

MEMORIAL TÉCNICO DESCRITIVO DE SISTEMA DE MICROGERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA ON-GRID

1 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

1.1 Dados da Obra

Nome: Unidade Básica de Saúde Timbaúva.

Endereço: Rua Gerson Lunardi, 221, Bairro Timbaúva, Santa Rosa, RS

1.2 Dados do Proprietário

Proprietário: Prefeitura Municipal de Santa Rosa

Endereço: Av. Expedicionário Weber. 2983, Cruzeiro, Santa Rosa, RS.

1.3 Dados do Projeto

Potência Nominal do Sistema: 6,0 kWp

Tipo instalação: Baixa Tensão

Tensão nominal: 220/380 V

Tipo edifício: público

Autor do projeto: Rogério Völz

CREA: RS142095

2 OBJETIVO

O presente documento tem por objetivo orientar a execução, prestar esclarecimentos e fornecer dados referentes ao projeto do Sistema de Microgeração de Energia Solar Fotovoltaica ON-GRID a ser instalado na Unidade Básica de Saúde Timbaúva da Prefeitura Municipal de Santa Rosa, localizada na Rua Gerson Lunardi, 221, Bairro Timbaúva, Santa Rosa, RS, conforme Projeto em Anexo.

3 NORMAS TÉCNICAS DE REFERÊNCIA

Os projetos de instalações elétricas foram elaborados dentro das seguintes normas técnicas:

- a) ABNT NBR 5410:2004 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.
- b) ABNT NBR 16690:2019 – Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto;
- c) ABNT NBR 16612:2020 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores – Requisitos de desempenho;
- d) ABNT NBR 16149:2013 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;
- e) ABNT NBR 16150:2013 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade;
- f) ABNT NBR 16274:2014 – Sistemas fotovoltaicos conectados a rede – Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho;
- g) ABNT NBR IEC 62116:2012 – Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- h) NR 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- i) NR18 – Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção;
- j) CPFL Energia – GED 15303 – Conexão de Micro e Minigeração Distribuída sob Sistema de Compensação de Energia Elétrica;
- k) Resolução Normativa ANEEL 1059/2023 – Aprimora as regras para a conexão e o faturamento de centrais de microgeração e minigeração distribuída em sistemas de distribuição de energia elétrica...;
- l) PRODIST – Módulo 3 – Conexão ao Sistema de Distribuição de Energia Elétrica;
- m) Portaria INMETRO 004/2011 – Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica.

Ainda, todos os materiais especificados e citados no projeto deverão estar de acordo com as respectivas normas técnicas brasileiras.

4 DESCRIÇÃO DO SISTEMA MICROGERADOR

O Sistema de geração projetado é composto de 24 módulos fotovoltaicos Modelo TS560S8B da fabricante TSUN com capacidade de geração de 560 Wp por módulo, totalizando a potência total instalada em módulos de 13,44 kWp, os quais serão distribuídos em 3 strings de 8 módulos, fixados através de trilhos e suportes em guias de madeira sobre telha fibrocimento da edificação da UC: 1209109802, a qual tem orientação nordeste.

Cada painel será ligado à rede de aterramento através de um terminal olhal TPT 10-8 e cabo flexível 10,0 mm² cor verde, que será interligado ao barramento de equipotencialização, o qual está diretamente ligado a malha de aterramento conforme norma brasileira.

Os módulos serão associados em série através de seus contatos positivos e negativos formando as strings. Tanto os cabos solares como o cabo de equipotencialização, serão conduzidos do telhado da UC até uma string box que será dividido em CC/CA. Na parte CC entram polos positivo e negativo da string. Esta string box CC possuirá DPS's CC para proteção contra surtos de tensão e chave seccionadora para prover a isolação do inversor. Ao fim da parte CC da string box a energia produzida nos módulos será conduzida ao inversor que transformará a CC em CA.

A energia transformada em CA será conduzida à string box CA, onde obedecendo a recomendação da Norma brasileira, será instalado nas fases e neutro da UC, DPS's CA, para proteção contra surtos de tensão e Disjuntor de Proteção para proteção contra sobrecorrentes. A tensão de saída dos inversores será 220 V (monofásico).

