



MEMORIAL DE ACESSO E PROJETO DE INSTALAÇÃO  
FOTOVOLTÁICA CONECTADA À REDE DE 4,51 KWp



Titular da Unidade Consumidora:

SRA. MARIA CONTA ZERO

Código UC: 0350506513

01/01/2018

## INDICE GERAL

1. PREÂMBULO .....	03
a. JUSTIFICATIVA .....	03
b. OBJETIVO .....	03
c. IDENTIFICAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA.....	03
d. LOCALIZAÇÃO GEOREFERENCIAL DA INSTALAÇÃO.....	04
e. EMPRESA EXECUTORA DO PROJETO .....	04
f. EMPRESA DISTRIBUIDORA DE ENERGIA ELÉTRICA.....	04
g. DOCUMENTOS SOLICITADAS PELA EMPRESA GERADORA.....	05
h. LEGISLAÇÃO E NORMAS TÉCNICAS .....	05
2. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	05
a. CARACTERÍSTICAS GERAIS .....	05
b. MÓDULO FOTOVOLTAICO .....	07
c. INVERSOR SOLAR .....	08
i. ESPECIFICAÇÃO .....	08
ii. CONEXÃO FASORIAL .....	09
d. ESTRUTURA METÁLICA .....	09
e. ADVERTÊNCIA PADRÃO DE ENTRADA.....	10
f. MEDIDOR BIDIRECCIONAL .....	11
g. DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CC E CA .....	11
h. CONDUTORES E ELETRODUTOS .....	12
3. CÁLCULO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA .....	13
a. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL DO MÓDULO FOTOVOLTAICA .....	13
i. OBJETIVO .....	13
ii. CÁLCULO DA PRODUÇÃO ANUAL.....	13
b. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	14
i. OBJETIVO.....	14
ii. DIMENSIONAMENTO DA INSTALAÇÃO.....	14
c. CALCULOS ELÉTRICOS DOS CIRCUITOS.....	16
i. OBJETIVO .....	16
ii. DIMENSIONAMENTO DOS CIRCUITOS.....	16
d. ATERRAMENTO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA .....	16
i. OBJETIVO .....	16
ii. DIMENSIONAMENTO ATERRAMENTO DA INSTALAÇÃO.....	17
iii. RESUMO ATERRAMENTO DA INSTALAÇÃO.....	18
4. ANEXOS .....	19
a. OBJETIVO .....	19
b. DECLARAÇÃO .....	19

### a) Justificativa

Solicitamos a pedido da dona de casa MARIA CONTA ZERO, portadora do CPF nº 15749500999 acesso à rede elétrica para a instalação de uma planta microgeradora de energia solar fotovoltaica com potência inferior a 10 kW.

A finalidade do projeto é a geração de energia elétrica para uso próprio e eventual injeção de excedente desta energia pela rede de Baixa Tensão da concessionária distribuidora de energia. Tal procedimento enquadra-se como sistema de compensação de energia elétrica previsto na REN nº 482 de ANEEL.

### b) Objetivo

Este memorial descritivo reúne de forma compreensiva as todas as informações necessárias sobre a proposta sistema fotovoltaica e seus equipamentos associados para sua correta e segura instalação e funcionamento visando a obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANELL.

Por meio do índice na segunda página do memorial podem ser encontradas em ordem temática as detalhes de instalação do projeto em forma de desenhos, cálculos, e diagramas, a especificação técnica dos equipamentos eletroeletrônicos usados (inversor e módulo fotovoltaico) e seus certificados. Em anexo podem ser encontrados os demais formulários e documentos exigidos.

### c) Identificação da Unidade Consumidora

1 – Identificação da Unidade Consumidora – UC			
Código da UC: 0350506513		Classe: 130-RESIDENCIAL	
Titular da UC: SRA. MARIA CONTA ZERO			
Rua/Av.: RUA ENERGIA DE GRAÇA			
Nº: 01	Complemento:	Bairro: BAIRRO DO SOL	
Cidade: BIRITIBAMIRIM			CEP: 08940-000
E-mail: mariacontazero@bol.com.br		CNPJ/CPF: 15749500999	
Telefone: ( 11 ) 3814-3799		Celular: ( 11 ) 95569-8599	
2 – Dados da Unidade Consumidora			
Carga instalada (kW): 15,3 Kw		Tensão de atendimento (V): 220V	
Tipo de conexão:      Monofásica <input type="checkbox"/> Bifásica <input type="checkbox"/> Trifásica <input checked="" type="checkbox"/>			

Obs. Os demais dados encontram-se no formulário “Solicitação de Acesso para Microgeração Distribuída” anexada.

**d) Localização Georeferencial da Instalação**



Latitude:	-23.574256
Longitude:	-46.030575

**e) Empresa Executora do Projeto**

Nome Fantasia:	Solar *
Razão Social:	Thomas Jason Green MEI
CNPJ:	26.667.319/0001-69
Inscrição Estadual:	546.151.130.110
Endereço:	Avenida Getúlio Vargas, 46 Calmon Viana, Poá São Paulo, SP: 08560-000
Telefone:	(11) 3814-3799
Site:	www.solar.net.br

**f) Empresa Distribuidora da Energia Elétrica**

Nome Fantasia:	EDP
Razão Social:	EDP São Paulo Distribuição de Energia S.A.
CNPJ:	02.302.100/0001-06
Inscrição Estadual:	115.026.474.116
Endereço:	Rua Gomes de Carvalho, 1996 Vila Olímpia, São Paulo SP: 04347-006
Telefone:	0800-721-0123
Site:	www.edponline.com.br

### **g) Documentos solicitadas pela Empresa Distribuidora**

De acordo com as orientações disponíveis no site [www.edponline.com.br](http://www.edponline.com.br) o interessado deve entregar junto a sua solicitação os seguintes documentos:

- ART do responsável técnico pelo projeto elétrico e instalação do sistema de microgeração.
- Carta de apresentação do profissional que irá tramitar com o processo junto à EDP, assinada pelo consumidor e cópia do seu RG.
- Projeto elétrico das instalações de conexão, memorial descritivo.
- Diagrama unifilar e de blocos do sistema de geração, carga e proteção.
- Certificado de conformidade do(s) inversor(es) ou número de registro da concessão do Inmetro do(s) inversor(es) para a tensão nominal de conexão com a rede.
- Dados necessários ao registro da central geradora, conforme disponível no site da ANEEL: [http://www.aneel.gov.br/scg/Doc/Micro\\_Minigeracao\\_DADOS.xlsx](http://www.aneel.gov.br/scg/Doc/Micro_Minigeracao_DADOS.xlsx)

### **h) Legislação e Normas Técnicas**

Este projeto e seus equipamentos devem estar de acordo com a seguinte legislação e normas Brasileiras:

