNICA	2
4.	OBJETIVO	2
5.	CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EMPREENDIMENTO	2
5.1.	DADOS DO CLIENTE	3
5.2.	IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA	3
5.3.	DADOS DO PONTO DE ENTREGA.....	3
5.4.	LEVANTAMENTO DE CARGA DEMANDADA	Erro! Indicador não definido.
6.	DESCRIPTIVO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	Erro! Indicador não definido.
6.1.	DESCRIÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO	4
6.2.	LOCAL DE INSTALAÇÃO DO INVERSOR.....	4
6.2.1.	INVERSOR E QUADRO DE PROTEÇÃO	4
6.2.2.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	4
6.2.3.	SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA	4
6.3.	AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR.....	5
6.4.	PERDAS DO SISTEMA	5
6.5.	PRODUÇÃO DE ENERGIA	6
6.6.	ANÁLISE SIMPLIFICADA DO RETORNO FINANCEIRO	6
7.	RELAÇÃO DE MATERIAIS ELÉTRICOS	7
7.1.	INVERSOR INTERATIVO À REDE.....	7
7.1.1.	CARACTERÍSTICAS DO INVERSOR	8
7.1.2.	SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE	9
7.2.	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	9
7.2.1.	ARRANJO FOTOVOLTAICO.....	9
7.3.	PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DO SISTEMA (STRING BOX)	10
7.4.	DUTOS DE PASSAGEM	11
7.5.	CABEAMENTO ELÉTRICO	11
7.5.1.	CORRENTE CONTÍNUA	11
7.5.2.	CORRENTE ALTERNADA	11
7.6.	ESTRUTURAS DE APOIO	11
8.	CONEXÃO À REDE	12
8.1.	SISTEMAS ELÉTRICOS CA	12
8.2.	QUALIDADE DE ENERGIA	12
8.3.	FAIXA DE TENSÃO	12
8.4.	DISTORÇÃO HARMÔNICA.....	13
8.5.	FATOR DE POTÊNCIA	13
8.6.	FAIXA OPERACIONAL DE FREQUÊNCIA	13
8.7.	SISTEMA DE BALANCEAMENTO DE FASES	14
9.	SEGURANÇA E PROTEÇÃO DO SISTEMA	14
9.1.	PERDA DE TENSÃO DA REDE	15
9.2.	VARIAÇÕES DE TENSÃO E FREQUÊNCIA.....	15
9.3.	PROTEÇÃO ANTI-ILHAMENTO	15
9.4.	RECONEXÃO	15
9.5.	ATERRAMENTO	15
9.6.	PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO	16
9.7.	RELIGAMENTO AUTOMÁTICO DA REDE	16
10.	PROCEDIMENTOS	16



10.1.	VERIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA.....	16
10.2.	CASO DE FALHA.....	17
10.3.	DESLIGAMENTO DE EMERGÊNCIA	18
10.4.	RECOMENDAÇÕES DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO.....	18
11.	ANEXOS.....	Erro! Indicador não definido.



1. INTRODUÇÃO

Parabéns, você acaba de adquirir um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede – SFCR. Este projeto elétrico apresenta todas as informações necessárias e relevantes para a execução dos trabalhos de instalação do sistema de geração de Energia Solar Fotovoltaica, seguida das considerações de localização do empreendimento, especificações técnicas, dados dos equipamentos e capacidade de geração.

2. BASE TÉCNICA

Os projetos são elaborados com base nas normas nacionais da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, as nacionais regulamentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e contemplam as Normas de Distribuição Unificada - NDU da concessionária de Energia Elétrica.

- **Normas Técnicas Brasileiras:**

- *NBR 5410, “Instalações elétricas em baixa tensão”.*
- *NBR 10068, “Folha de desenho – leiaute e dimensões - padronização”.*
- *NBR 14039, “Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV a 36,2 kV”.*
- *NBR 16149, “Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição”.*
- *NBR 16150, “Sistemas fotovoltaicos (FV) - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade”.*
- *NBR 16274, “Sistemas fotovoltaicos conectados à rede – requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho”.*
- *NBR IEC 62116, “Procedimentos de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica”.*

- **Legislação – ANEEL:**

- *Resolução Normativa nº482, de 17 de abril de 2012 – “Acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências”.*
- *Resolução Normativa nº1000, de 7 de dezembro de 2021 – “Estabelece as Regras de Prestação do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica”.*
- *Lei nº14.300, de 6 de janeiro de 2022 – “Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) e o Programa de Energia Renovável Social (PERS)”.*
- *Módulo 3 PRODIST Seção 3.7 – “Acesso de micro e minigeração distribuída”.*
- *Portaria Inmetro 004, de 04 de janeiro de 2011 – “Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica”.*
- *Portaria Inmetro 271, de 02 de junho de 2015 – “Reconhecer, provisoriamente, para fins de cumprimento das disposições aprovadas pela Portaria Inmetro nº 004/2011,*



os resultados de ensaios em sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica, aprovados”.

- Portaria Inmetro 357, de 01 de agosto de 2014 – “Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica (Módulo, Controlador de Carga, Inversor e Bateria), estabelecidos pela Portaria Inmetro nº 004/2011”.

- Norma Regulamentadora Nº 10, “Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade”.

- **Normas Técnicas Energisa**

- Norma de Distribuição Unificada – NDU0001 “Fornecimento de energia elétrica a edificações individuais ou agrupadas até 3 unidades consumidoras” – Versão 6.3 – Outubro/2020 – 30 de Novembro de 2023.

- Norma Técnica Unificada – NDU013 “Critérios para a Conexão em Baixa Tensão de Acessantes de Geração Distribuída ao Sistema de Distribuição” – Versão 7.0 – Julho/2023 – 18 de dezembro de 2023.

3. RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Os projetos são idealizados pelo Eng. Físico, Eng. Eletricista e Téc. Em Eletrotécnica Cassio Alexandre Sawada.

Conforme determina o Art. 1º da Lei nº 9.496, de 7 de dezembro de 1977. A elaboração do projeto e execução da obra foi registrada no CREA pelo engenheiro responsável Eng. Cassio Alexandre Sawada – CREA/MS 64695.

Art 1º - Todo contrato, escrito ou verbal, para a execução de obras ou prestação de quaisquer serviços profissionais referentes à Engenharia, à Arquitetura e à Agronomia fica sujeito à "Anotação de Responsabilidade Técnica" (ART).

