



Sobre o quê vamos falar?



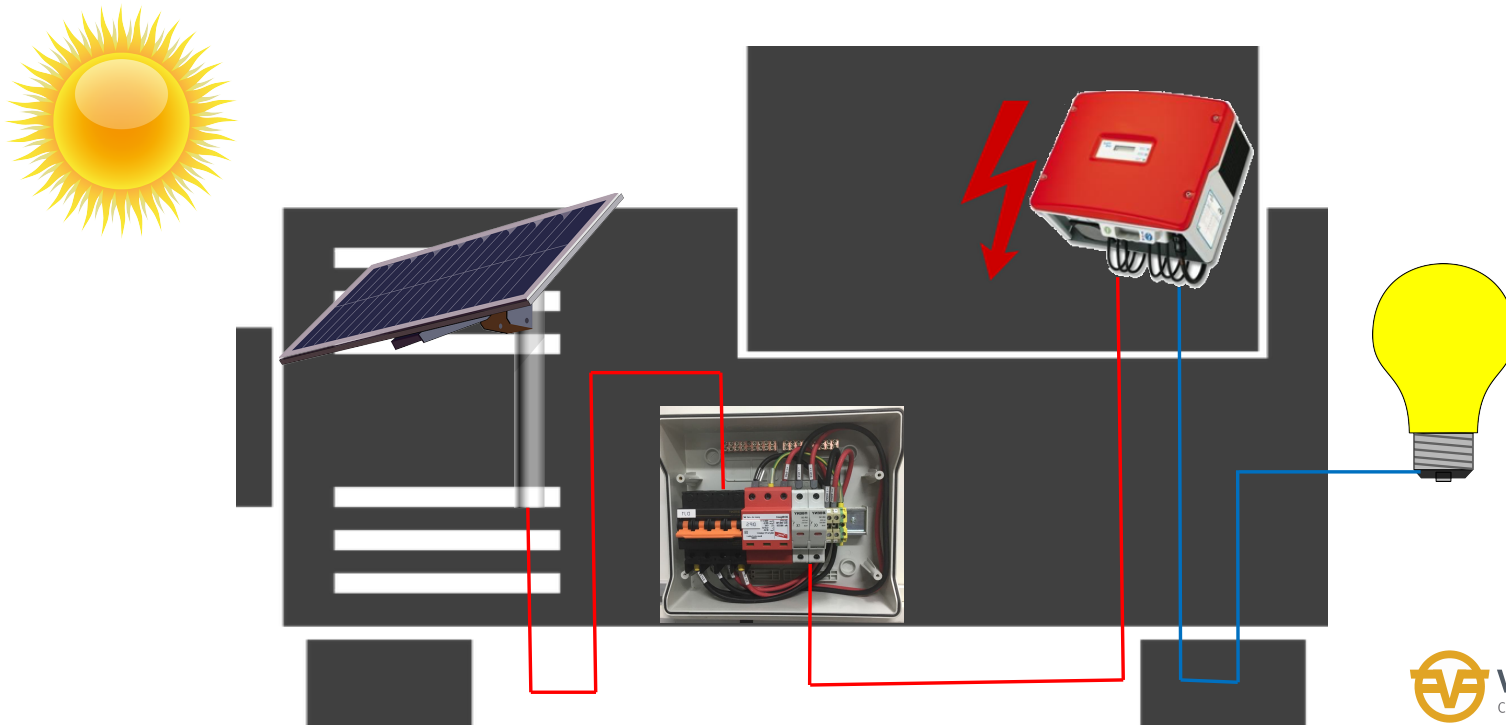
- Conceitos básicos de um sistema fotovoltaico (FV)
- Tipos de sistema principais – Off Grid e Grid Tie
- Conceituação da determinação de energia necessária
- Lado de CC – Itens específicos em instalações FV
- Materiais e equipamentos
 - Condutores (cabos)
 - Disjuntores
 - DPS
 - Fusíveis
 - Seccionadores
 - String Box
- Lado de CA
- Interligação com a concessionária
- Interferências na instalação existente
- O SPDA e o sistema FV

Conceitos Básicos de um sistema fotovoltaico (FV)



O que é um sistema FV?

Nada mais é que um conjunto de equipamentos, que vai transformar energia luminosa do sol em energia elétrica através pelo efeito fotovoltaico, ou se preferirem, um gerador elétrico cuja a energia primária é o sol.

