

**PROJETO DE MINIGERAÇÃO DISTRIBUÍDA UTILIZANDO UM
SISTEMA FOTOVOLTAICO DE 369,63 kWp CONECTADO À REDE DE
ENERGIA ELÉTRICA DE MÉDIA TENSÃO EM 13,8 kV,
CARACTERIZADO COMO AUTOCONSUMO REMOTO**

CLIENTE: ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO ESTADO DO PIAUÍ

CNPJ 05.811.724/0001-39

RESP. TÉCNICO: SÁVIO HENRIQUE EVANGELISTA TORRES

ENGENHEIRO ELETRICISTA

RN:1918269971

TERESINA-PI

OUTUBRO-2020

SUMÁRIO

1. OBJETIVO	3
2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS	3
2.1 Legislação Aneel	3
2.2 Normas Brasileiras	3
2.3 Normas técnicas da concessionária de energia	4
3. CENTRAL GERADORA	4
4. UNIDADES	5
4.1 Unidade consumidora	5
4.2 Unidade geradora	7
4.3 Regime de Operação	8
5. EQUIPAMENTOS	8
5.1 Módulos fotovoltaicos	8
5.2 Inversor de corrente	8
6. PROTEÇÕES ELÉTRICAS	10
6.1 Proteção contra curto-circuito	10
6.2 Queda de tensão	10
6.3 Aterramento	11
6.4 Proteções incorporadas e integrantes ao inversor empregado	11
6.5 Ajustes do inversor	11
7. REQUISITOS DE QUALIDADE	13
7.1 Harmônicos e distorção de forma de onda	13
8. REQUISITOS DE SEGURANÇA	14
8.1 Sinalização de segurança	14

1. OBJETIVO

O projeto em questão tem como objetivo a conexão à rede de um complexo de minigeração distribuída, que utiliza como fonte a energia solar, ao sistema elétrico da concessionária local. O sistema, no município de Teresina- PI, ainda será definido. Serão adotadas as condições de acesso e critérios técnicos, operacionais e requisitos de projetos aplicáveis à conexão de minigeração distribuída à rede de distribuição da concessionária, de forma a garantir que o sistema opere de forma segura, eficiente, com qualidade e confiabilidade. A usina em questão será construída a fim de abater o consumo em ponta e fora de ponta da TV Assembleia.

2. REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Para elaboração do projeto deste sistema foram observadas as normas em vigor que regem o campo de instalações em baixa tensão, e as normas específicas para microgeração e sistemas fotovoltaicos.

2.1 Legislação – Aneel

- Resolução Normativa Nº 414, de 9 de setembro de 2010 - Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica;
- Resolução Normativa Nº 482, 517 e 687 - Acesso de micro e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica;
- PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional.

2.2 Normas Brasileiras

- ABNT NBR 5410, Instalações Elétricas de Baixa Tensão;
- ABNT NBR 11704 (2008): Sistemas fotovoltaicos – Classificação;

- ABNT NBR 11876 (2010): Módulos fotovoltaicos — Especificação;
- ABNT NBR 16149: Sistemas Fotovoltaicos - Características da interface de conexão com a rede elétrica distribuída;
- ABNT NBR 16150: Sistemas fotovoltaicos FV- Características da interface de conexão com a rede elétrica distribuída – Procedimento de ensaio de conformidade
- ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

2.3 Normas Técnicas da Concessionária de Energia

- NT. 001.EQTL. Normas e Padrões – Fornecimento de Energia Elétrica em Baixa Tensão.
- NT. 021.EQTL. Normas e Padrões - Conexão de Minigeração Distribuída ao Sistema de Distribuição - Rev 01.