Conforme determina as Consolidações das Leis Trabalhistas – CLT, que regulamenta as normas de segurança e saúde no trabalho. Os técnicos instaladores seguem as normas de “Segurança em Instalações e Serviço em Eletricidade” de acordo com a NR – 10 e as normas de segurança em “Trabalho em Altura” de acordo com a NR – 35.

4. OBJETIVO

O sistema fotovoltaico conectado à rede tem por finalidade a Compensação de Energia Elétrica, modalidade de geração distribuída que permite ao consumidor gerar energia em paralelo com a rede pública de distribuição de energia elétrica, para fins de autoconsumo local, autoconsumo remoto ou empreendimento com múltiplas unidades consumidoras.

5. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DO EMPREENDIMENTO



(67) 99323-5660



CONTATOSIRIUSENG@GMAIL.COM

ENG. FÍS. CASSIO ALEXANDRE SAWADA
CREA-MS 64695

5.1. DADOS DO CLIENTE

Nome do Cliente:	Câmara Municipal de Caarapó		
Telefone:	(67) 3453-1422	CPF/CNPJ:	03.355.880/0001-07
E-mail:	contabilidade@camaracaarapo.ms.gov.br	CEP:	79940-000
Logradouro:	Rua Euclides S. Batista	Nº	870
Bairro:	Centro	Cidade:	Caarapó-MS

5.2. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Número da UC:	10/1051962-7	Classificação da UC:	Serviço Público - Trifásico
Logradouro:	Rua Euclides S. Batista	Número:	870
Bairro:	Centro	Cidade:	Caarapó
CEP:	79940-000	UF:	MS

5.3. DADOS DO PONTO DE ENTREGA

O padrão de entrada de energia elétrica instalado na unidade consumidora atende às normas, compreendendo ao ramal de entrada (aéreo ou subterrâneo), poste ou pontalete particular, caixas, dispositivo de proteção, aterramento e ferragens permitindo a ligação da unidade consumidora à rede.

Tipo de ligação da UC:	127/220V	Carga Instalada da UC:	75kVA
Padrão de entrada:	Trifásico	Disjuntor de Entrada:	200A
Ramal de entrada:	Aéreo	Categoria de Atendimento:	T6
Seção dos condutores:	3#120(70)50	Tipo de Isolação:	PVC

O presente sistema de mini ou microgeração distribuída utiliza a tecnologia dos sistemas fotovoltaicos para a geração de energia em montante necessário para a compensação do consumo médio anual da unidade consumidora onde está instalado. Um sistema fotovoltaico é um gerador de energia elétrica (potencial e corrente), que utiliza o efeito fotoelétrico (transformação de luz em corrente elétrica, no interior de materiais semicondutores).

O sistema fotovoltaico aqui apresentado é do tipo conectado à rede, cuja principal característica é possuir um dispositivo automatizado de condicionamento de potência e acoplamento à rede, capaz de sincronizar automaticamente a geração (em corrente contínua) das células fotovoltaicas (o elemento ativo de geração) em corrente alternada de acordo com os valores de frequência e tensão da rede à qual está conectado.

O sistema fotovoltaico conectado à rede possui sistema de proteção anti-ilhamento, relês e temporizadores para sincronismo e controle de frequência, tensão e fator de potência. Todas essas funcionalidades são implementadas através do inversor interativo à rede, que é o componente principal do sistema fotovoltaico conectado à rede, responsável pelo gerenciamento, controle e coleta de dados operacionais. Devido às características do dispositivo de condicionamento de potência (inversor interativo) o sistema fotovoltaico conectado à rede (SFCR) é totalmente dependente da rede, não funcionando de forma autônoma, podendo ser uma ilha de energia desde que neste caso a unidade consumidora se desconecte da rede de transmissão da concessionária.



6.1. DESCRIÇÃO TÉCNICA DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Potência Nominal do Sistema:	33 kWp
Carga Instalada da UC:	75 kVA
Fabricante dos Módulos:	JÁ Solar
Modelo dos Módulos:	JAM72S30-550MR
Tecnologia dos Módulos:	Monocristalino
Quantidade de Módulos:	60
Energia Produzida por Ano:	50.589,00kWh/Ano
Área Necessária:	154,8 m ²
Fabricante do(s) Inversor(es):	Growatt
Modelo do(s) Inversor(es):	MAC30KTL3-XL
Potência Nominal do(s) Inversores:	30kW
Quantidade de Inversores:	1
Disjuntor de proteção:	100A
DPS:	175V 40kA

6.2. LOCAL DE INSTALAÇÃO DO INVERSOR

6.2.1. INVERSOR E QUADRO DE PROTEÇÃO

O(s) inversor(es) e os quadros de proteção serão instalados em local apropriado de fácil e permanente acesso onde o visor do inversor deverá ficar a uma altura máxima de 1,5m do piso acabado ao seu topo, ao abrigo de intempéries para evitar danos ao sistema e acúmulo de sujeira que possa danificar os equipamentos ao longo do tempo, bem como afastado o suficiente de crianças e animais domésticos para a segurança e proteção dos mesmos.

6.2.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Os módulos fotovoltaicos serão instalados sobre a cobertura da edificação ou em estrutura em solo da unidade consumidora e fixados com estrutura de fixação apropriados à cobertura existente de modo a garantir a não movimentação dos painéis sobre condições normais de clima, vento, chuva e outras situações comuns.

6.2.3. SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA

No ponto de conexão à rede elétrica será instalado de forma permanente na tampa do quadro de medição do padrão de entrada uma placa de advertência de geração própria conforme especificado na norma com os dizeres “CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA” e confeccionado em PVC ou acrílico com espessura mínima de 1mm e tinta anticorrosiva, não sendo aceito a utilização de adesivos.



CUIDADO
RISCO DE CHOQUE
ELÉTRICO
GERAÇÃO PRÓPRIA

Placa de Advertência de Geração Própria

6.3. AVALIAÇÃO DO RECURSO SOLAR

A avaliação do recurso solar disponível foi realizada de acordo com a fonte SWERA, tendo como referência o local com os dados históricos de radiação solar, temperatura e umidade nas imediações de Cidade.