4.1 Sistema de Aterramento

Todas as partes metálicas dos módulos fotovoltaicos serão interligadas a um condutor de equipotencialização que será conectado ao BEP no Painel de Distribuição. A este condutor também serão conectados os aterramentos dos inversores e DPS's CC e CA.

Nas instalações em que não for identificado o BEP (barramento de equipotencialização principal) para conexão do condutor de equipotencialização do sistema de geração deve ser instalado sistema de aterramento conforme indicado em projeto.

Para este aterramento, devem ser instaladas 3 barras de cobre de 2,4 m de comprimento e diâmetro de 5/8" interligadas através de cabo de cobre nu de 16 mm², sendo que uma das hastes deve ser conectada ao cabo de aterramento de 10,0 mm² com cobertura em PVC e antichama através de um conector Split bolt 1/2". Seu acesso para inspeção deve ser através de um balde de inspeção de material PVC com tampa. O valor de resistência máxima não deve exceder 25 Ohms, sob quaisquer condições.

4.2 Condutos

Os eletrodutos devem ser do tipo Tubo PVC classe pesada, na cor preta, branca ou cinza, com rosca. Os eletrodutos devem ter diâmetro conforme projeto e fixados através de abraçadeiras metálicas.

Em mudanças na direção da tubulação que formem ângulo de 90° deve ser utilizada curva de raio longo 90°, ou caixa condutele, as emendas dos eletrodutos devem ser feitas por meio de luvas lisas, todos devem ser de mesma seção e material do eletroduto.

4.3 Caixas de Passagem

Devem ser utilizadas caixas para derivações, devem ser do tipo condutele na cor cinza, fabricada em alumínio, com objetivo de facilitar a enfição dos circuitos e passagem de cabos.

4.4 Identificação de Geração

Duas placas de advertência, podendo ser confeccionadas em aço inoxidável, alumínio anodizado ou material não metálico, resistente aos raios ultravioleta, devem ser afixadas de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão de entrada ou cabine primária das edificações e no ponto de entrega da instalação com os dizeres "CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA" e gravação indelével.

Esta placa de advertência deverá ser conforme ilustrado nas Normas Técnicas das Distribuidoras conectadas pelas edificações.

4.5 Condutores

4.5.1 Corrente Contínua

O circuito de corrente contínua será conduzido por cabo solar nas cores preto e vermelho até o inversor. Este transformará a energia gerada de corrente contínua para corrente alternada.

O condutor é formado por fios de cobre eletrolítico, estanhado, tempera mole e encordoamento classe 5, sendo a isolação composta de HEPR – composto termofixo elastomérico não halogenado na cor branca, e a cobertura XLPE – composto termofixo elastomérico não halogenado, baixa emissão de fumaça, não propagante a chama e resistente a UV.

Os cabos deverão ser identificados nas cores:

- Vermelho, positivo;
- Preto, negativo;

Temperaturas máximas no condutor 120° C.

Tensão de trabalho: 1,8 kV.

As emendas deverão ser realizadas somente através do conector MC4.

Os cabos de utilização na corrente contínua dos sistemas de geração fotovoltaica deverão atender as seguintes normas:

- a) NBR 16612:2020 – Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV CC entre condutores – Requisitos de desempenho.
- b) EN 50618 – Electric cables for photovoltaic systems.

4.5.2 Corrente Alternada

Os tipos e seções dos condutores serão conforme indicado em projeto, podendo ser:

a) Cobre, tipo cabo flexível tempera mole, encordoamento classe 5, isolação composto de termoplástico à base de PVC antichama, temperatura máxima de operação no condutor de 70°C em serviço contínuo, 100°C em sobrecarga e 160°C em curto circuito, tensão 450/750V.

b) Cobre, tipo cabo flexível tempera mole, encordoamento classe 5, isolação composto termofixo de borracha à base de EPR ou XLPE e cobertura composto de termoplástico à base de PVC antichama, temperatura máxima de operação no condutor de 90°C em serviço contínuo, 130°C em sobrecarga e 250°C em curto circuito, tensão 0,6/1,0kV.