3. CENTRAL GERADORA

A unidade geradora de energia elétrica, terá potência instalada total de 369,63 kWp distribuída em 1026 módulos de 360 Wp (Watts-pico) utilizando como fonte de geração a radiação solar. O complexo gerador será conectado à rede de média tensão de distribuição de forma trifásica através de uma subestação abrigada de 500 kVA, segundo instruções da norma técnica da concessionária e por meio de instalações da unidade consumidora. Os 1026 módulos estarão dispostos em 54 strings (18 strings por inversor, com 19 módulos em cada string e 2 strings por MPPT, no total de 9 MPPT's

- MPPT1 = MPPT2 = ... = MPPT9: 38 módulos de 355Wp;

$$V_{MPPT} = 744,8 \text{ V e } I_{MPPT} = 18,2 \text{ A}$$

Os limites de entrada total do equipamento (1000V e 26A para cada MPPT) foram respeitados. A unidade consumidora estará interligada à rede de distribuição em conexão trifásica 380/220V na baixa tensão e 13,8 kV na média tensão.

4. UNIDADES

4.1 Unidade Consumidora

- Proprietário: Assembleia Legislativa do Estado do Piauí
- Código da Unidade Consumidora: 1296605-3
- CNPJ: 05.811.724/0001-39
- Finalidade: Minigeração Fotovoltaica Conectada à Rede
- Rede em fios, individual, baixa e média tensão, aérea.
- Tensão de fornecimento: Sistema Trifásico 380/220 V baixa tensão e 13,8 kV média tensão
- Forma de conexão com a rede: Sistema trifásico 380/220 V baixa tensão.
- Disjuntor de Entrada: Tripolar 800 A
- Histórico de Consumo dos últimos meses (Fora de ponta - kWh):

SET/19	OUT/19	NOV/19	DEZ/19	JAN/20	FEV/20	MAR/20	ABR/20	MAI/20	JUN/20	JUL/20	AGO/20
53917	52838	49817	43181	43804	50396	48057	51302	50876	45683	47913	42379

- Carga instalada e Demanda:

CARGAS	POTÊNCIA (W)
INVERSORES	330000

- Carga Instalada: 330 kW;
- Demanda = 330000 × 1 = 330000 W

Nota: os valores de fatores de demanda para cada tipo de carga foram retirados das tabelas disponibilizadas na NT.001.EQTL. Normas e Padrões fornecimento de energia elétrica em baixa tensão.

$$\text{Demanda (VA)} = \frac{330000}{0,92} = 358.695,65 \text{ VA}$$

$$\text{Demanda (VA)} = 358,7 \text{ kVA}$$

- Limite de Potência- Potência Disponibilizada (kW):

$$\circ \text{ Potência Disponibilizada} = \frac{INd \times Vn \times NF}{1000} \times FP$$

- INd = Corrente nominal do disjuntor de entrada (geral), em A;
- Vn = Tensão nominal de atendimento da unidade consumidora, em V;
- NF = Fator referente ao número de fases da tensão de atendimento;
- FP = Fator de potência da instalação

$$\circ \text{ Potência Disponibilizada} = \frac{800 \times 220 \times 3}{1000} \times 0,92 = 485,76 \text{ kW}$$

4.2 Unidade Geradora

A energia gerada pelo grupo de módulos fotovoltaicos é conectada à rede por meio de inversor *Grid Tie* em conexão trifásica, de acordo com a Tabela 1 (Tipo de conexão em função da potência do sistema de microgeração) encontrada na norma técnica de código NT. 021.EQTL. Normas e Padrões Cepisa.

UG/Arranjo	Nº de Módulos por Arranjo	Fabricante dos módulos	Área do Arranjo (m ²)	Fabricante/Modelo do Inversor	Potência de Pico kWp
1	342	Canadian Solar CS6U-360p	682	3 Sungrow SG110CX NEW	369,63
2	342	Canadian Solar CS6U-360p	682		
3	342	Canadian Solar CS6U-360p	682		
Potência Instalada Total: 369,63 kWp					
Área Total da Usina: 2052 m ²					
Número de Arranjos: 3					
Módulos da Usina Fotovoltaica: 1026					

Tabela 3: Quadro de Geração

Os módulos serão instalados sobre estrutura metálica, encontrada dentro do empreendimento, utilizando o solo para a instalação dos perfis de alumínio e serão orientados preferencialmente para o norte e sul geográfico, e inclinação de 15° a fim de obter maior exposição à radiação solar.