Tabela de Radiação Solar		
Mês	Total diário [kW/m ² /dia]	Total Mensal[kW/m ² /mês]
Janeiro	5,16	159,96
Fevereiro	4,97	139,16
Março	5,49	170,19
Abril	4,63	138,90
Mai	4,55	141,05
Junho	3,97	119,10
Julho	4,59	142,29
Agosto	4,88	151,28
Setembro	4,24	127,20
Outubro	4,88	151,28
Novembro	4,62	138,60
Dezembro	4,81	149,11

6.4. PERDAS DO SISTEMA

Quando se trata de eficiência ou perdas ocasionada pelos fatores externos e intrínsecos dos equipamentos, podemos classificar as perdas como “antes dos módulos”, “nos módulos” e “depois dos módulos”, dessa forma temos perdas antes dos módulos ocasionadas por sombreamento (K_{somb}) de objetos ao redor ou sobre os módulos, sujeira (K_{suj}), com acúmulo de poeira, fuligem, fezes de pássaros e etc, sobre os módulos fotovoltaicos entre os períodos de limpeza.

Os módulos possuem características elétricas que causam perdas assim como perdas entre suas ligações, como a tolerância de potência-pico dos módulos quando possuem valores negativos (K_{tol}), perdas provocadas pelas diferenças de características



elétricas entre os módulos fotovoltaicos ou perda de mismatching (K_{mis}) e perdas ocasionadas pelo aumento de temperatura nos módulos (K_{temp}).

Após a captação na energia solar nos módulos, a energia passa por dispositivos elétricos que transformam a energia de corrente contínua em corrente alternada, causando perdas também. Dessa forma temos perdas nos condutores de corrente contínua (K_{cc}) e corrente alternada (K_{ca}), perdas durante ou entre o período de rastreamento do ponto de máxima potência do painel fotovoltaico (K_{SPMP}) e perdas na conversão de corrente contínua para corrente alternada (K_{inv}). Assim temos os valores aproximados de perdas ocasionados por cada fator de perda.

Tabela de Perdas do Sistema		
Perda por sombreamento (K_{somb}):	2%	Antes dos módulos
Perda por sujeira (K_{suj}):	2%	
Tolerância de potência (K_{tol}):	0%	Nos Módulos
Mismatching (K_{mis}):	2%	
Fator de Temperatura (K_{temp}):	14%	Depois dos Módulos
Cabeamento CC (K_{cc}):	1%	
SPMP (K_{SPMP}):	2%	
Perdas na conversão CC/CA (K_{inv}):	2%	
Cabeamento CA (K_{ca}):	1%	
Perdas Totais:	26%	

6.5. PRODUÇÃO DE ENERGIA

O sistema foi dimensionado com base na radiação solar incidente no local de instalação e deve ser capaz de gerar energia de acordo com a seguinte tabela:

Tabela de Produção de Energia		
Mês	Total diário [kWh/dia]	Total Mensal [kWh/mês]
Janeiro	170,28	5278,68
Fevereiro	164,01	4592,28
Março	181,17	5616,27
Abril	152,79	4583,70
Maio	150,15	4654,65
Junho	131,01	3930,30
Julho	151,47	4695,57
Agosto	161,04	4992,24
Setembro	139,92	4197,60
Outubro	161,04	4992,24
Novembro	152,46	4573,80
Dezembro	158,73	4920,63

6.6. ANÁLISE SIMPLIFICADA DO RETORNO FINANCEIRO

Ao adquirir um sistema fotovoltaico conectado à rede, visamos reduzir os gastos com a conta de energia, dessa forma apresentamos a análise simplificada de retorno financeiro para o presente sistema, levando em consideração os valores de geração anuais, o custo do kWh para valores futuros e os gastos futuros com energia. Nesta análise levamos em consideração 20 anos pois é o período em que o sistema deve estar



em pleno funcionamento. O ano 0 não é levado em consideração nessa análise para facilitar os cálculos, porém a economia de energia é gerada assim que o sistema é ligado.

Período	Geração (kWh)	Custo do kWh	Geração monetária (R\$/ano)	Acumulado (R\$)
Ano 0	*****	R\$ 1,20	*****	*****
Ano 1	48637,91	R\$ 1,32	R\$ 64.202,04	R\$ 64.202,04
Ano 2	48293,31	R\$ 1,45	R\$ 70.121,88	R\$ 134.323,92
Ano 3	47948,71	R\$ 1,60	R\$ 76.583,67	R\$ 210.907,59
Ano 4	47604,10	R\$ 1,76	R\$ 83.636,60	R\$ 294.544,19
Ano 5	47259,50	R\$ 1,93	R\$ 91.334,28	R\$ 385.878,48
Ano 6	46914,90	R\$ 2,13	R\$ 99.735,14	R\$ 485.613,61
Ano 7	46570,30	R\$ 2,34	R\$ 108.902,82	R\$ 594.516,43
Ano 8	46225,70	R\$ 2,57	R\$ 118.906,68	R\$ 713.423,11
Ano 9	45881,10	R\$ 2,83	R\$ 129.822,29	R\$ 843.245,39
Ano 10	45536,50	R\$ 3,11	R\$ 141.731,95	R\$ 984.977,34
Ano 11	45191,90	R\$ 3,42	R\$ 154.725,32	R\$ 1.139.702,66
Ano 12	44847,30	R\$ 3,77	R\$ 168.900,05	R\$ 1.308.602,71
Ano 13	44502,70	R\$ 4,14	R\$ 184.362,47	R\$ 1.492.965,18
Ano 14	45191,90	R\$ 4,56	R\$ 205.939,40	R\$ 1.698.904,58
Ano 15	44158,10	R\$ 5,01	R\$ 221.351,21	R\$ 1.920.255,79
Ano 16	43813,50	R\$ 5,51	R\$ 241.586,21	R\$ 2.161.842,00
Ano 17	43468,90	R\$ 6,07	R\$ 263.654,70	R\$ 2.425.496,70
Ano 18	43124,30	R\$ 6,67	R\$ 287.721,03	R\$ 2.713.217,74
Ano 19	42779,70	R\$ 7,34	R\$ 313.964,08	R\$ 3.027.181,82
Ano 20	42435,10	R\$ 8,07	R\$ 342.578,53	R\$ 3.369.760,35

7. RELAÇÃO DE MATERIAIS ELÉTRICOS

A lista de materiais elétricos foi elaborada com base nos dados considerados neste Projeto Elétrico e no material referente à obra.

Materiais como acoplamentos, derivações, luvas, buchas, parafusos, conectores elétricos, canaleta, entre outros, podem ser definidos no ato da instalação do sistema fotovoltaico.