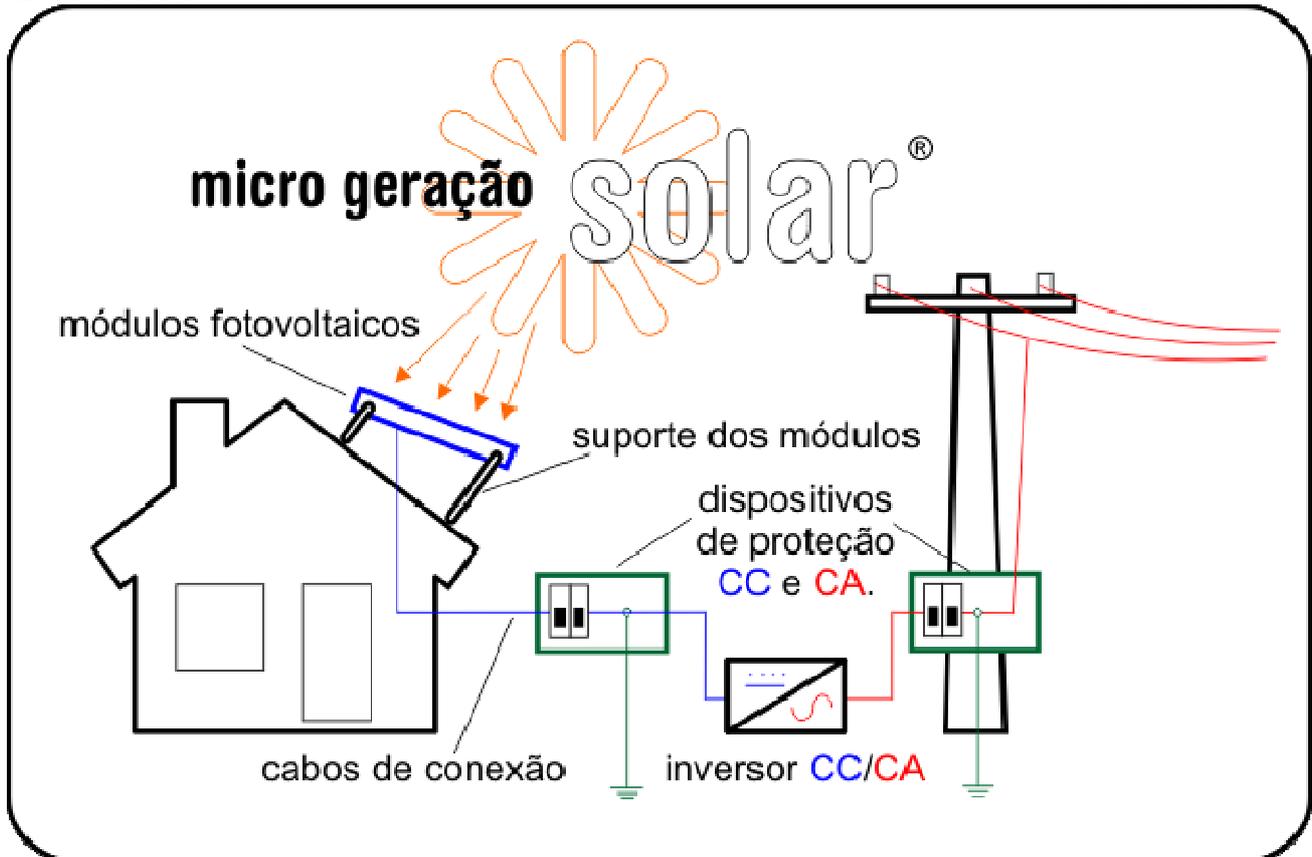
- -MÓDULO 3 (PRODIST) - Módulo 3 do Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST) – Acesso ao Sistema de Distribuição - Seção 3.7.
- - MÓDULO 8 (PRODIST) - Modulo 8 da Resolução Nº 395 de 2009 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- - ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão.
- - ABNT NBR IEC 62116 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados á rede elétrica.
- - ABNT NBR 16149 – Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição.
- - ANEEL RESOLUÇÃO Nº 414 - Resolução Nº 414 de 09 de setembro de 2010 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- - ANEEL RESOLUÇÃO Nº 517 - Resolução Nº 517 de 11 de dezembro de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica.
- - ABNT NBR 16150 - Sistemas fotovoltaicos (FV) – Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade.
- - NTD-010 - Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída ao Sistema elétrico da Ampla.

## **2. DESCRIÇÃO DA INSTALAÇÃO FOTOVOLTAICA**

### **a) Características Gerais**

De forma elementar, a nossa sistema de micro geração fotovoltaica compreende:

- - Módulos fotovoltaicos;
- - Estrutura metálica de suporte dos módulos fotovoltaicos;
- - Inversor CA/CC;
- - Cabos de conexão;
- - Dispositivos de proteção.



A energia fotovoltaica é capturada por centenas de células fotovoltaicas montadas em série em painéis chamados **módulos (FV)** de forma que a voltagem de corrente contínua (CC) é multiplicado até atingir a potência em volts e a corrente em amperes desejada.

O **suporte dos módulos** deve ser projetado para a segura fixação dos conjuntos de módulos de forma que potencialize a incidência solar e resiste as intempéries durante a vida útil da instalação.

Os cabos e conectores que conduzem a corrente gerada até o **inversor** e os demais componentes da sistema elétrica devem ser de fabricação específica para tal tarefa e ligadas apenas por conectores e caixas de junção vedadas às intempéries.

O inversor recebe a corrente contínua (CC) e transforma em corrente alternada (CA) para utilização na rede elétrica da casa e, caso exceda a necessidade de consumo imediato, esta energia pode ser transmitida para a rede pública via um **medidor bidirecional** (relógio) instalado pela distribuidora, assim gerando créditos para serem descontados do seu consumo cobrado em períodos de ociosidade do sistema fotovoltaico, podendo ser usufruídos em até 60 meses após a data do faturamento.

Toda o sistema elétrico deve ser munida de **dispositivos de proteção** adequada que através do projeto inibem excessos de potência e corrente CC e CA, e, em conjunto com o inversor, garantem o seguro funcionamento e desligamento do sistema em casos de falta da energia da energia ou algum pane física.