4.3 Regime de operação

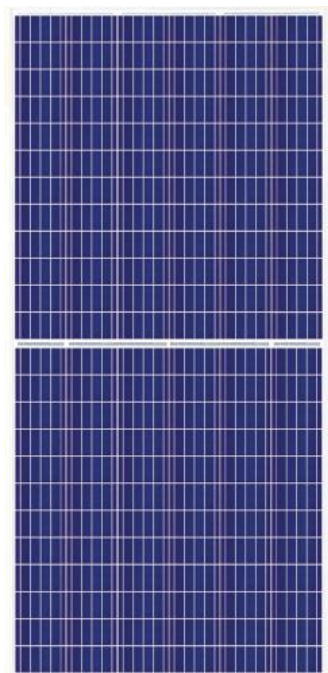
12 horas de operação. Das 06:00 às 18:00 ($\pm 1,0$ hr).

5. EQUIPAMENTOS

A seguir, detalhes técnicos dos equipamentos que compõem a da unidade geradora conectada à rede.

5.1 Módulos Fotovoltaicos:

Figura 1: Módulos Canadian Solar CS3U-360P.



FICHA TÉCNICA – Canadian Solar CS3U-360P

Máxima Potência - Pmax (Wp):	360 Wp
Máxima Tensão - Vmp (V):	39,6 V
Máxima Corrente - Imp (A):	9,10 A

Tensão de Circuito Aberto - Voc (V):	47 V
Corrente de curto circuito - Isc (A):	9,67 A
Eficiência do módulo (%):	18,15%
Dimensões (LxAxP) mm:	2000x992x35 mm
Temperatura de Operação (°C):	-40°C ~ +85°C

Tabela 4: Ficha técnica de módulos fotovoltaicos

5.2 Inversor de Corrente

Figura 2: Inversor Sungrow SG110CX-NEW



FICHA TÉCNICA – SUNGROW SG8K3-D

ENTRADA EM CORRENTE CONTÍNUA

Entrada Máxima de Potência (W):	11000 W
Potência CA nominal (W):	143000 W
Máxima tensão Vcc (V):	850 V

Faixa de Operação MPPT(V)	200-1000 V
Corrente CC – MPPT (A)	26 A
Corrente Curto Circuito FV – MPPT (A)	40 A
Número de MPPTs	9

SAÍDA EM CORRENTE ALTERNADA

Conexão com a rede (CA):	TRIFÁSICA
Potência CA nominal (W):	110000 W
Potência máxima de saída (VA):	143000 VA
Máxima Corrente Alternada (A)	158,8 A
Tensão Nominal CA/Faixa (V)	320 V – 460 V
Frequência da Rede CA (Hz):	55-65 Hz
Eficiência (%):	98,7%
THD total (%):	< 3%