Os cabos devem possuir certificação de qualidade do INMETRO.

Deverá ser rigorosamente seguida a convenção de cores prevista na NBR 5410:2004 para a identificação dos cabos:

- Azul claro para os condutores neutro;
- Verde para os condutores de proteção (Terra);
- Vermelho, branco, preto para os condutores fase;

No caso de cabos com seção 6,0 mm² ou superior, poderão ser utilizados cabos com isolação na cor preta marcados com fita isolante colorida em todos os pontos visíveis (quadros de distribuição, caixas de saída e de passagem).

Os cabos não deverão ser seccionados, exceto onde absolutamente necessário. Só serão permitidas emendas dentro de caixas de passagem, devendo ser bem isoladas com fita isolante, antichama 3M ou similar. Não serão admitidas, em nenhuma hipótese, emendas dentro de eletrodutos.

Em cada circuito, os cabos deverão ser contínuos desde o disjuntor de proteção até a última carga, sendo que, nas cargas intermediárias, serão permitidas derivações.

Para facilitar a enfição nas tubulações só será permitido o uso de parafina ou talco.

Os condutores deverão ser ligados aos barramentos ou bornes das chaves e disjuntores, através de conectores terminais de pressão, para seções superiores a 6,0 mm².

4.6 Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos serão fornecidos pela Prefeitura Municipal de Santa Rosa, os sistemas fotovoltaicos serão compostos por módulos idênticos, ou seja, com mesmas características elétricas, mecânicas e dimensionais, constituídos por células fotovoltaicas do mesmo tipo e modelo, feitos de silício mono-cristalino. Ainda, possuirão as características abaixo:

- a) Certificação junto ao INMETRO;
- b) Eficiência mínima de 20,4% em STC (Standard Test Conditions);
- c) Variação máxima de potência nominal em STC de (0 ~ ±10W);
- d) Potência nominal STC mínima de 560Wp;
- e) Conectores com proteção mínima IP67;
- f) Vida útil expectável de 25 anos;
- g) No mínimo dois diodos de by-pass;

Os módulos fotovoltaicos serão disponibilizados pela Prefeitura Municipal de Santa Rosa em sua sede (Av. Expedicionário Weber, nº 2.983), sendo responsabilidade da Contratada a retirada e transporte até os pontos de instalação.

Os módulos fotovoltaicos serão distribuídos no telhado do prédio da Unidade Básica de Saúde Agrícola conforme detalhado em projeto, com as seguintes características:

- a) Quantidade: 24 unidades
- b) Fabricante: TSUN
- c) Modelo: TS560S8B
- d) Potência nominal de saída (CC): 560 Wp
- e) Tensão de operação (CC): 42,3 V
- f) Tensão de circuito aberto (CC): 50,1 V
- g) Corrente de Operação (CC): 13,25 A
- h) Corrente de curto circuito (CC): 13,98 A
- i) Eficiência máxima: 21,7 %
- j) Temperatura de operação: -40° C / +85° C
- k) Peso: 27,5 kg

Os módulos fotovoltaicos serão instalados formando arranjo conforme as seguintes características técnicas:

4.6.1 Arranjo tipo

- Quantidade: 3
- 8 módulos fotovoltaicos em série:
- Pp string = 4,48 kWp
- Isc = 13,98 A
- Impp = 13,25 A
- Voc (5°C) = 50,1X8 = 400,8 V
- Vmpp = 42,3X8 = 338,4 V

4.7 Inversor

Os inversores serão fornecidos pela CONTRATADA, serão do tipo GRID-TIE, ou seja, projetados para operar conectados à rede da concessionária local de energia elétrica na frequência de 60 Hz.

Os inversores devem atender a todos os requisitos das normas IEC/EN 61000, IEC 62109, IEC 62116, IEC 61727, NBR 16149 e DIN VDE 0126-1-1.