Segue a especificação dos Módulos FV usados:

Marca	modelo	standard	
<b>CANADIAN</b>	<b>CSI-CS6P-255P</b>	<b>STC</b>	obs.
Máxima Potência	Pm/Pmax	260 W	(em carga)
Voltagem de Máxima Potência	Vm/Vmp	30,20 V	
Corrente de Máxima Potência	Im/Imp	8,43 A	
Voltagem de Circuito Aberto	Voc/Vmax	37,40 V	(sem carga)
Corrente de Curto Circuito	Isc	9,00 A	
Voltagem Máxima do sistema		1000 V	
Eficiência do Módulo	%	15,85%	
<b>coeficientes de Temperatura</b>			
Coef. Temp. Potência (Pm)		-0,43 %/°C	
Coef. Temp. Voltagem (Voc)		-0,34 %/°C	
Coef. Temp. Corrente (Isc)		0,065 %/°C	
<b>outras Características</b>			
Faixa de operação do módulo	-43 °C min.	-85 °C max.	
Temp. Nominal de operação (NOCT)	45 °C	±2 °C	
Máximo fusível em série		15,00 A	
Tolerância de Potência	W	5 W	
Dimensões do Painel	1638 x 982 x 40mm		
Código IP da caixa de junção	IP67	3 diodos	
tipo de células / qaunt. Cada Painel	Silício Policristalino	60	
Peso do módulo	18kg		
Vidro tipo e espessura	temperado 3,2mm		

A **Canadian Solar** é uma das maiores fabricantes mundiais de painéis solares fotovoltaicos. Reconhecidos em todo mundo por fabricarem placas solares confiáveis, muito eficientes e de alta qualidade

As módulos solares de 255W são muito utilizadas para energia solar residencial e também para aplicações maiores industriais ou usinas de energia.

O painel tem 10 anos de garantia do fabricante contra defeitos e uma vida útil de 25 anos, com perda máxima de 20% e possui certificado Inmetro Classe A.

Os módulos FV serão instalados sobre os telhados da edícula conforme localizada na **Planta de Situação**.

especificação técnica	modelo	
<b>PHB</b>	<b>PHB 4600-SS</b>	
Funcionamento em rede CA	monofásico	bifásico
Ligação na rede escolhido (projeto)		bifásico
Máxima Potência de Entrada CC		5400 Wp
Máxima Corrente de Entrada CC	MPPT	20,00 A
Mínima Tensão de Entrada CC		125 V
Máxima Tensão de Entrada CC		500 V
Faixa Operacional MPPT	125 V	500 V
Numero de Entradas MPPT		2
Rendimento Médio	$\eta_{\text{euro}}$	97%
Máxima Potência de Saída CA		5100 W
Tensão Nominal de Operação CA	115 V	230 V
Corrente Máxima de Saída CA		25,00 A

O inversor utilizado é da marca **PHB**, atuante de 30 anos no mercado Brasileiro e certificado pelo INMETRO pela concessão nº 000150/2015.

Atende as Normas (ABNT-NBR-16149; ABNT-NBR-16150; ABNT-NBR-IEC-62116).

Há dispositivo de corrente de fuga integrada e proteção anti-ilhamento de monitoramento constante da rede concessão que garante segurança contra descargas tanto para os usuários e os operários da rede elétrica.

Grau de proteção pela norma [IEC](#) 60529 de IP65 -à prova de poeira e protegido contra jatos potentes de água.

Topologia sem transformador, o equipamento tem baixa consumo de energia durante operação normal e em *standby*.

Devido à ventilação por convecção natural, seu nível de ruído é de menos de 25dB.

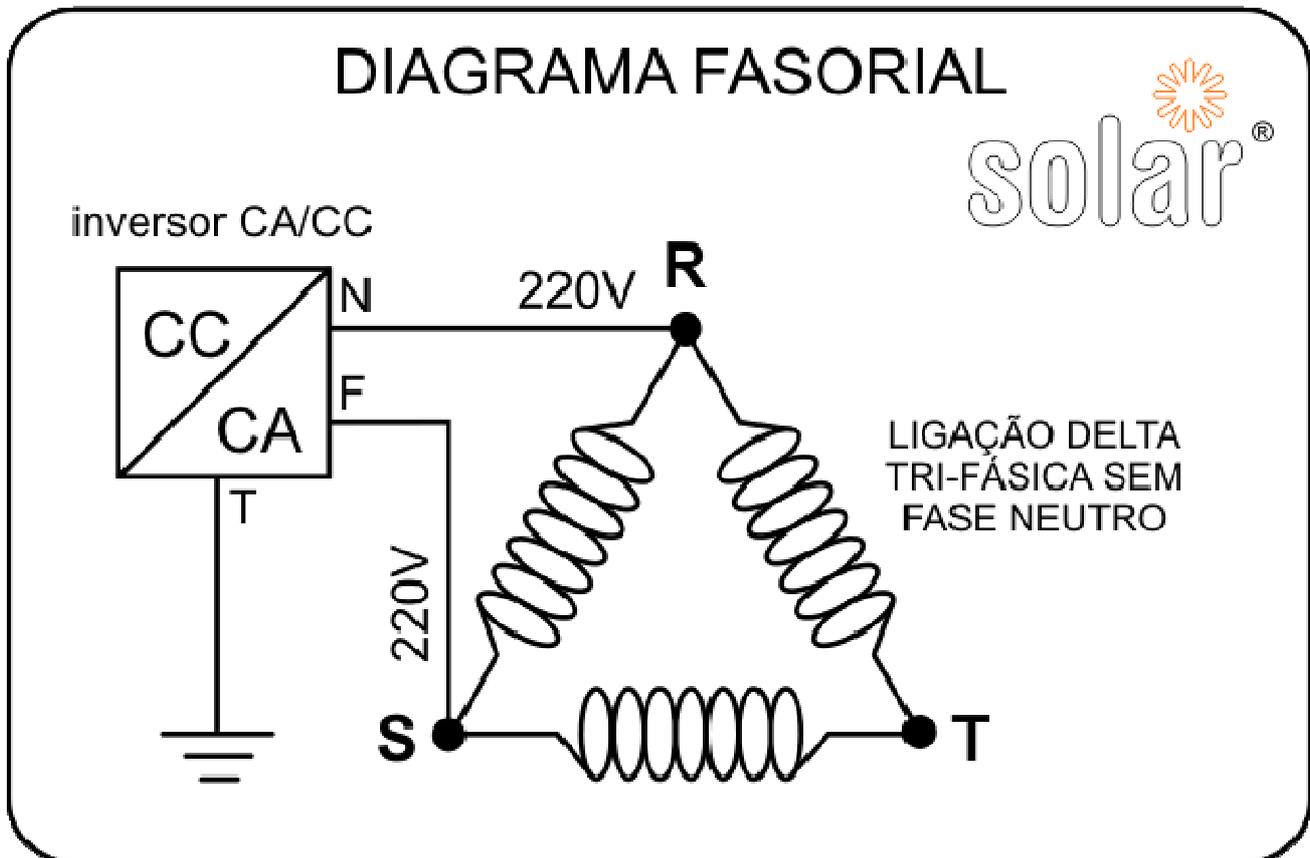
O fechamento hermético permite a instalação em ambientes com até 95% de umidade relativa.

A garantia da fábrica contra defeitos é de 5 anos, podendo ser estendida em até 25 anos.