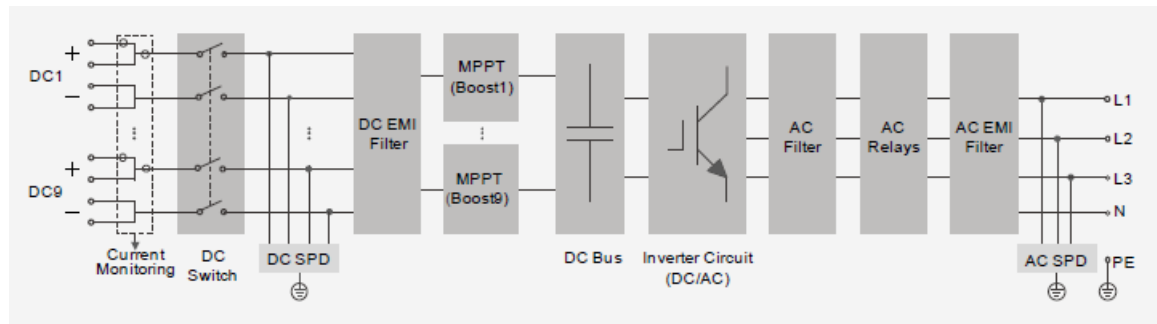
DADOS GERAIS

Dimensões (L*A*P) mm	1051x660x362,5 mm
Peso Líquido (Kg)	85 kg
Temperatura de Operação	-30°C~60°C
Umidade Relativa	0~100%
Grau de Proteção IP	IP65
Topologia	Sem Transformador
Ventilação	Resfriamento Natural
Certificação	IEC 62109, IEC 61727, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, VDE-AR-N

	4110:2018, VDE-AR-N 4120:2018, IEC 61000-6-3, EN 50438, AS/NZS 4777.2:2015, CEI 0-21, VDE 0126-1-1/A1 VFR 2014, UTE C15-712-1:2013, DEWA
Tipo de conexão FV	MC4
Tipo de conexão AC	Conector plug and play

Tabela 5: Ficha técnica do Inversor de Corrente

Figura 3: Proteções internas ao Inversor Sungrow SG110CX-NEW



6. PROTEÇÕES ELÉTRICAS

Este item fornece informações e considerações para a operação segura e correta dos sistemas de geração distribuída conectados à rede elétrica. Serão utilizados Dispositivos de Proteção contra Surtos embutidos no inversor CC e CA: Classe II, a indicada para proteção de equipamentos elétricos e eletrônicos contra efeitos indiretos causados pelas descargas atmosféricas ($I_N = 20\text{kA}$, $I_{MÁX} = 40\text{kA}$ para CC e $I_N = 20\text{kA}$, $I_{MÁX} = 40\text{kA}$ para CA). Será utilizado DPS 420 V, $I_N = 25\text{kA}$ na proteção do cabo neutro no quadro de proteção CA dos inversores.

6.1 Proteção contra curto-circuito

O sistema de minigeração possui dispositivo de proteção contra sobrecorrentes, com o objetivo de limitar e interromper o fornecimento de energia, bem como proporcionar proteção à rede da Concessionária de Energia contra eventuais defeitos no sistema de geração distribuída.

O dispositivo seccionador embutido no inversor é adequado ao uso em regime contínuo segundo análise, de corrente de curto circuito máxima de 50 A e está de acordo com os limites de entrada do inversor e a corrente de curto circuito do arranjo dos módulos. Após os inversores há também instalado um disjuntor CA monofásico de 160 A respeitando os limites citados.

6.2 Queda de tensão

A instalação projetada atende a norma da Concessionária, que recomenda que o valor máximo de queda de tensão verificado entre o ponto de instalação do sistema de geração distribuída e o padrão de entrada da unidade consumidora seja de no máximo 3%. Cálculo de queda de tensão realizado conforme 6.2.7. NBR 5410.

6.3 Aterramento

O sistema de minigeração deverá estar conectado ao sistema de aterramento da unidade consumidora, inicialmente de 35 mm², até o inversor. Os módulos serão aterrados através da utilização de grampos terminais de alumínio, fixados nos perfilados diretamente conectados à parte metálica dos geradores, e conduzindo até o quadro CA através de um cabo de 35 mm², onde será também conectado o aterramento do inversor, seguindo em um condutor de secção 35 mm² até a malha de aterramento da subestação e da usina (VER ESQUEMA DE LIGAÇÃO DOS MÓDULOS – PRANCHA 03/03).

6.4 Proteções incorporadas e integrantes ao inversor empregado

- a. Proteção de sub frequência
- b. Proteção de sobre frequência
- c. Proteção de sub tensão
- d. Proteção de sobre tensão

e. Sincronismo;

f. Anti-ilhamento

g. Proteção de injeção de componente C.C. na rede elétrica

h. Reconexão

Atendem a Norma Técnica da Concessionária.