Os inversores devem ser configurados pela CONTRATADA no momento da entrada em operação de acordo com os parâmetros da norma ABNT NBR 16149:2013 – Sistemas Fotovoltaicos – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.

Os inversores serão monofásicos e possuirão as seguintes características:

- Quantidade: 3 unidades
- Proteção contra inversão de polaridade CC;
- Proteção contra curto-circuito;
- Proteção de sobrecorrente de saída;
- Proteção contra sobretensão;
- Monitoramento de rede;
- Proteção de ilhamento;
- Proteção de temperatura;
- Proteção AFCI;
- Interruptor CC integrado.
- Máxima potência DC de entrada $\geq 50\%$ da potência de saída;
- Potência nominal de saída (CA): 2,0 kW;
- Máxima potência de saída: 2,0 kW
- Número de MPPTs: 1;
- Máxima tensão DC de entrada: 550Vcc;
- Tensão de partida: 90Vcc;
- Tensão de entrada do MPPT (CC): 80 V a 500 V;
- Tensão de saída (CA): 220 V;
- Máxima corrente de entrada (CC): 22 A;
- Máxima corrente de saída (CA): 10,5 A;
- Eficiência máxima: 97,1%;
- Temperatura de operação: -25° C a +60° C;
- Distorção harmônica total < 3 %;
- Certificação junto ao INMETRO;
- Monitoramento Wi-fi;

Os inversores serão ajustados conforme indicado abaixo, de acordo com os parâmetros da norma. NBR 16149:2013 – Sistemas Fotovoltaicos – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição:

- Sub tensão: < 80% desliga em até 0,4 s – ajustado em 0,2 s.
- Sobre tensão: > 110 % desliga em até 0,2 s – ajustado em 0,1 s.
- Subfrequência: < 57,5 Hz desliga em até 0,2 s – ajustado em 0,1 s.
- Sobrefrequência: > 62,0 Hz desliga em menos de 0,2 s – ajustado em 0,1 s.

Para sobrefrequência até 60,5 Hz o inversor continua conectado. Entre 60,5 Hz e 62 Hz, o sistema fotovoltaico reduzirá a potência injetada na rede.

Para o inversor se conectar à rede elétrica os parâmetros de tensão e frequência deverão estar dentro dos parâmetros listados acima. Dentro destes limites o inversor se conecta em até 60 s.

O sistema anti-ilhamento do inversor obedece ao definido na norma NBR-IEC-62116 cumprindo todos os requisitos necessários.

A UC 1209109802 é B3 Poder Público Municipal Bifásico, 220/380 V, carga instalada cadastrada é de 30 kVA e o disjuntor existente é de 50 A Tripolar.

O inversor gerará uma fase e um neutro, que serão conduzidos por cabos de 0,75 kV de isolamento. A fase gerada será seccionada por um disjuntor monopolar antes de ser conectada ao barramento que leva ao medidor bidirecional instalado pela concessionária.

4.8 Dispositivos de Proteção

Serão utilizados string box separados para a proteção de corrente contínua e corrente alternada não abrangida pelos inversores, sendo as mesmas descritas abaixo.

As *string box* devem ter grau de proteção mínimo IP 65, em conformidade com as normas pertinentes e devem ser resistentes à radiação ultravioleta.

Dentro das *string box*, os elementos devem ser dispostos de tal forma que os polos positivo e negativo fiquem tão separados quanto possível, respeitando, minimamente, as distâncias requeridas pelas normas aplicáveis.

4.8.1 Proteção CC

4.8.1.1 Proteção contra Sobrecorrente

Conforme NBR 16690:2019 item 5.3.9 não há necessidade de proteção contra sobrecorrente quando houver até duas séries fotovoltaicas por MPPT.