O gerenciamento de carga MPPT garante melhor aproveitamento da energia recebida dos módulos FV na faixa de 125V até 500V com eficiência maior de 99,5%.

O inversor será instalado dentro da edícula, abaixo dos módulos FV, conforme localizada na **Planta de Situação**.

A saída de corrente alternada (CA) do inversor é bifásica. Como a rede elétrica da distribuidora é trifásica em delta, sem fase neutra, deve ser observada a seguinte conexão escolhendo duas fases 220v de qualquer uma das configurações R+S, S+T ou T+R:



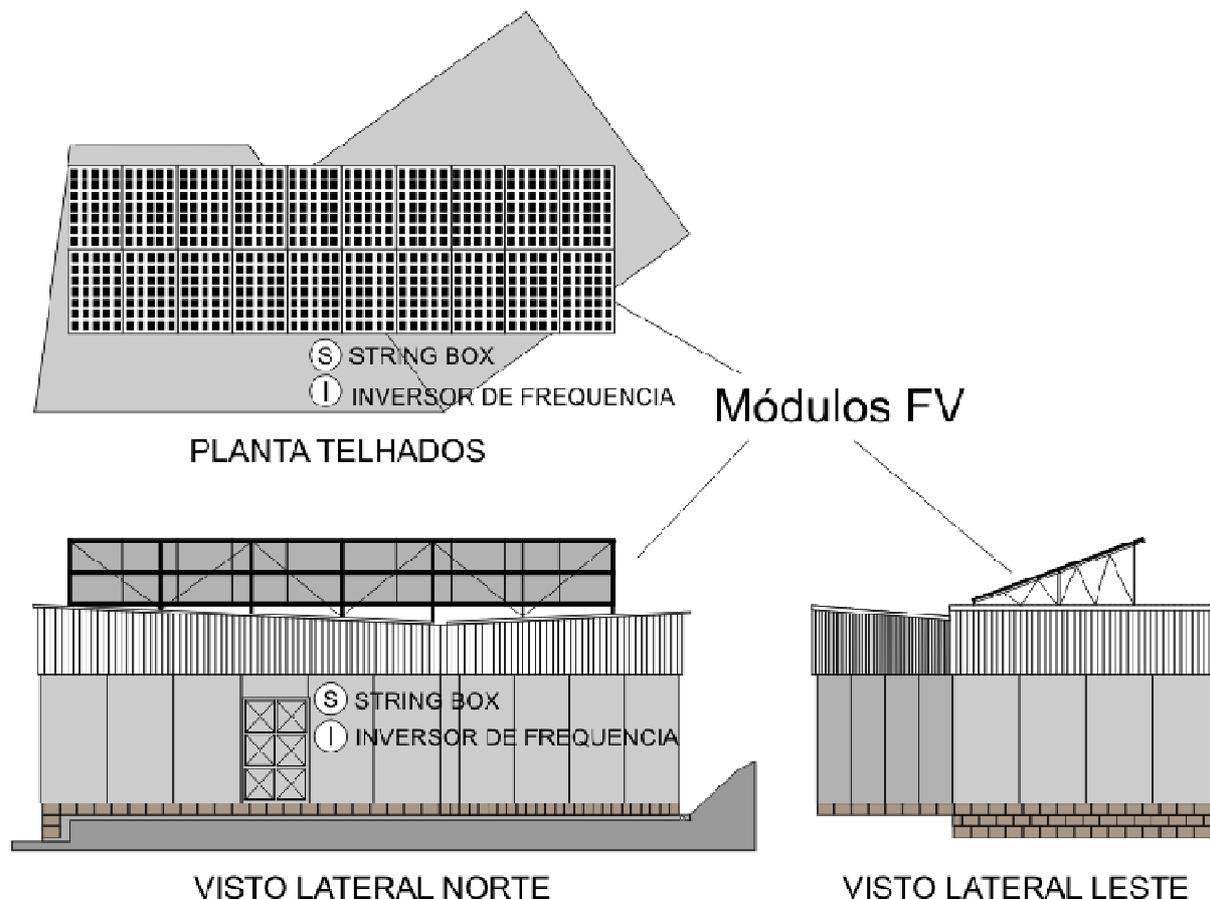
Obs. Os detalhes das conexões elétricas, dispositivos de segurança bem como o aterramento CC e CA da instalação será esclarecido nos seguintes capítulos deste memorial.

#### d) Estrutura Metálica

A **estrutura metálica** que segura os módulos FV será construída de perfil leve de aço galvanizado e fixado sobre o telhado de alumínio da edícula localizada na **Planta de Situação** com espaço de ventilação e inclinado à 20° para o azimute norte, assim aproveitando a maior média anual de irradiação solar.

Esta estrutura será projetada para a segura distribuição do peso dos módulos FV, resistente ao vento e aterrada conforme esclarecido no capítulo próprio do memorial.

As fixações usadas para segurar os módulos sobre a estrutura serão de alumínio e os parafusos de aço galvanizado.