LISTA DE MATERIAIS	
Qtde.	ITEM
60	Painel Solar JÁ Solar 550W JAM72S30 550-MR
1	Inversor Solar Growatt On Grid MAC30KTL3-XL 220V - trifásico

7.1. INVERSOR INTERATIVO À REDE

O inversor interativo não deve ser desconectado da rede, exceto durante testes ou manutenções, que mesmo em períodos de baixa ou nula incidência de radiação solar, continua monitorando a rede de distribuição.



O inversor interativo somente injeta corrente elétrica na rede pública de distribuição após a leitura dos parâmetros da rede. Em casos de falha (queda, desligamento, etc) da rede, o inversor interativo deve permanecer monitorando a rede, permitindo o reestabelecimento do funcionamento normal, quando as condições forem favoráveis (funcionamento normal da rede).

O conversor CC/CA utiliza um sistema idôneo de transferência de potência a rede de distribuição, em conformidade aos requisitos técnicos e normas de segurança. Os valores de tensão e corrente do dispositivo de entrada são compatíveis com o sistema fotovoltaico, enquanto os valores de saída são compatíveis com os valores da rede ao qual está conectado ao sistema.

As principais características do grupo conversor são:

- Inversor de comutação forçada com PWM (Pulse-Width Modulation), sem clock e/ou tensão de referência ou de corrente, semelhante a um sistema não idôneo a suportar a tensão e frequência de intervalo normal. Este sistema está em conformidade com as normas da ABNT e com o sistema de rastreamento de potência máxima MPPT
 - Entrada do gerador CC gerenciado com polos não ligados ao condutor terra.
 - Conforme as normas gerais de limitação de Emissões EMF e RF: Conformidade IEC 110-1, IEC 110-6, IEC 110-8.
 - Proteção de desligamento da rede quando o sistema estiver fora da faixa de tensão e frequência da rede e com falha de sobrecorrente, conforme os requisitos da IEC 11-20 e normas da distribuidora de energia elétrica local. Reset automático das proteções de início automático em conformidade com a ABNT.
 - Proteção anti-ilhamento.
 - Grau de proteção adequado a localização nas proximidades do campo fotovoltaico.
 - Declaração de conformidade do fabricante de acordo com normas técnica aplicáveis, com referência aos ensaios realizados por institutos certificadores.
 - Tensão de entrada adequada para o intervalo de tensão de saída do gerador fotovoltaico.
 - Eficiência de no mínimo 95% da potência nominal.

7.1.1. CARACTERÍSTICAS DO INVERSOR

Os parâmetros de entrada, saída e parâmetros gerais tal como eficiência do inversor escolhido, pode ser visto na tabela abaixo tal como na folha de dados do inversor.

Dados Técnicos do Inversor	
Fabricante:	Growatt
Modelo:	MAC 30KTL3-XL
Número de rastreadores (MPPT):	3
Entrada por rastreadores:	4
Características elétricas de Entrada CC	
Máxima Tensão de entrada CC:	1100 Vcc
Mínima Tensão de entrada CC:	200 Vcc
Tensão nominal CC:	360 Vcc
Corrente Máxima de entrada:	55/55/55 A



Características elétricas de Saída CA	
Potência de Saída:	30 kVA
Máxima Corrente de Saída:	87,4 A
Conexão à rede (Faixa de Tensão):	L, N, PE (220, 230, 240) Vca
Frequência nominal:	50,60Hz
Rendimento:	98,8%

Como em todo e qualquer inversor interativo, este modelo se adapta às condições de operação (tensão, frequência, impedância, etc.) da rede à qual estará conectado.

No arranjo fotovoltaico os módulos são conectados visando atingir a tensão de trabalho do inversor interativo ao qual serão interligados. A associação de módulos fotovoltaicos está descrita no diagrama multifilar elétrico.

7.1.2. SISTEMA DE MONITORAMENTO E CONTROLE

O sistema de controle e de monitoramento permite, por meio de um computador e um software dedicado, comunicar em cada instante com o sistema gerador de modo a verificar os parâmetros de produção dos inversores instalados com a possibilidade de visualizar as indicações técnicas (tensão, corrente, potência, etc) para cada inversor, informações que podem ser verificadas no histórico de evento do inversor.

7.2. MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

O arranjo fotovoltaico foi dimensionado tendo como base as seguintes considerações:

- Potencial elétrico a ser injetado na rede de distribuição;
- Integração mecânica dos módulos fotovoltaicos;
- Tensão mínima em ponto de máxima potência, do inversor interativo;
- Tensão máxima de funcionamento do inversor interativo;
- Corrente máxima de entrada do inversor interativo;
- Eficiência média do inversor interativo;
- Potência pico dos módulos fotovoltaicos;
- Temperatura de funcionamento das células fotovoltaicas;
- Perdas de potência elétrica por efeito Joule nos condutores.

7.2.1. ARRANJO FOTOVOLTAICO

O gerador (arranjo) fotovoltaico é composto conforme a tabela abaixo com uma vida útil estimada de mais de 25 anos e diminuição da eficiência da produção devido a intempéries de no máximo 0,8 % ao ano. Os módulos fotovoltaicos são associados eletricamente entre si de maneira a fornecer uma tensão contínua. A tensão gerada pela associação dos módulos fotovoltaicos varia de acordo ao nível de radiação solar incidente, de qualquer forma, havendo iluminação sempre haverá tensão entre os terminais dos módulos fotovoltaicos, o que requer cuidados especiais durante inspeções e manutenções.



Características Técnicas dos Módulos	
Número de módulos:	60
Energia gerada anual:	49228,65 kWh/Ano
Potência Nominal:	33 kWp
Fabricante:	JÁ Solar
Modelo:	JAM72S30-550MR
Tecnologia de construção:	Silício Monocristalino
Características elétricas	
Potência:	550 Wp
Rendimento:	21,30%
Tensão nominal:	41,96 Vcc
Tensão em circuito aberto:	49,90 Vcc
Corrente de curto-circuito:	14,00 A
Corrente Nominal:	13,11 A
Coefficientes de Temperatura	
Coefficiente de temperatura Voc (β):	-0,275 [%/K]
Coefficiente de temperatura Isc (α):	0,045 [%/K]
Coefficiente de temperatura Pmpp (γ):	-0,35 [%/K]
Dimensões	
Dimensões:	(2279x1134x35) mm ³
Peso:	28,6 kg

Os valores de tensão variam conforme a temperatura de funcionamento (mínima, máxima e de regime) e estão dentro dos valores aceitáveis de funcionamento do inversor.