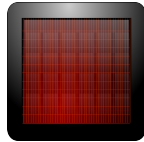


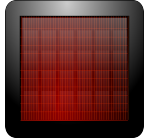
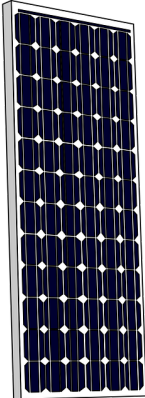
E como essa transformação é feita?



Efeito Fotovoltaico

O efeito fotovoltaico é o fenômeno que permite a conversão direta da luz direto em eletricidade, que ocorre quando a luz solar ou a radiação eletromagnética incide sobre uma célula composta de materiais semicondutores de propriedades específicas.

1 x  = pouca energia

muitas  = 

Tipos de placas mais usuais



- Monocristalino – 15 a 21%
- Policristalino – 13 a 16,5%
- Filme fino (silício amorfo) – 5 a 8%

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	290MS	295MS	300MS
Module Efficiency	17.72 %	18.02 %	18.33 %

CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

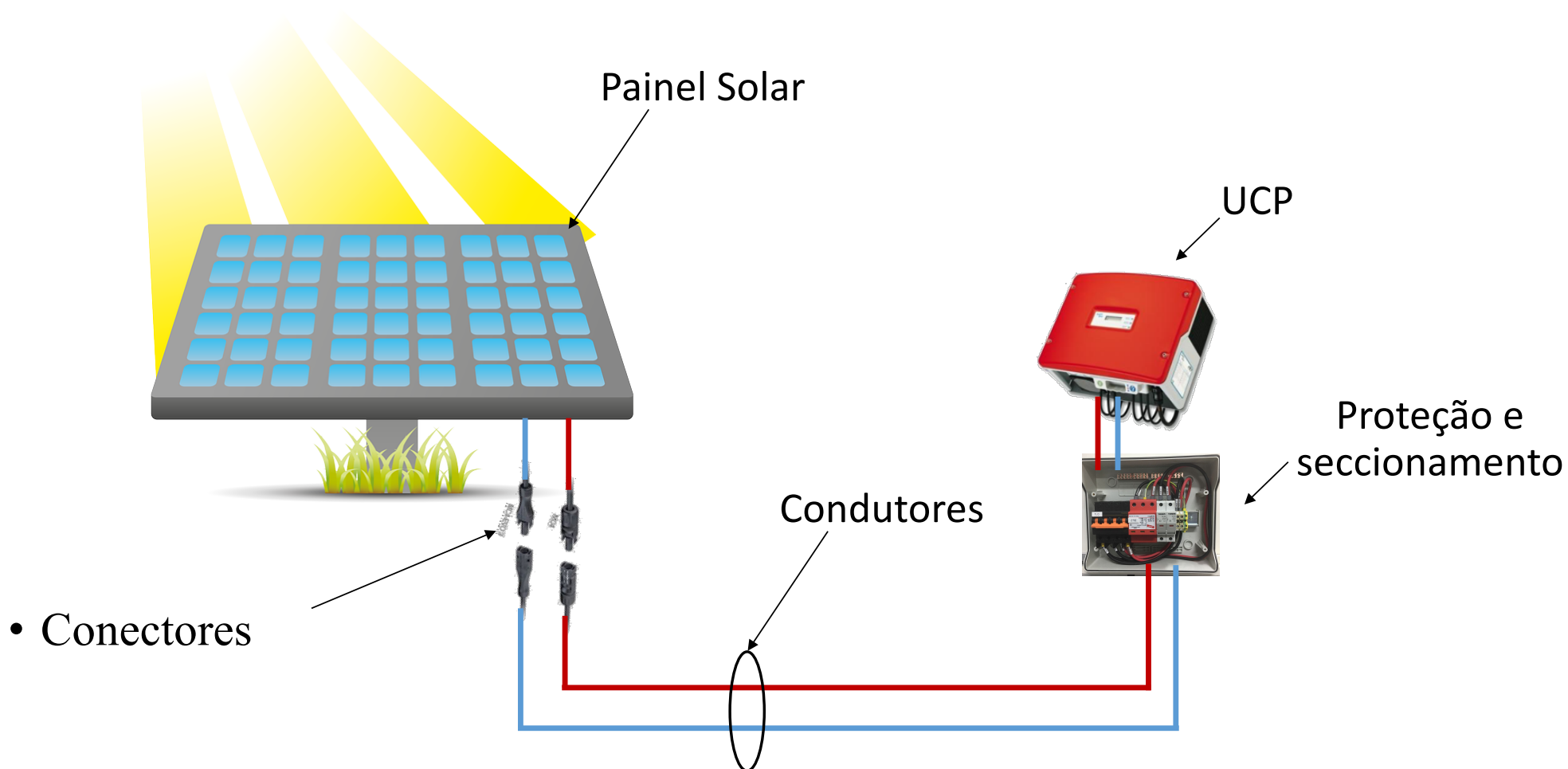
Modelo	Pm (Wp)	Tolerância	Vm (V)	Im (A)	Voc (V)	Isc (A)	Eficiência
RSM60-6-260P	260 W	0~+3%	30,50	8,53	37,50	9,24	>16%