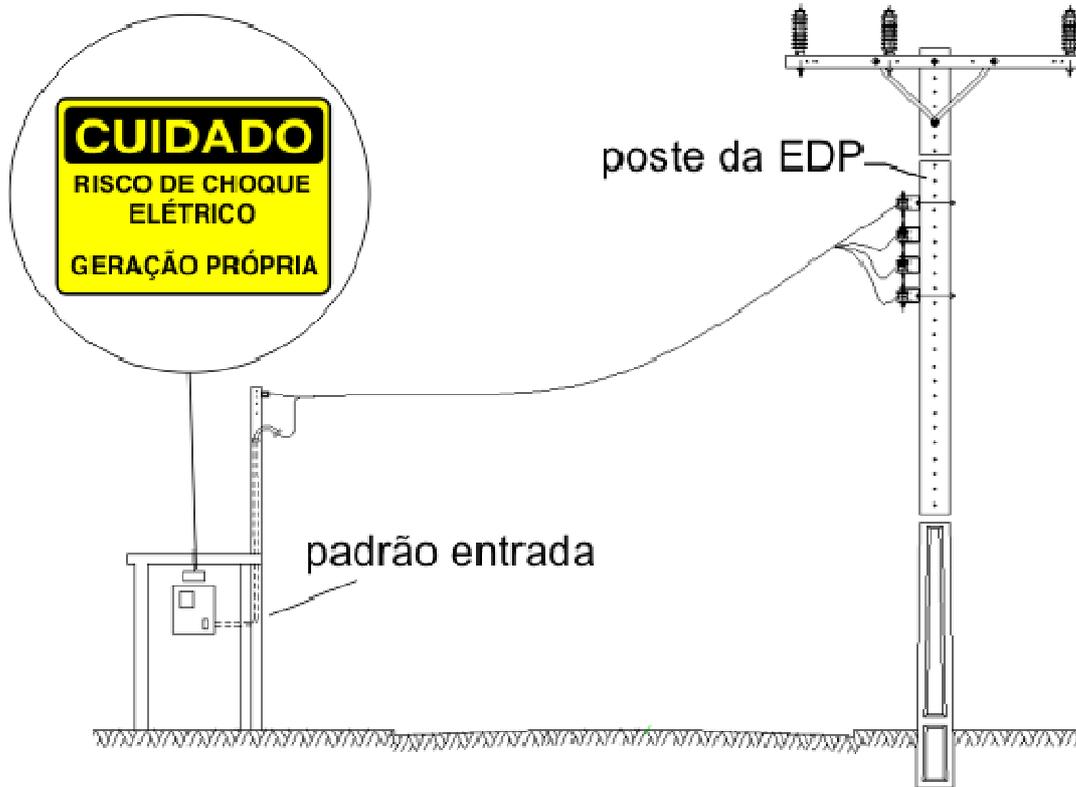


### e) Advertência Padrão Entrada

De acordo com a norma NTD-010, "Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída ao Sistema elétrico da Ampla", no **padrão de entrada** será mantido uma placa de advertência, confeccionada em aço inoxidável ou alumínio anodizado, e afixada de forma permanente na tampa da caixa de medição do padrão, com os dizeres "CUIDADO – RISCO DE CHOQUE ELÉTRICO – GERAÇÃO PRÓPRIA", com gravação indelével, conforme o modelo a seguir:



## ADVENTÊNCIA PADRÃO ENTRADA



### f) Medidor Bidirecional

Os cabos de corrente alternada (CA) vindo do inversor passarão por um disjuntor bipolar instalada no padrão entrada antes da ligação com o **Medidor Bidirecional**.

De acordo com a norma NTD-010, "Conexão de Micro e Mini Geração Distribuída ao Sistema elétrico da Ampla", o Medidor Bidirecional será fornecido e instalado pela distribuidora EDP, cuja conexão final aos cabos preparados pela empresa executora do projeto será feita após da vistoria final.

### g) Dispositivos de proteção CC e CA

Para a proteção dos equipamentos do sistema, das instalações e das pessoas, serão incorporados aos circuitos de Corrente Contínua (CC) e Corrente Alternada (CA) os seguintes dispositivos que são incorporados na caixa de junção ou *String Box* da marca PHB, modelo STB02-600v/06:

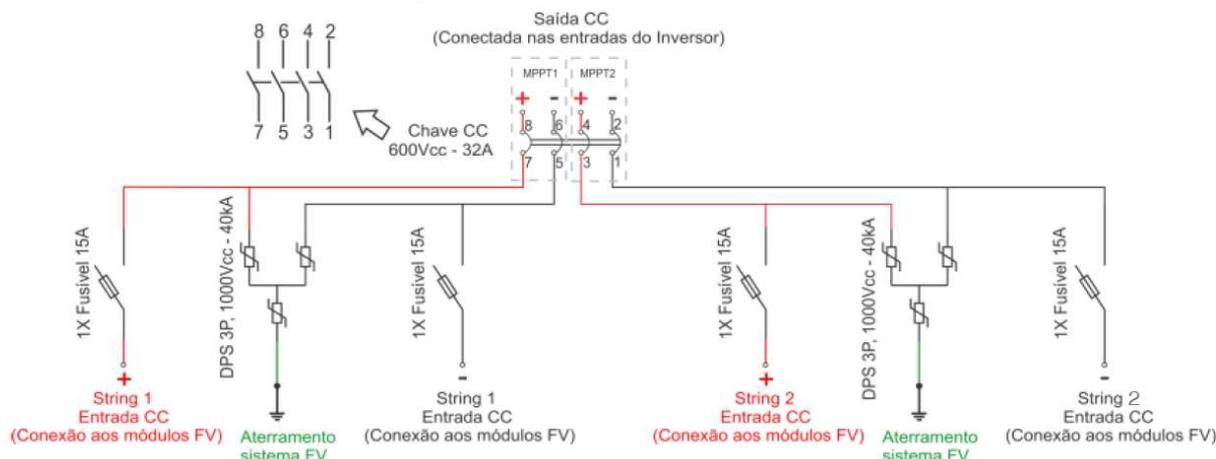
#### Circuito de Corrente Contínua:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);
- Fusíveis de Fio;
- Chave Seccionadora.

#### Circuito de Corrente Alternada:

- DPS (Dispositivo de Proteção Contra Surto);
- Disjuntor Bipolar Termomagnético.

## Esquema elétrico STB02-600V/06



Obs. Veja a tabela de dimensionamento dos fusíveis na pág. 16.

### h) Condutores e Eletrodutos

Os condutores usados para a instalação do sistema devem satisfazer a norma ABNT NBR 5410, instalações elétricas de baixa tensão, a fim de garantir “a segurança de pessoas e animais, o funcionamento adequado da instalação e a conservação dos bens”.

Os **cabos de corrente contínua** (CC) usadas na parte externa entre os módulos e o inversor devem ser do tipo AB8 conforme a tabela 4.2.6.1.2 -Condições climáticas do ambiente:

Código	Características						Aplicações e exemplos
	Temperatura do ar °C		Umidade relativa %		Umidade absoluta g/m <sup>3</sup>		
	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	Limite inferior	Limite superior	
AB5	- 5	+ 40	5	85	1	25	Locais abrigados com temperatura ambiente controlada
AB8	- 50	+ 40	1	100	0,04	36	Ambientes externos e sem proteção contra intempéries, sujeitos a altas e baixas temperaturas

Serão utilizados conectores do tipo MC4, concebidos especificamente para utilização em sistemas fotovoltaicos para interligar os módulos um ao outro em série e/ou paralelo no circuito.

Os **cabos de corrente alternada** (CA) usadas na saída do inversor devem ser do tipo AB5, de secção 6 mm<sup>2</sup>, especificamente da marca **SIL**, modelo **CABO FLEXÍVEL SILNAX 0,6/1 KV HEPR 90°C** de cobre multipolar de 3 condutores (2 fases e fio terra), e abrigados em eletroduto de PVC rígido roscável preto, tipo anti-chama, nos diâmetros indicados em projeto, com rosca paralela BSP, conforme norma NBR 8133/83. As luvas de emenda devem ser roscadas, assim como as curvas a 90°, fabricadas em PVC rígido, conforme a norma NBR 6150/80 da ABNT.

O diâmetro do eletroduto deve ser 3,3 vezes a soma do diâmetro dos cabos contidos, conforme a tabela nº33, método B2 da norma ABNT NBR 5410 “Cabo multipolar em eletroduto aparente de secção circular sobre parede”.

## 2. Cálculo e Dimensionamento do Sistema

### a) Cálculo da produção anual do módulo fotovoltaica

#### i. Objetivo

Estimar a média de produção fotovoltaica do local, Proporcionar o numero de módulos FV necessários para suprir a demanda de consumo do cliente, visto que a incidência de irradiação solar é variável e sujeito de alterações climáticas ao longo do ano.