Todos os módulos fotovoltaicos utilizados são idênticos, ou seja, possuem as mesmas características elétricas mecânicas e dimensionais.

O circuito elétrico proveniente dos módulos fotovoltaicos possui um circuito de proteção com aterramento em caso de sobretensão com indicação ótica de fora de serviço.

7.3. PROTEÇÃO CONTRA SURTOS DO SISTEMA (STRING BOX)

O quadro elétrico de gerenciamento do sistema fotovoltaico (StringBox) tem a função de proteger o inversor em caso de sobretensão de potencial elétrico causado pelo arranjo fotovoltaico. O quadro de proteção e isolamento solar possui componentes desenvolvidos especificamente para aplicações fotovoltaicas, assegurando uma instalação com desempenho e segurança superiores.

O DPS realiza a proteção da instalação e dos módulos fotovoltaicos contra descargas atmosféricas. Possui tensão nominal de 1kV DC e corrente máxima de 25A, proteção de surto e sistema de aterramento DC positivo e negativo flutuante.

O quadro elétrico de proteção é confeccionado em ABS, com grau de proteção IP65 e segue as normas IEC 61439, NBR 5410 e NBR IEC 60529, resistente a raios UV e água. Demais informações podem ser vistas na folha de dados do quadro de proteção.



7.4. DUTOS DE PASSAGEM

A passagem do cabeamento é realizado conforme as normas NBR 5410, quando não houver dutos de passagem embutido em alvenaria para a passagem dos cabos, será usado dutos externos de aço galvanizado com caixas de passagem também em aço galvanizado na área de instalação do inversor e dutos corrugados de PVC na área externa superior, local de instalação dos painéis.

7.5. CABEAMENTO ELÉTRICO

7.5.1. CORRENTE CONTÍNUA

Os condutores de ligação que ligam os painéis ao quadro de proteção e ao inversor em corrente contínua são do fabricante Nexans, modelo Energyflex BR Afitox 120° (Cu) – 0,6/1 kV. Este condutor foi projetado para ser usado em aplicações de corrente contínua em instalações fixadas em suportes, bandejas, leitos, dutos ou ao ar livre sujeito as intempéries onde são previstas temperaturas ambientes extremamente elevadas. Para atender requisitos a radiação UVB e de resistência à queima, os cabos possuem revestimento de cobertura especial formulado para atendimento aos requisitos das normas UL 2556, IEC 60332-1 e ABNT NBR 16612.

O condutor de cobre estanhado (Classe 5) com isolamento em composto termofixo extrudado e cobertura em composto a base de copolímero termofixo resistente a altas temperaturas e resistência a UVB, para tensões de até 1kV (1500 V DC) e regime permanente de até 90°C e 20mil horas à temperatura de 120°C.

Os cabos são projetados para uma expectativa de vida útil superior a 25 anos, os fatores que asseguram este desempenho e performance ao longo da vida útil destes cabos baseiam-se nas boas práticas, recomendações e procedimentos previstos para instalação, garantindo os controles quanto aos limites térmicos e de esforços mecânicos previstos durante e após a instalação (ex: raio mínimo de curvatura – NBR 9511; procedimentos de instalação – NBR 5410 e normas complementares), assim como monitoramento das condições operacionais do circuito validando os critérios utilizados para a especificação e o respectivo dimensionamento do cabo elétrico.

7.5.2. CORRENTE ALTERNADA

Os cabos selecionados para a condução da corrente alternada foram selecionados com base na corrente máxima de saída do inversor, a NBR 5410 para a determinação da seção mínima necessária e o método da queda de tensão para que seja utilizado o cabeamento que melhor suporte a carga produzida.

7.6. ESTRUTURAS DE APOIO

Os módulos são montados em suportes de aço galvanizado e alumínio fixados na cobertura. Os sistemas de fixação da estrutura são instalados tomando a devida atenção para manter a impermeabilização da cobertura e deverão resistir a rajadas de vento com velocidade de até 120 km/h com grande rigidez e confiabilidade.



8. CONEXÃO À REDE

Os acessantes deverão ser interligados ao sistema Elétrico de Baixa/Média Tensão no mesmo ponto de conexão da unidade consumidora, de acordo a tensão e Potência de Geração Instalada.

A potência instalada da Microgeração distribuída fica limitada à potência disponibilizada para a unidade consumidora onde a central geradora será conectada.

Caso o consumidor deseje instalar central geradora com potência superior ao limite estabelecido no parágrafo anterior, deve solicitar o aumento da potência disponibilizada, nos termos do Art. 27 da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, sendo dispensado o aumento da carga instalada.

Para limitar o nível de desbalanceamento nas redes de baixa tensão acessadas, as centrais de geração com conexão monofásica (Fase/Neutro) só poderão ser aquelas com capacidade de geração máxima conforme definido na norma da concessionária.

8.1. SISTEMAS ELÉTRICOS CA

O sistema de escoamento do potencial elétrico gerado foi projetado conforme os requisitos contidos na norma ND 5.3 – “Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão”, revisão de setembro de 2019.

O ponto de conexão mais recomendado é na instalação elétrica do cliente, pois possui uma viabilidade maior e menor perda do sistema de geração na residência.

8.2. QUALIDADE DE ENERGIA

A energia gerada pelo sistema gerador deve atender aos padrões requeridos pelo órgão regulador ANEEL e aos padrões da concessionária de energia acessada.

A potência do sistema de microgeração fotovoltaico instalado na unidade consumidora (UC) participante do sistema de compensação de energia elétrica foi projetada conforme estabelece a resolução normativa da ANEEL 482, que a potência de geração do sistema fotovoltaico não seja superior à carga instalada na unidade consumidora.

8.3. FAIXA DE TENSÃO

O sistema fotovoltaico foi projetado de modo a trabalhar na faixa de tensão conforme requisitado na ND 5.3 – “Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão”, a fim de atender os requisitos mínimos na qualidade do fornecimento de energia elétrica. Caso a tensão de atendimento (TA) não esteja no padrão determinado como “Adequada”, o sistema fotovoltaico deve ser desconectado da rede elétrica automaticamente. Abaixo segue tabela com as condições de tensão.