VINICIUS AYRÃO FRANCO

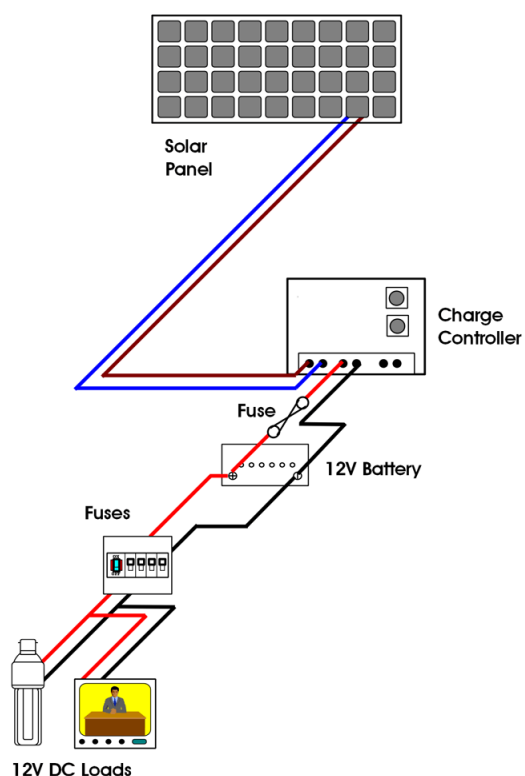
CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Gerador Fotovoltaico