Todavia, sabendo que existem variações climáticas ao longo do ano, devemos considerar que uma eventual sobra de energia gerada em um determinado mês deve gerar um crédito para futuros meses menos produtivas

#### ii. Cálculo da Produção Anual

Segundo os dados obtidos do CRESESB, computados para o local, a irradiação solar diária média anual com inclinação dos módulos em 20° para o azimute norte seria 4,62 kWh/m<sup>2</sup> por dia:

Ângulo	Inclinação	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
Plano Horizontal	0° N	5,32	5,67	4,69	4,16	3,36	3,09	3,21	4,09	4,11	4,67	5,05	5,64	4,42
Ângulo igual a latitude	24° N	4,81	5,4	4,82	4,73	4,15	4,01	4,08	4,84	4,36	4,55	4,63	5,01	4,61
Maior média anual	20° N	4,93	5,49	4,84	4,67	4,05	3,89	3,97	4,76	4,36	4,61	4,73	5,15	4,62
Maior mínimo mensal	35° N	4,4	5,05	4,68	4,78	4,33	4,25	4,3	4,98	4,3	4,32	4,27	4,55	4,52

Com este dado podemos calcular o **rendimento anual de cada módulo** FV CSI-CS6P-255P:

$$\begin{aligned} \text{Irradiação Anual} &= \text{dados CRESESB} \times 365 \text{ dias} = 1686,300 \text{ Kwh/m}^2/\text{ano} \\ &1686,300 \times 1,63\text{m}^2 = 2748,669 \text{ Kwh/mod/ano} \end{aligned}$$

Kwh/Módulo/Ano x Eficiência x perdas no Sistema =  
Kwh/Módulo/Ano

$$2748,669 \times 15,85\% \times 8\% = 348,531 \text{ Kwh/mod/ano}$$

Cálculo do **numero de módulos FV necessários** (consumo médio mensal de **580 Kwh**)

Necessidade de geração Anual:

$$\text{Kwh médio} \times 12 = \text{Proj. Geração Anual} = 6.960 \text{ Kwh/ano}$$

Quantidade de módulos Necessários para atender a geração anual:

$$\text{Proj.Geração Anual} / \text{Kwh/Módulo/Ano} = 19,97 \text{ mod.}$$

## b) Dimensionamento da Instalação Fotovoltaica

### i. Objetivo

Configurar a quantidade de strings (conjunto de módulos em série) para o correto funcionamento do inversor. Especificamente, devem ser considerado que as potências máximas e mínimas gerados pelos módulos FV não ultrapassam parâmetros máximos e mínimos do inversor:

- Potência pico (Pmax)
- Tensão mínima de circuito aberto (Voc)
- Tensão mínima de circuito aberto (Voc/Vmax)
- Corrente em curto-circuito (isc)

### ii. Dimensionamento da Instalação

Primeiramente será feita uma compensação nas potências máximas e mínimas gerados pelos módulos FV em função da temperatura média do local.

#### Correção da temperatura de cálculo

Isso é necessária, porque a especificação padrão usado no mercado, o *standard STC* baseia-se numa temperatura média de 25°C (Tref), com o módulo em posição horizontal. Como a temperatura nosso local é de 21,52°C (Tamb), e os módulos serão inclinados e situados em laje / Telhado, com espaço de ventilação deve ser acrescentado a cifra de 28°C (Δt) e subtraída a temperatura de referência STC (Tref) para chegar na **temperatura de cálculo** (Tcalc).

Use-se a fórmula " $T_{calc}=(T_{amb}+\Delta t)-T_{ref}$ ":

Tamb	21,58°C
Δt	28,00°C
Tref	25,00°C
Tcalc	24,58°C

#### Compensação das potências máximas e mínimas gerados pelos módulos FV:

Agora aplica-se a temperatura de cálculo aos cálculos de compensação:

<b>Compensação da Potência-Pico (Pmax) do FV:</b>	
$L^{\circ}C_{pmax}=T_{calc} \times \text{coef.temp.pot.Pico}$	-10,54 %
$R^{\circ}C_{pmax} = 100\% + L^{\circ}C_{pmax}$	89,46 %
$W_{p,c} = R^{\circ}C_{pmax} \times P_{nom}$	<b>232,59 W</b>
<b>Compensação da Tensão Mínima (Circuito Aberto, Voc) do FV:</b>	
$L^{\circ}C_{Vmpp}=\text{coef.temp } V_{mpp} \times 60^{\circ}C$	-19,20 %
$R^{\circ}C_{Vmpp} = 100\% + L^{\circ}C_{Vmpp}$	80,80 %
$V_{mpp,c} = R^{\circ}C_{Vmpp} \times V_{mpp}$	<b>24,40 V</b>
<b>Comp. da Tensão Máxima (Circ. Aberto, Voc/Vmax) do FV :</b>	
$L^{\circ}C_{Voc}=\text{coef.temp } V_{oc} \times 35^{\circ}C$	11,20 %
$R^{\circ}C_{Voc} = 100\% + L^{\circ}C_{Voc}$	111,20 %
$V_{oc,c} = R^{\circ}C_{Voc} \times V_{oc}$	<b>41,59 V</b>
<b>Compensação da Corrente em Curto-Circuito (Isc):</b>	
$L^{\circ}C_{Isc} = \text{coef.temp } I_{sc} \times 60^{\circ}C$	3,90 %
$R^{\circ}C_{Isc} = 100\% + L^{\circ}C_{Isc}$	103,90 %
$I_{sc,c} = R^{\circ}C_{Isc} \times I_{sc}$	<b>9,35 A</b>

### Cálculos para Associação de Módulos

Usando os valores corrigidos das potências máximas e mínimas gerados pelos módulos FV acima podemos configurar a quantidade de strings (conjunto de módulos em série) para o correto funcionamento do inversor pela sua especificação abaixo.

especificação técnica inversor	modelo	
<b>PHB</b>	<b>PHB 4600-SS</b>	
Funcionamento em rede CA	monofásico	bifásico
Ligação na rede escolhido (projeto)		bifásico
Máxima Potência de Entrada CC		5400 Wp
Máxima Corrente de Entrada CC	MPPT	20,00 A
Mínima Tensão de Entrada CC		125 V
Máxima Tensão de Entrada CC		500 V
Faixa Operacional MPPT	125 V	500 V
Numero de Entradas MPPT		2
Rendimento Médio	$\eta_{\text{euro}}$	97%
Máxima Potência de Saída CA		5100 W
Tensão Nominal de Operação CA	115 V	230 V
Corrente Máxima de Saída CA		25,00 A