RESPOSTA ÀS CONDIÇÕES ANORMAIS DE TENSÃO	
Tensão no Ponto de Conexão Comum (% em relação à Vnominal)	Tempo Máximo de Desligamento em segundos
$V < 80\%$	0,2



$80\% \leq V \leq 110\%$	Regime normal de Operação
$110\% < V$	0,2

8.4. DISTORÇÃO HARMÔNICA

A distorção harmônica total da corrente não deve ultrapassar 5%, conforme especificado na folha de dados do inversor e conforme a norma ND 5.3 – “Requisitos para a Conexão de Acessantes ao Sistema de Distribuição Cemig D – Conexão em Baixa Tensão”. Segue tabela com os limites de distorção harmônica.

LIMITE DE DISTORÇÃO HARMÔNICA DE CORRENTE			
Harmônicas	Limite de Distorção	Harmônicas	Limite de Distorção
Pares		Ímpares	
2° a 8°	< 1,0%	3° a 9°	< 4,0%
10° a 32°	< 0,5%	11° a 15°	< 2,0%
		17° a 21°	< 1,5%
		23° a 33°	< 0,6%

8.5. FATOR DE POTÊNCIA

O sistema de geração deve ser capaz de operar dentro das seguintes faixas de fator de potência quando a potência ativa injetada na rede for superior a 20% da potência nominal do gerador. Fator de potência (FP) ajustável de 0,90 indutivo até 0,90 capacitivo.

Após uma mudança na potência ativa, o sistema deve ser capaz de ajustar a potência reativa de saída automaticamente para corresponder ao FP predefinido, mudança que deve ser atingida em no máximo 10 segundos.

8.6. FAIXA OPERACIONAL DE FREQUÊNCIA

O sistema de geração deve operar em sincronismo com a rede elétrica e dentro dos limites de variação de frequência definidos pela norma, ou seja, quando a frequência da rede assumir valores abaixo de 57,5Hz, o sistema de geração deve interromper o fornecimento de energia à rede elétrica em até 0,2 segundos e deve voltar a fornecer energia à rede quando a frequência retornar para 59,9Hz, respeitando o tempo de reconexão 180 segundos. Caso a frequência da rede ultrapassar 60,5Hz e permanecer abaixo de 62Hz, o sistema de geração deve reduzir a potência ativa injetada na rede segundo a equação:

$$\Delta P = [f_{rede} - (f_{nominal} + 0,5)] \times R$$

Onde:

- ΔP é a variação da potência ativa injetada (em%) em relação à potência ativa injetada no momento em que a frequência excede 60,5Hz (PM);
- f_{rede} é a frequência da rede;
- $f_{nominal}$ é a frequência nominal da rede;
- R é a taxa de redução desejada da potência ativa injetada (em %/Hz), ajustada em – 40 %/Hz.



A resolução da medição de frequência deve ser menor ou igual a 0,01Hz.

O sistema de geração só deve aumentar a potência ativa injetada quando a frequência da rede retornar para a faixa de 60Hz \pm 0,05Hz por no mínimo 300 segundos.

Quando a frequência da rede ultrapassar 62Hz, o sistema de geração deve interromper o fornecimento de energia à rede elétrica em até 0,2 segundos e deve voltar a fornecer energia à rede quando a frequência da rede retornar 60,1Hz respeitando o tempo de reconexão de 180 segundos.

8.7. SISTEMA DE BALANCEAMENTO DE FASES

A concepção do inversor bi/trifásica contempla um sistema de balanceamento de fases, contrabalanceando o potencial elétrico injetado em cada fase, e a interligação do inversor a rede foi projetado de modo a atender os requisitos de segurança e proteção de acordo com as normas, como pode ser visto nos diagramas elétricos.

9. SEGURANÇA E PROTEÇÃO DO SISTEMA

Os inversores devem possuir sistema de proteção com alguns requisitos descritos na tabela a seguir, com os requisitos e as recomendações de ajustes.

REQUISITOS DE PROTEÇÃO	POTÊNCIA INSTALADA MENOR OU IGUAL A 75KW
Elemento de Interrupção (Nota 1)	Sim
Proteção de Sub e Sobretensão	Sim
Proteção de Sub e Sobrefrequência	Sim
Relé de Sincronismo (Nota 2)	Sim
Anti-ilhamento (Nota 3)	Sim

Notas:

1. Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores distribuídos.

2. Não é necessário relé de sincronismo específico, mas um sistema eletroeletrônico que realize o sincronismo com a frequência da rede e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção, de maneira que somente ocorra a conexão com a rede após o sincronismo ter sido atingido.

3. No caso de operação em ilha do acessante, a proteção de anti-ilhamento deve garantir a desconexão física entre a rede de distribuição e as instalações elétricas internas à unidade consumidora, incluindo a parcela de carga e de geração, sendo vedada a conexão ao sistema da distribuidora durante a interrupção do fornecimento.

AJUSTES RECOMENDADOS DAS PROTEÇÕES		
Requisitos de Proteção	Potência Instalada Até 100kW	Tempo Máximo de Atuação
Proteção de Subtensão (27)	0,8 p.u	0,2
Proteção de Sobretensão (59)	1,1 p.u	0,2
Proteção de Subfrequência (81U)	59,5 Hz	0,2
Proteção de Sobrefrequência (81O)	60,5 Hz	0,2 ⁴



Proteção de Sobrecorrente (50/51)	Conforme Padrão de Entrada	N/A
Relé de Sincronismo (25)	10º 10% Tensão 0,3Hz	
Relé de Tempo de Reconexão (62)	180s	180s

9.1. PERDA DE TENSÃO DA REDE

Para prevenir o ilhamento, um sistema de Geração Distribuída conectado à rede deve interromper o fornecimento de energia à rede, independentemente das cargas ligadas ou outros geradores distribuídos ou não, em um tempo limite especificado.

9.2. VARIAÇÕES DE TENSÃO E FREQUÊNCIA

Condições anormais de operação podem surgir na rede elétrica e requerem uma resposta do sistema de Geração Distribuída conectado a essa rede. Esta resposta é para garantir a segurança das equipes de manutenção da rede e das pessoas em geral, bem como para evitar danos aos equipamentos conectados à rede, incluindo o sistema de geração distribuída.