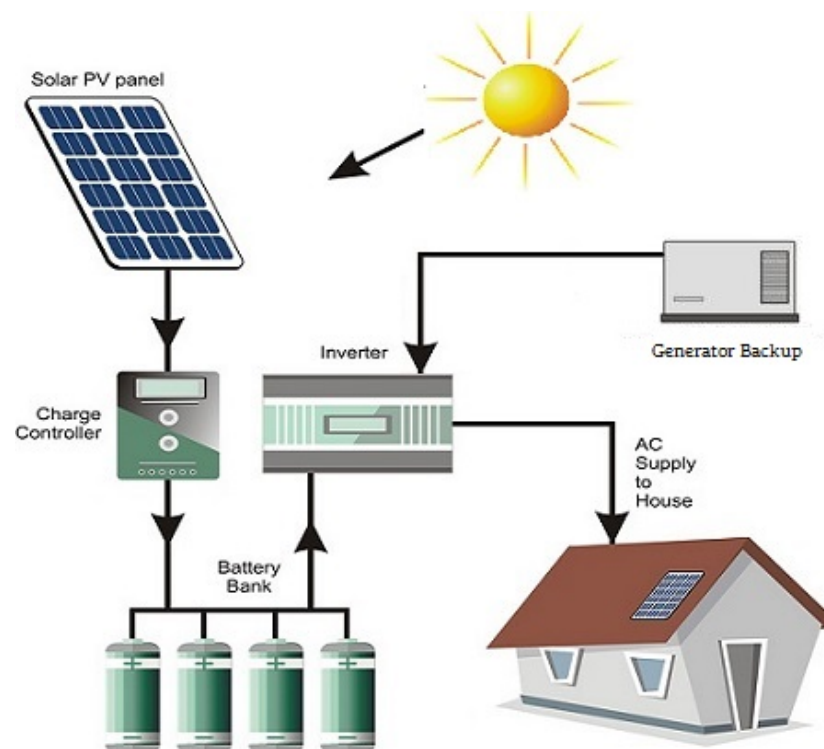


Tipos de Sistema FV

OFF-GRID alimentando a carga
diretamente em CC

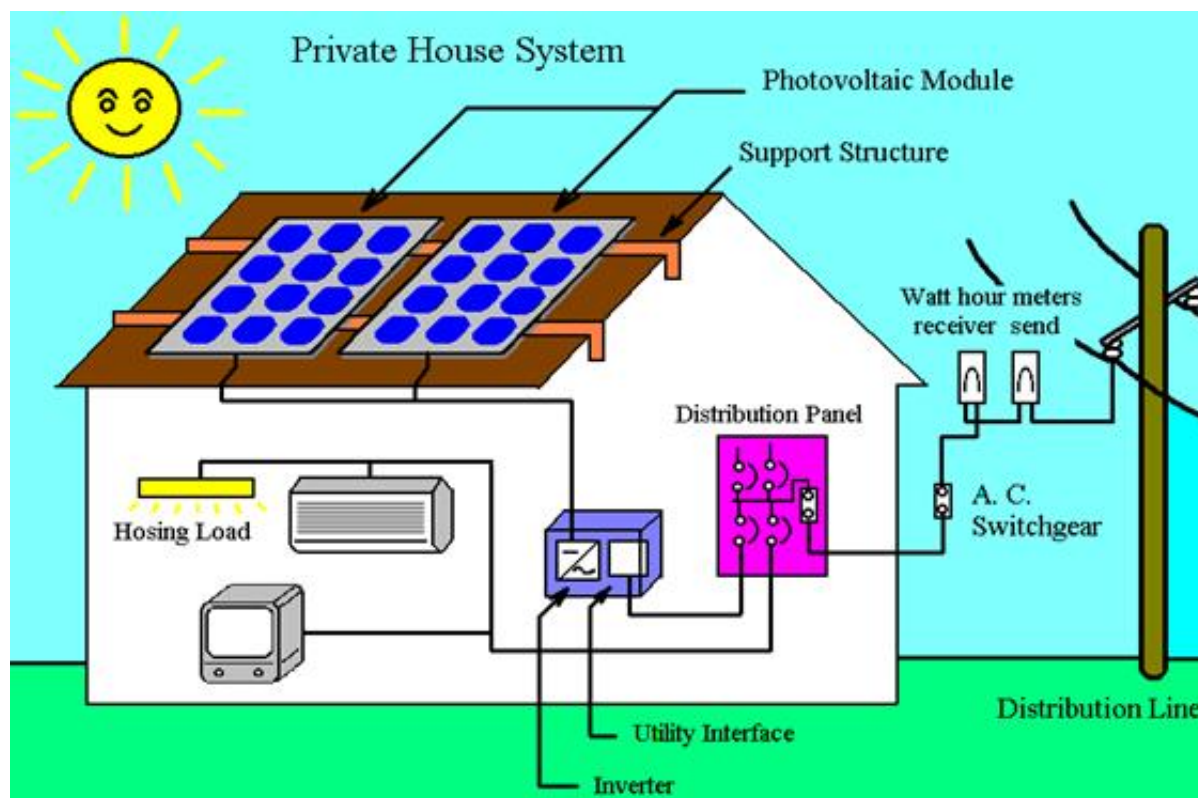


OFF-GRID alimentando as cargas
em CA



Tipos de Sistema FV

On grid (conectado a rede)



Qual o sistema FV preciso?



Dimensionamento do sistema

Opção 1: Quanto de energia eu desejo?

Opção 2: Qual a área disponível que eu tenho?

Mas, quanto 1 módulo produz de energia?