### Cálculos para Associação de Módulos

	PHB 4600-SS
Máx .de módulos FV por inversor = Máx Wp/Pmax FV =	5400 / 232,59 = 23,22 módulos
Mín. de módulos FV em série por string = Vmin / Vmpp,c =	125 / 24,4 = 5,12 módulos
Máx. de módulos FV em série por string = Vmax / Voc,c =	500 / 41,59 = 12,02 módulos
Máx. de strings FV em paralelo por inversor = Imax / Isc,c =	20 / 9,35 = 2,14 strings
Quantidade escolhida de strings em paralelo =	<b>2</b>
Quantidade escolhida de módulos em série por string =	<b>10</b>
Total de inversores escolhidas no Projeto =	<b>1</b>
Total de módulos por inversor =	<b>20</b>
máxima tensão do painel = numero de módulos x Vmpp,c =	10 x 24,4 = 244,02 V
máxima corrente do painel = quantidade de strings x Isc,c =	2 x 9,35 = 18,70 A
máxima potência de entrada CC =	244,02 x 18,70 = 4564 Wp

### Estimação de geração anual da sistema

$$= 20 \text{ módulos} \times 348,531 \text{ Kwh/mod/ano} = \mathbf{6.970,62 \text{ Kwh/ano}}$$



### Potencia da sistema a ser instalada

Quantidade de Módulos escolhidas x Wp fabricante =	20 x 260 = 5,200 KWp
Quantidade de Módulos escolhidas x Pot,c ajustada =	20 x 232,59 = <b>4,652 KWp</b>

$$\text{Potência nominal CA} = \text{Wp CC} \times \text{eficiência do inversor} = 97\% \times 4,652 = \mathbf{4,512 \text{ KWp}}$$



## c) Cálculos Elétricos dos Circuitos

### i. Objetivo

Para assegurar o seguro e eficiente funcionamento da sistema e satisfazer as exigências da norma ABNT NBR 5410, instalações elétricas de baixa tensão.

A secção dos cabos será entre 4 e 6 mm<sup>2</sup>, deve ser suficiente para assegurar que a queda de tensão no cabeamento seja inferior a 4%.

### ii. Dimensionamento dos Circuitos

**Cabeamento** -seguem as limites de corrente de acordo com a tabela 36 da ABNT NBR 5410

- seção de 4mm<sup>2</sup> G (cabos unipolares espaçados ao ar livre, justapostos) = 34A
- seção de 6mm<sup>2</sup> B2 (cabo multipolar em eletroduto de seção circular sobre parede) = 38A

Dimensionamento do Cabeamento								
Origem	Destino	Potência Max. (Kw)	Corrente (A)	Tensão (V)	Seção Nominal (mm <sup>2</sup> )	comprimento (m)	Queda de tensão (%)	Perda pelo cabeamento (V)
Módulos 2 x 10	String box	2,281	9,35	244,02	4	10	0,1	0,24
String box	Inversor	2,281	9,35	244,02	4	1	0,01	0,024
Inversor	Medidor	4,564	20,75	220	6	35	0,43	0,94
Medidor	Padrão entrada	15,3	69,55	220	----	----	----	----

Dimensionamento dos Dispositivos de Proteção				
Origem	Destino	Proteção		
Módulos 2 x 10	String box	Fusível	DPS CC Tipo 3	Seccionadora CC
		2 x 250v / 15 A	2 x 1000V / 40kA	1 x 600V / 32A
String box	Inversor	-----		
Inversor	Medidor	DTM		Seccionadora CC
		1 x Bipolar 20A	1 x 275V / 50kA	1 x 300V / 32A
Medidor	Padrão entrada	DTM		
		50A	-----	-----

## d) Aterramento

### i. Objetivo

A instalação deve satisfazer as exigências da norma ABNT NBR 5419, Proteção de Estruturas Contra Descargas Atmosféricas.

## ii. Dimensionamento Aterramento da Instalação

Por definição o suporte dos módulos FV projetado enquadra-se na norma ABNT NBR 5419 dentro de **instalações metálicas**: “Elementos metálicos situados no volume a proteger, que podem constituir um trajeto da corrente de descarga atmosférica, tais como estruturas, tubulações, escadas, trilhos de elevadores, dutos de ventilação e ar-condicionado e armaduras de aço interligadas”

Observa-se que a edícula usada como base para a instalação FV é construída de aço com cobertura de alumínio.

Segundo a Tabela B.2 - Fator B: Tipo de construção da estrutura:

“1) Estruturas de metal aparente que sejam contínuas até o nível do solo estão excluídas desta tabela, porque **requerem apenas um subsistema de aterramento**”

Ainda reafirma-se no seguinte capítulo da norma como a estrutura sendo um captor natural de raios:

### 5.1.1.4 Captores naturais

5.1.1.4.1 Quaisquer elementos condutores expostos, isto é, que do ponto de vista físico possam ser atingidos pelos raios, devem ser considerados como parte do SPDA.

#### NOTAS

1 Os elementos condutores expostos devem ser analisados para certificar se as suas características são compatíveis com os critérios estabelecidos para elementos captores.

2 Elementos condutores expostos que não possam suportar o impacto direto do raio devem ser colocados dentro da zona de proteção de captores específicos, integrados ao SPDA.

3 Exemplos de elementos metálicos nas condições acima são:

a) coberturas metálicas sobre o volume a proteger;

b) mastros ou outros elementos condutores salientes nas coberturas;

c) rufos e/ou calhas periféricas de recolhimento de águas pluviais;

d) estruturas metálicas de suporte de envidraçados, para fachadas, acima de 20 m do solo ou de uma superfície horizontal circundante;

e) guarda-corpos, caixilhos, ou outros elementos condutores expostos, para fachadas, acima de 20 m da superfície horizontal circundante;

f) tubos e tanques metálicos construídos em material de espessura igual ou superior à indicada na tabela 4.

5.1.1.4.2 As condições a que devem satisfazer os captores naturais são as seguintes:

a) a espessura do elemento metálico não deve ser inferior a 0,5 mm ou conforme indicado na tabela 4, quando for necessário prevenir contra perfurações ou pontos quentes no volume a proteger;

b) a espessura do elemento metálico pode ser inferior a 2,5 mm, quando não for importante prevenir contra perfurações ou ignição de materiais combustíveis no volume a proteger;

c) o elemento metálico não deve ser revestido de material isolante (não se considera isolante uma camada de pintura de proteção, ou 0,5 mm de asfalto, ou 1 mm de PVC);

d) a continuidade elétrica entre as diversas partes deve ser executada de modo que assegure durabilidade;

e) os elementos não-metálicos acima ou sobre o elemento metálico podem ser excluídos do volume a proteger (em telhas de fibrocimento, o impacto do raio ocorre habitualmente sobre os elementos metálicos de fixação).