6.5 Ajustes do Inversor

As funções de proteção da conexão deverão ter parametrização que permita uma adequada coordenação com as demais funções de proteção da rede.

Os ajustes recomendados das proteções estabelecidas nesta norma são apresentados na Tabela abaixo. A parametrização dos ajustes de proteção do ACESSANTE deverá ser submetida à aprovação da CEPISA. Ajustes diferentes dos recomendados deverão ser avaliados para aprovação CEPISA, desde que tecnicamente justificados.

AJUSTES RECOMENDADOS PELA NT 020 EQTL:

REQUISITO DE PROTEÇÃO	AJUSTES MICROGERAÇÃO COM INVERSOR	TEMPO MÁXIMO DE ATUAÇÃO
Proteção de subtensão (27)	$V < 80\%$ (% em relação a $V_{nominal}$)	0,4 seg
Proteção de sobretensão (59)	$110\% < V$ (% em relação a $V_{nominal}$)	0,2 seg
Proteção de subfrequência (81U)	59,5 Hz	0,2 seg
Proteção de sobrefrequência (81O)	60,5 Hz	0,2 seg
Proteção de Sobrecorrente	Conforme projeto ou parecer de acesso.	
Relé de sincronismo (25)	$10^\circ/ 10\%$ tensão/ 0,3 Hz	N/A

Proteção de injeção de componente C.C. na rede elétrica (Caso o sistema fotovoltaico não possua um transformador de isolamento que faça a separação galvânica)	Se a injeção de componente C.C. na rede elétrica for superior a 50% da corrente nominal do inversor	1 seg
Anti-ilhamento (78 e 81 df/dt - Rocof)	Se houver perda de rede (item 9.5A NT 0.20)	2 seg

Nota:

- 1) O sistema somente deve se reconectar à rede de distribuição, quando a frequência que caiu, subir para 59,9 Hz ou quando a frequência que subiu, reduzir para 60,1 Hz.
- 2) 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 20 a 300 segundos após a retomada das condições normais de tensão e frequência da rede.

7. REQUISITOS DE QUALIDADE

7.1 Harmônicos e distorção da forma de onda

A distorção harmônica total de tensão (DTT) deve ser inferior a 10 %, na potência nominal do sistema de microgeração distribuída, conforme PRODIST módulo 8. A distorção harmônica total de corrente deve ser inferior a 5 %, em relação à corrente fundamental na potência nominal do inversor. Cada harmônica individual deve estar limitada aos valores apresentados na Tabela abaixo.

HARMÔNICAS ÍMPARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
3° a 9°	< 4,0 %
11° a 15°	< 2,0 %
17° a 21°	< 1,5 %
23° a 33°	< 0,6 %
HARMÔNICAS PARES	LIMITE DE DISTORÇÃO
2° a 8°	< 1,0 %
10° a 32°	< 0,5 %

8. REQUISITOS DE SEGURANÇA

8.1 Sinalização de segurança

Junto ao padrão de entrada de energia, próximo a caixa de medição/proteção, deve ser instalada uma placa de advertência com os seguintes dizeres: “CUIDADO - RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO - GERAÇÃO PRÓPRIA” (ANEEL PRODIST Módulo 3 Seção 3.7 item 6.1.1).

Características da Placa:

- Espessura: 2 mm;
- Material: PVC ou Policarbonato com aditivos anti-raios UV (ultravioleta);
- Gravação: As letras em Arial Black;
- Acabamento: Cor amarela, obtida por processo de masterização com 2%, assegurando opacidade que permita adequada visualização das marcações pintadas na superfície da placa.



Modelo de placa de advertência

Sávio H. E. Torres
Sávio Henrique Evangelista Torres
Engenheiro Eletricista
RN: 1918269971
CPF: 043.201.463-28