As condições anormais compreendem as variações de tensão e frequência acima ou abaixo dos limites definidos nos itens 8.3 e 8.6 e a desconexão completa da rede, representando um potencial para a formação de um ilhamento de uma Geração Distribuída.

9.3. PROTEÇÃO ANTI-ILHAMENTO

Na ocorrência de uma eventual falta na rede da CEMIG durante a operação de paralelismo, o sistema de Geração deve desligar-se através do inversor e isolar a geração da rede, no máximo, em 2 segundos.

O inversor deve garantir o sincronismo da geração com a rede e evitar conexões indevidas. Em nenhuma hipótese será permitido o ilhamento de geradores conectados ao sistema elétrico da concessionária local.

9.4. RECONEXÃO

Depois de uma “desconexão” devido a uma condição anormal da rede, o sistema de Geração Distribuída não pode retomar o fornecimento de energia à rede elétrica (reconexão) por um período mínimo de 180 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.

9.5. ATERRAMENTO

O sistema de Geração Distribuída deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora.

As instalações de Centrais Geradoras deverão estar providas de sistemas de aterramento que garantam que, em quaisquer circunstâncias, não sejam geradas tensões de contato superiores aos limites estabelecidos conforme NBR 5410.



Não devem ser utilizadas canalizações metálicas de água, líquidos ou gases inflamáveis como eletrodos de aterramento.

9.6. PROTEÇÃO CONTRA CURTO-CIRCUITO

O sistema de geração distribuída deve possuir dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, a fim de limitar e interromper o fornecimento de energia, bem como proporcionar proteção à rede da CEMIG contra eventuais defeitos a partir do sistema de Geração Distribuída.

A proteção padrão no ponto de entrega ao consumidor, através de disjuntor termomagnético ou apropriado para a geração distribuída, que deve suportar os valores de geração como retorno ao sistema da CEMIG, assim como estar coordenado para os níveis de curto-circuito interno do consumidor, protegendo adequadamente o sistema de BT dos demais consumidores.

9.7. RELIGAMENTO AUTOMÁTICO DA REDE

O sistema de Geração Distribuída deve ser capaz de suportar um religamento automático fora de fase na pior condição possível (em oposição de fase).

10. PROCEDIMENTOS

10.1. VERIFICAÇÃO DA INSTALAÇÃO DO SISTEMA

- Verificar se todos os cabos de módulos e os cabos solares entre os arranjos e o inversor estão fixados com abraçadeiras ou condicionados em eletrodutos e não há cabos soltos.
- Verificar se os parafusos e sistemas de fixação estão firmes, assim como os painéis, quadros de proteção e inversor.
- Verificar se o sistema de aterramento está conectado em todos os módulos do arranjo (diretamente da moldura dos módulos ou no sistema de fixação).
- Verificar a tensão de circuito aberto nas extremidades dos cabos, a tensão de circuito aberto é a soma da tensão da quantidade dos módulos ligado em serie na fileira (considerar temperatura).
- Verificar se os conectores dos cabos solares estão montados corretamente, e estão firmes com o cabo. Os quadros elétricos são montados numa altura adequada para o trabalho e devem estar firmes na parede.
- Verificar se os dispositivos de segurança, disjuntores e outros componentes elétricos dentro dos quadros elétricos estão montados firmemente à estrutura das caixas.
- Verificar se todas as extremidades de cabos que estão montados nos dispositivos dentro do quadro elétrico possuem terminais.
- A instalação é realizada conforme os manuais de instalação, e todas as normas nacionais (e/ou internacionais) válidas para sistemas fotovoltaicos.
- O instalador irá verificar e certificar os pontos seguintes:
- Produção de energia fotovoltaica gerada sob diferentes condições de operação;



- Continuidade elétrica entre os módulos e as ligações;
- Aterramento;
- Isolamento de circuitos elétricos;

O gerador deve atender às seguintes condições:

GERADOR – Growatt MAC 30KTL3-XL
Limites De Tensão
Tensão mínima (727,0V) maior do que V_{mpp} mínimo (200V)
Tensão máxima (933,38V) inferior a V_{mpp} máx. (1100V)
Limites De Corrente
Corrente Máxima (13,76 A) menor do que corrente máxima (55A)
Limites De Potência
Potência máxima (31,32 kW) menor que a potência máxima do inversor (39kW)

10.2. CASO DE FALHA

- Verificar no display do Inversor se ele está desligado ou está indicando algum erro. Caso haja um erro no inversor, identifique-o, utilizando o código de erros do manual do inversor, caso possua essa informação.
- Desligar o disjuntor de corrente contínua e o disjuntor de corrente alternada.
- Verificar as conexões dentro dos quadros: se há cabos soltos ou com folga, etc.
- Verificar se há cheiro de queimado vindo dos quadros elétricos ou próximo ao inversor.
- Verificar se há indícios de fogo ou faísca elétrica (ex.: marcas carbonizadas).
- Verificar se a ligação de cabeamento tanto DC quanto CA está solta ou com folga.
- Verificar a tensão do arranjo fotovoltaico. Considerar a Temperatura de operação dos módulos. Se não há tensão, há um problema com a ligação dos cabos no arranjo Fotovoltaico.
- Comparar a tensão dos módulos com a tensão mínima de entrada do inversor interativo. Caso a tensão dos módulos esteja fora da faixa de tensão do inversor, o dimensionamento entre módulos fotovoltaicos e inversor interativo não foi o adequado.
- Ligar o disjuntor de CA e verificar se a tensão da rede é igual à tensão nominal do inversor interativo. Verificar no ponto de ligação do inversor interativo.
- Ligar o disjuntor de DC, verificar se a chave seccionadora no inversor está ligada e verificar se o inversor inicia.
- Caso não haja falha, tanto no lado de corrente contínua (tensão dos módulos normal) quanto no lado da rede (tensão nominal da rede), é necessário contatar um técnico ou entrar em contato com fabricante/fornecedor do inversor interativo.
- **Não abra o inversor ou a caixa de junção dos módulos sem contatar o fabricante/fornecedor do produto. Isso pode causar a perda da garantia do produto ou da instalação.**



10.3. DESLIGAMENTO DE EMERGÊNCIA

No caso de uma emergência basta desativar o disjuntor de corrente alternada e/ou o disjuntor de corrente contínua. O inversor interativo irá desligar e a injeção de energia do circuito do arranjo fotovoltaico irá parar. Nunca desconecte os cabos que conduzem eletricidade, sempre utilize o dispositivo seccionador. Quando os painéis recebem iluminação, sempre há a tensão de circuito aberto entre as extremidades (polos positivos e negativos) do arranjo fotovoltaico. Desativar os disjuntores só impede o fluxo de corrente.