A fundação da edícula serve-se como um eletrodo de aterramento natural devida às armaduras de aço das fundações interligadas com as armaduras de aço dos pilares da estrutura, utilizados como condutores de descida naturais. Refere-se o seguinte capítulo da mesma norma:

### 5.1.3.3 Subsistemas de aterramento para condições normais

#### 5.1.3.3.1 Eletrodos de aterramento naturais

As armaduras de aço embutidas nas fundações das estruturas, cujas características satisfaçam às prescrições de 5.1.5, devem ser preferencialmente utilizadas como eletrodo de aterramento natural nas seguintes condições:

a) as armaduras de aço das estacas, dos blocos de fundação e das vigas baldrame devem ser firmemente amarradas com arame recozido em cerca de 50% de seus cruzamentos ou soldadas. As barras horizontais devem ser sobrepostas por no mínimo 20 vezes o seu diâmetro, e firmemente amarradas com arame recozido ou soldadas;

b) em fundação de alvenaria pode servir como eletrodo de aterramento, pela fundação, uma barra de aço de construção, com diâmetro mínimo de 8 mm, ou uma fita de aço de 25 mm x 4 mm, disposta com a largura na posição vertical, formando um anel em todo o perímetro da estrutura. A camada de concreto que envolve estes eletrodos deve ter uma espessura mínima de 5 cm;

c) as armaduras de aço das fundações devem ser interligadas com as armaduras de aço dos pilares da estrutura, utilizados como condutores de descida naturais, de modo a assegurar continuidade elétrica equivalente à prescrita em 5.1.2.5;

d) o eletrodo de aterramento natural assim constituído deve ser conectado à ligação equipotencial principal prescrita em 5.2.1, através de uma barra de aço com diâmetro mínimo de 8 mm ou uma fita de aço de 25 mm x 4 mm. Em alternativa, a ligação equipotencial principal deve simplesmente ser aterrada a uma armação de concreto armado próxima, quando estas são constituintes do SPDA;

e) no caso de se utilizarem as armaduras como constituintes do SPDA, sempre que possível, deve ser prevista a avaliação do aterramento da edificação, por injeção de corrente através da terra, entre a barra TAP, desligada da alimentação exterior, e um eletrodo externo ao edifício;

f) além da verificação do aterramento, se a execução da construção não tiver sido acompanhada pelo responsável pelo aterramento, deverá fazer-se a verificação da continuidade elétrica das armaduras, por injeção de corrente entre pontos afastados tanto na vertical como na horizontal. Os valores de impedância medidos costumam situar-se entre alguns centésimos e poucos décimos de ohm, respeitando o valor máximo indicado em 5.1.2.5.5.

Por via de dúvidas foi verificada a continuidade elétrica das armaduras, por injeção de corrente entre pontos afastados tanto na vertical como na horizontal. Os valores de impedância medidos situavam-se entre alguns centésimos e poucos décimos de ohm, respeitando o valor máximo indicado no capítulo 5.1.2.5.5 da norma. ( $<1 \Omega$ )

**Ensaio de continuidade de armaduras** – segue o anexo E da norma ABNT NBR 5419 usada para testar a continuidade das armaduras:

**Anexo E** (normativo)

#### **Ensaio de continuidade de armaduras**

**E.1** O ensaio de verificação da continuidade das armaduras de um edifício deve ser feito por injeção de corrente. Para melhorar a precisão da medição e diminuir os cuidados necessários para executar uma medição confiável, é preferível dispor de uma máquina de solda, do tipo de transformador monofásico de enrolamentos separados, com tensão em circuito aberto da ordem de 60 V e capaz de injetar uma corrente da ordem de 100 A. Estas características diminuem a exigência de limpeza da superfície onde se faz a injeção de corrente.

**E.2** A impedância entre dois pontos é medida dividindo a tensão aplicada entre os pontos de injeção de corrente pela corrente injetada. Considerando o valor elevado da corrente injetada e o comprimento apreciável do condutor de injeção decorrente, a tensão entre pontos de injeção de corrente deve ser calculada diminuindo a queda de tensão no condutor de injeção de corrente, da tensão aplicada ao circuito completo. Numa primeira aproximação pode considerar-se apenas a queda de tensão ôhmica no condutor de injeção.

**E.3** O afastamento dos pontos onde se faz a injeção de corrente deve ser de dezenas de metros, por exemplo entre o piso térreo e a laje do último piso ou entre a fachada da frente e a dos fundos, de preferência na diagonal. Procedendo a diversas medições entre pontos diferentes, se os valores medidos forem da mesma ordem de grandeza e inferiores a 1  $\Omega$ , pode-se admitir que a continuidade das armaduras é aceitável.

**E.4** A medição pode ser feita diretamente com o uso de um mili ou microohmímetro, capaz de fornecer corrente da ordem de 10 A, sendo admissível o valor mínimo de 1 A. Não é admissível a utilização de multímetro.

### **iii. Resumo Aterramento da Instalação**

Uma vez verificada a eficiência da estrutura como para raio, a estrutura metálica que segure os módulos FV deve ser firmemente fixada a estrutura metálica do teto da edícula com parafusos de aço zincado de forma que conduz qualquer descarga atmosférica para a terra.

**IMPORTANTE** – é vedada qualquer conexão entre a estrutura metálica e o borne de aterramento do inversor, ou os DPS de proteção do *string box* que devem ser aterradas via cabo no haste de aterramento afastado da estrutura localizado abaixo do poste padrão caixa junto com os outros aparelhos elétricos da residência. Como o fornecimento da distribuidora é trifásica em delta **sem fase neutro**, este aterramento deve ser mantido em perfeito funcionamento.

### 3. Anexos

#### a) Objetivo

Satisfazer as demais exigências documentais para obtenção da autorização de acesso e registro da unidade geradora junto a ANELL conforme determinada na seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST que estabelece os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição.

#### -FICHA TÉCNICA DOS EQUIPAMENTOS

- Modulo Fotovoltáico;
- Inversor;
- String Box CC.

#### -DESENHOS DO PROJETO.

- Diagrama de instalação;
- Diagrama Unifilar;
- Desenho Estrutura de Fixação;
- Planta de localização do padrão de entrada, medidor e Sistema Fotovoltáico.

#### -ANEXO A - Ampla

#### -FORMULÁRIO DE REGISTRO DE CENTRAL GERADORA

#### -RESPONSÁVEL TÉCNICO DA INSTALAÇÃO - ART E CARTA DE APRESENTAÇÃO

#### -DOCUMENTOS DO TITULAR DA CONTA

#### -FATURA DE ENERGIA DO CLIENTE

----- FIM -----

#### b) Declaração

Declaro que as informações aqui apresentadas neste manual, estão corretas e fazem jus ao que será realizado no local e coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos necessários.

Assinatura da Empresa

Assinatura do Eng. Responsável, CRM

São Paulo, 27 de dezembro 2017