4.8.1.2 Proteção contra Sobretensão Transitória

DPS's CC

- Classe de proteção: II
- Tecnologia de proteção: Varistor de Óxido Metálico (MOV)
- Nível de proteção (Up): 5kV
- Tempo de resposta típico: <25ns
- Tensão máxima de operação contínua (Ucpv): 1040Vdc
- Corrente de descarga nominal @ 8/20 µs (In): 18kA
- Corrente de descarga máxima @ 8/20 µs (Imax): 40kA
- Corrente de descarga total @ 8/20 µs (Itotal): 40kA
- Grau de proteção: IP20
- Indicador de funcionamento: Verde – SERVIÇO, Vermelho – DEFEITO

4.8.1.3 Seccionamento e Comando

SECCIONADORA

- Norma aplicável: IEC 60947-3
- Corrente máxima (Voc) = 1000V | 32A
- Tensão nominal de isolamento (Ui): 1000Vdc
- Tensão nominal de pulso (Uimp): 8kV
- Grau de proteção: IP20

4.8.2 Proteção CA

4.8.2.1 Proteção Contra Sobrecorrente

DISJUNTOR

- Quantidade: 3 unidades
- Tensão de operação: 230 V a 440 V
- Número de Polos: 1
- Corrente de atuação: 20 A
- Curva de atuação: C

4.8.2.2 Proteção contra Sobretensão Transitória

DPS's CA

- CLASSE: Classe II/T2
- Tensão Máxima de operação (U_c): 275 V
- Corrente máxima (I_{max}): 45 kA (8/20 μ s)
- Corrente nominal (I_n): 20 kA (8/20 μ s)
- Indicador de funcionamento: Verde – SERVIÇO, Vermelho – DEFEITO

4.9 Conexão com a Rede

A Conexão com a rede de energia interna da edificação ocorrerá no quadro de distribuição da edificação. Será necessário a inclusão de 3 disjuntores de proteção dos circuitos vindos dos inversores.

4.10 Estrutura de Fixação

A estrutura de fixação servirá para prender os 24 módulos fotovoltaicos ao telhado da edificação, sendo que o peso de cada módulo é 27,5 Kg distribuídos em 2,56 metros quadrados.

O Telhado é composto de tesouras de madeira na qual serão fixados os perfis de alumínio através de fixador rosca dupla 200 mm para telha de fibrocimento e perfil de madeira. Cada módulo fotovoltaico será conectado a estrutura através dos suportes intermediários e finais em alumínio, que serão fixados e darão suportabilidade ao peso que totalizará em 660 kg.

Cada kit estrutural para 4 painéis é descrito a seguir.

- 8 Fixador rosca dupla 200 mm telha fibrocimento, viga de madeira;
- 8 Parafuso T;
- 8 Porca sextavada M-10;
- 6 Conjunto Grampo Intermediário;
- 4 Conjunto Grampo Final p/ painéis até 40 mm;
- 8 Borracha nitrílica 50x30 mm;
- 2 Perfil de 4,8 m em alumínio.

5 DIMENSIONAMENTOS

5.1 Condutores CC

Corrente de Curto Circuito dos Módulos: $I_{sc} = 13,98 \text{ A}$;

Corrente mínima em relação a qual a seção nominal dos condutores deve ser dimensionada para um arranjo fotovoltaico com apenas uma série fotovoltaica: $1,5 \times I_{SC \text{ MOD}} = 1,5 \times 13,98 = 21 \text{ A}$;

Fator de agrupamento para 3 circuitos: 0,70

Considerando cabos instalados em temperatura ambiente de 40°C , temperatura no condutor em regime permanente de 90°C , instalação ao ar livre exposto ao sol, modo de instalação 1 (dois cabos unipolares encostados um ao outro, na horizontal). Utiliza-se a tabela C.3 da norma ABNT NBR 16612:2017 para capacidade de corrente do condutor.

O condutor deve suportar $21/0,80 = 30,0 \text{ A}$.

Seção do cabo a ser utilizado: $4,0 \text{ mm}^2$.

5.2 Condutores CA

5.2.1 Circuitos de saída do Inversor até a conexão no quadro de distribuição:

Sistema Monofásico

Tensão: 220 V

Método de referência (NBR 5410:2004): B1

Cálculo corrente C.A

$$P = I \cdot V$$

$$2.000 = I \cdot 220$$

$$I = 9,1 \text{ A}.$$

Considerando a corrente máxima de saída do inversor de 10,5 A e o fator de agrupamento para 3 circuitos monofásicos (0,7), o condutor deve suportar 15,0 A.