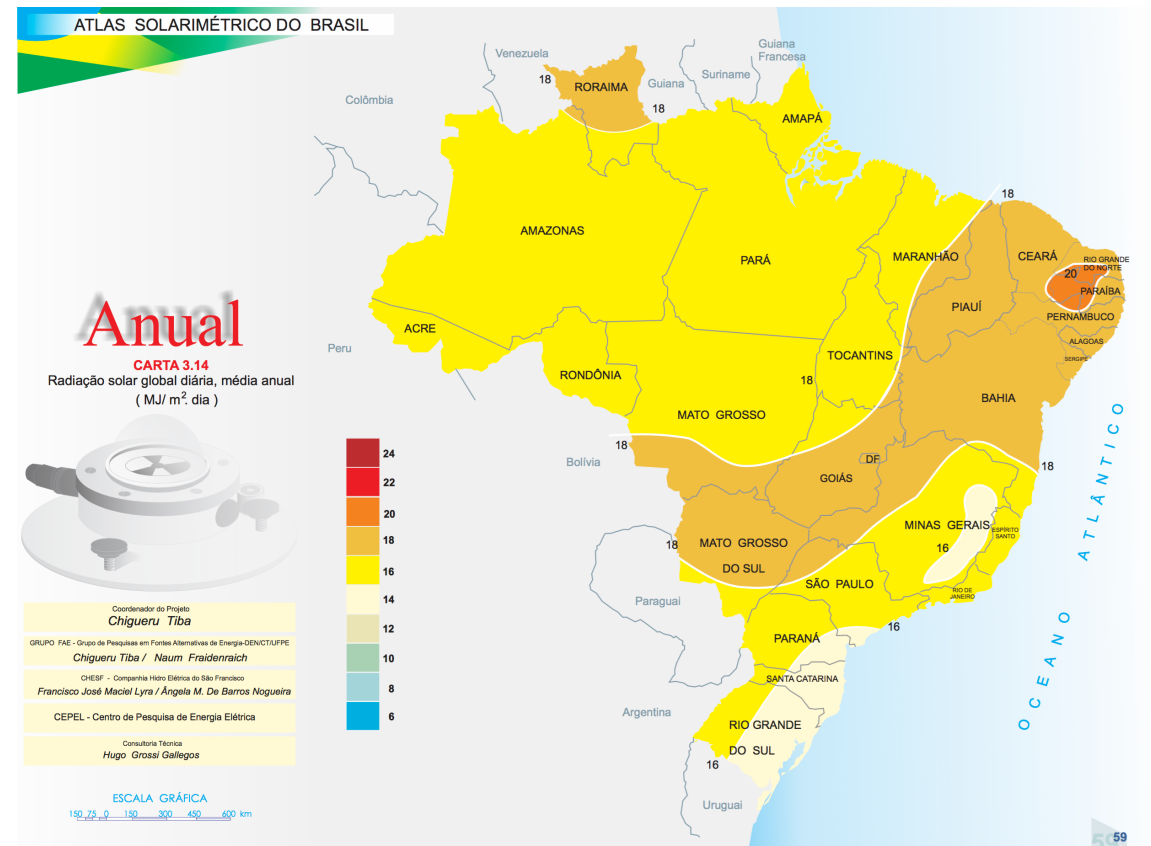
Energia de um módulo

Podemos determinar a energia produzida por um módulo com base na insolação diária, na área de superfície do módulo e na eficiência do módulo.

Os valores de elétricos dos módulos são em condições específicas de laboratório, quando instalamos, precisamos levar vários fatores em consideração na hora da estimativa da geração de energia, além

Outros fatores, como posição dos módulos em relação ao norte, ângulo de inclinação em relação ao solo, temperatura, dentre outros, influem na geração.

MAPA SOLARIMÉTRICO



Dimensionando pela conta de energia



Posso zerar minha conta de energia?

Não!!!!

Custo de disponibilidade do sistema:

Monofasico: 30kWh

Bifásico: 50kWh

Trifásico: 100kWh

Exemplificando



Uma residência consome em média 1300kWh/mês. Dado que:

- Geração de energia mensal de um módulo de 320W = 38,75kWh/mês (calculado pelo método de insolação)

Qual o sistema que precisamos para abater o máximo possível da conta de energia de nosso cliente?

Energia a ser gerada = $1300 - 100 = 1200\text{kWh/mês}$

Número de módulos = $1200 / 38,75 = 31$ módulos

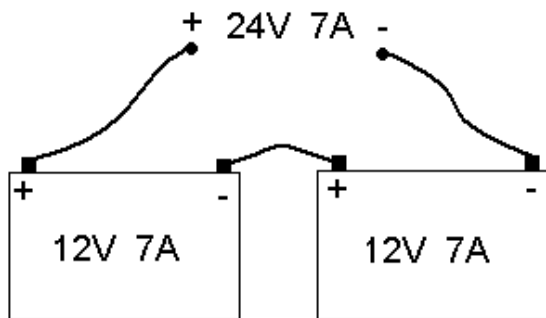
Potência necessária = $31 \times 320\text{W} = 9900\text{Wp} = 9,9\text{kWp}$

Mas, é só isso?