10.4. RECOMENDAÇÕES DE LIMPEZA E MANUTENÇÃO

Com o tempo, sujeira e poeira podem se acumular na superfície dos módulos, o que causa uma redução da potência. Para manter o máximo da capacidade do sistema, é recomendável uma limpeza periódica dos módulos fotovoltaicos, especialmente em regiões com pouca chuva, ou excesso de partícula suspensas (poluição, poeira, queimadas, etc.).

Limpe a superfície dos módulos com uma escova macia, água limpa com pressão menor de 690 kPa, que corresponde à pressão típica nos sistemas de fornecimento de água.

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA		
Elemento	Ações a realizar	Período
Cabeamento	<ul style="list-style-type: none">- Revisão do cabeamento.- Inspeção das ligações e terminais.- Teste das quedas de tensão no lado DC.- Verificar cabeamento de proteção de aterramento.	1 ano
Estado dos módulos e estrutura	<ul style="list-style-type: none">- Situação face ao projeto inicial.- Limpeza e verificação da presença de danos que afetem a segurança.- Revisão de danos na estrutura de suporte.- Verificação do estado de deterioração devido aos agentes ambientais e intempéries.	1 ano
Inversores	<ul style="list-style-type: none">- Análise do estado de funcionamento.- Estado dos indicadores luminosos/Visor e alarmes.	2 anos
Equipamentos de segurança e proteção	<ul style="list-style-type: none">- Verificação dos terminais, caixa de medição e haste terra.- Teste de funcionamento do sistema de seccionamento.- Teste do funcionamento dos disjuntores.- Verificação do estado dos fusíveis.	1 ano



Nome do Responsável Técnico: Cassio Alexandre Sawada

Título: Engenheiro Físico e Técnico em Eletrotécnica

CREA: 64695/D MS, CFT 43940189863

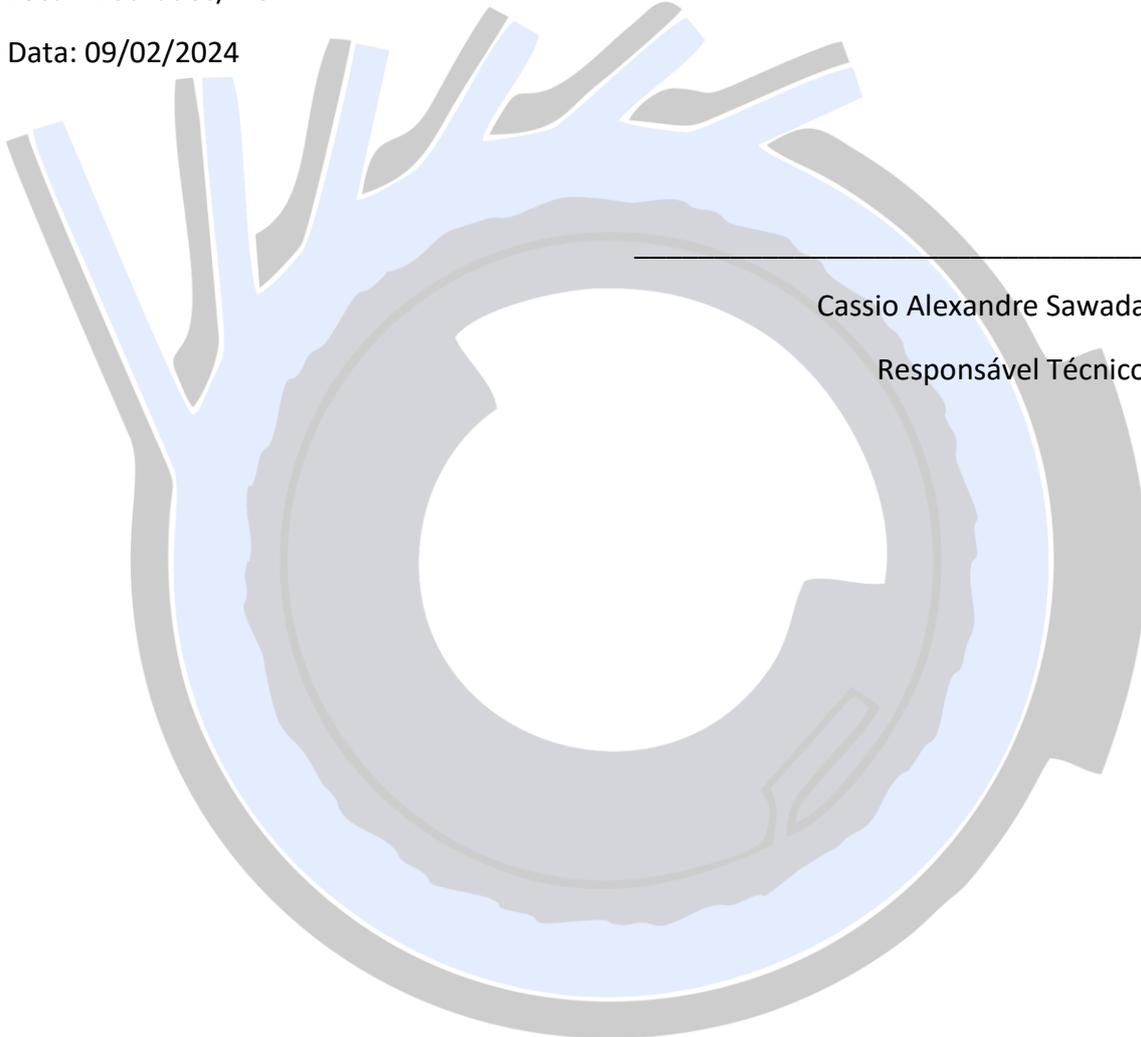
Endereço: Rua Cuiabá, nº1560, Casa 03, Centro, Dourados/MS

Telefone: (67) 99323-5660

E-mail: contatosiriuseng@gmail.com

Local: Dourados/MS

Data: 09/02/2024



Cassio Alexandre Sawada
Responsável Técnico



(67) 99323-5660



CONTATOSIRIUSENG@GMAIL.COM

ENG. FÍS. CASSIO ALEXANDRE SAWADA
CREA-MS 64695