Condutor escolhido: $2,5 \text{ mm}^2$.

Disjuntor escolhido: 20A curva C.

5.3 Condutos do Circuito C.C

A descida dos condutores do telhado e a distribuição no forro até string box ocorrerá por eletrodutos. Ocupação máxima 40%;

5.3.1 Dimensionamento Eletrodutos Distribuição e descida Inversor

Nº de cabos: 6 de $4,0 \text{ mm}^2$ e 1 de 10 mm^2 ;

Cabo 4 mm^2 com isolamento em HEPR – 1,8 kV flexível → área total: $23,74 \text{ mm}^2$;

Cabo 10 mm^2 com isolamento em PVC – 0,75 kV flexível → área total: $27,34 \text{ mm}^2$;

Área Total dos cabos = $6 \times 23,74 + 27,34 = 169,8 \text{ mm}^2$;

Área mínima do eletroduto = $424,45 \text{ mm}^2$;

Eletroduto 1”.

5.4 Condutos do Circuito C.A.

Os condutores do circuito CA sairão da Strig Box CA por eletrodutos e serão interligados ao Painel de Distribuição.

Taxa de ocupação máxima dos eletrodutos 40%;

5.4.1 Saída das String Box CA

Desta string box sairão 6 condutores 2,5 mm² (F+N) mais 1 de 2,5 mm² (T).

Cabo 2,5 mm² com isolamento em PVC 750 V flexível → área total: 9,62 mm²;

Área total dos cabos = 7 x 9,62 = 67,34 mm²;

Área total do eletroduto (40% de ocupação): 168,4 mm²

Eletrodutos rígido PVC 3/4".

Os eletrodutos serão de PVC antichama conforme NBR 15465:2020 e NBR 5410:2004.

5.5 Cálculo Queda De Tensão C.C.

Sob condições de carga máxima, recomenda-se que a queda de tensão verificada não seja superior a 3 % da tensão do arranjo fotovoltaico em seu ponto de máxima potência (nas STC).

NBR 16612:2020 EN 50.618

String mais distante

V_{mp}: 42,3*8 = 338,40 V

I_{mp} = 13,25 A

R_{cc} = Resistência elétrica

R_{cc} = 5,09 (20°C)

Maior distância entre os módulos-inversor: 26 m;

Cabo = 4mm² isolamento HEPR com cobertura XLPO -1,8 kV.

$\Delta V(V) = 2 * I * L * R_{cc}$

$\Delta V(V) = 2 * 13,25 * 0,026 * 5,09$

$\Delta V(V) = 3,51 \text{ V}$

$\Delta V (\%) = \Delta V(V) * 100 / V_{oc}$.

$\Delta V (\%) = 3,51 * 100 / 338,4$

$\Delta V (\%) = 1,03\%$

6 RECOMENDAÇÕES PARA EXECUÇÃO

Todas as partes metálicas deverão ser ligadas aos condutores de proteção (terra) para que o potencial de todos os componentes seja o mesmo, minimizando assim a possibilidade de choque elétrico.

Durante a execução todas as junções entre eletrodutos e caixas deverão ser bem-acabadas, não sendo permitidas rebarbas nas junções.

O quadro de distribuição deve ser identificado externamente por plaqueta contendo o nome do quadro, e a tensão 220/380 V.

A execução deverá ser realizada empregando sempre as melhores técnicas, as quais deverão obedecer rigorosamente às exigências estabelecidas pelas Normas Técnicas Brasileiras NBR 5410:2004 e NR10.

7 LIMPEZA

A empresa é responsável pela limpeza do local da obra, bem como a destinação de todo o resíduo gerado de acordo com as leis ambientais. É de responsabilidade do contratado a destinação de resíduos e seus custos.

Santa Rosa, 26 de janeiro de 2026.

Rogério Völz
Engenheiro Eletricista
CREA: RS142095