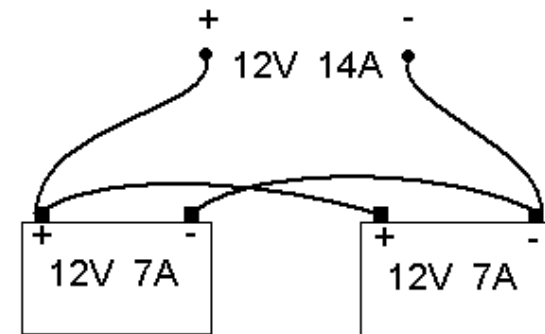
Não. Como esses 31 módulos serão ligados?

Relembrando alguns conceitos básicos de eletricidade

Associação de 2 baterias em série



Associação de 2 baterias em paralelo



Inversor – características principais



Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB



VINICIUS AYRAÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Inversor – características principais



Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB



VINICIUS AYRÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Inversor – características principais



Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB



VINICIUS AYRAÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Inversor – características principais



Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB



VINICIUS AYRÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Inversor – características principais



Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB



VINICIUS AYRAÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

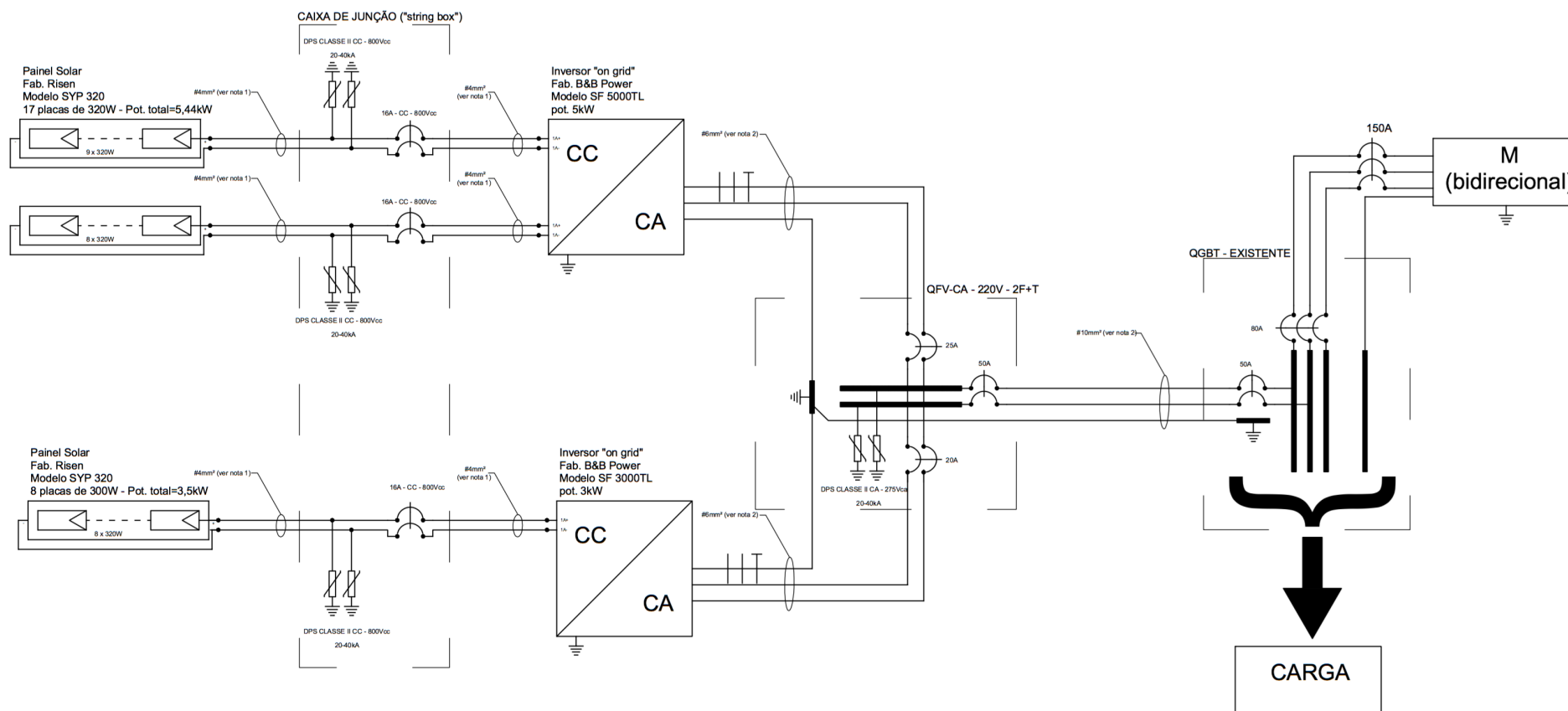
Inversor – características principais

Modelo de Inversor	12 kW ST 12000 TL
Entrada (CC)	
Potência máxima CC	12250 W
Tensão máxima CC	1000 V
Faixa de tensão MPPT / Tensão nominal	380 - 800 V / 610 V
Máxima corrente de entrada / por string	20 A / 20 A
Tensão de desligamento / Tensão de partida	160 / 200 V
Número MPPT / Strings por MPPT	2 / 2
Saída (CA)	
Potência nominal CA	12 kW
Potência aparente máxima CA	12 KVA
Tensão nominal CA	3F/N/T 220 V / 380 V
Faixa de tensão de operação	176 V - 242 V
Frequência de rede CA	60 Hz
Corrente máxima de saída	19 A
Fator de potência (cos ϕ), ajustável	0.8 indutivo - 0.8 capacitivo
Harmônicas	< 3%
Eficiência	
Máxima eficiência	98,0%
Euro eficiência	97,3%
MPPT eficiência	99,9%
Dados gerais	
Dimensões (A / B / C)	540 / 660 / 192 mm
Peso	40 kg
Temperatura de operação	-25 °C ... +60 °C
Grau de proteção (de acordo com IEC 60529)	IP65
Categoria climática (de acordo com IEC 60721-3-4)	4K4H
Consumo interno: (noite)	< 1 W
Topologia	Sem transformador
Tipo de resfriamento	Ventilador
Ruído (típico)	< 50 dB

Limita o número de painéis em série

Limita o número de séries em paralelo

Exemplo de 8kW com 2 inversores



Particularidades do sistema CC



- Níveis de tensão alto, chegando a 1000V em alguns casos;
- Capacidade de formar e sustentar arco elétrico com correntes não muito superiores a corrente de operação
- O Sol não tem “botão” de desligar;

Condutores para FV

Próximo as placas e em cabos expostos a intempéries

- Resistente UV
- 120° C
- 1/1,8kVcc
- Projeto ABNT NBR 20.03-036



CONSTRUÇÃO:



1. Condutor:

Cobre estanhado flexível, encordoamento de classe 5.

2. Isolação:

Elastômero termofixo livre de halogênios.

3. Cobertura:

Elastômero termofixo livre de halogênios.

Cores disponíveis: vermelho, preto e verde/amarelo.

NORMAS:

TÜV 2 Pfg 1169/08.2007

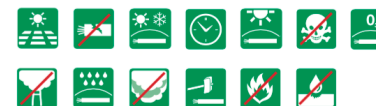
EN 50618

Projeto ABNT NBR 20.03-036

TENSÃO:

1.8 kV CC

CARACTERÍSTICAS:



No restante da instalação em CC pode ser o cabo unipolar (dupla isolamento), mas em hipótese nenhuma pode ser o cabo isolado apenas, nem no interior da string box.

Disjuntores para CC

PODE

Disjuntor conforme
IEC 60898-2



Disjuntor conforme
NBR IEC 60947-1



NÃO PODE

Disjuntor conforme
NBR NM 60898



DPS para CC em FV



IMPORTANT

A norma da ABNT vigente sobre DPS a NBR 61643-1 **NÃO** é adequada para uso em FV.

Devemos sempre utilizar DPS que atendam a **EN-50539-11**.



Norma Técnica	
Código	ABNT NBR IEC 61643-1:2007
Identica a	IEC 61643-1:2005
ata de Publicação	26/11/2007
Válida a partir de	26/12/2007
Título	Dispositivos de proteção contra surtos em baixa tensão Parte 1: Dispositivos de proteção conectados a sistemas de distribuição de energia de baixa tensão - Requisitos de desempenho e métodos de ensaio
Título Idioma Sec.	Low-voltage surge protective devices Part 1: Surge protective devices connected to low-voltage power distribution systems - Requirements and test
Comitê	ABNT/CB-003 Eletricidade
Páginas	72
Status	Em Vigor
Idioma	Português
Organismo	ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Preço (R\$)	210,00
Objetivo	Esta parte do ABNT NBR IEC 61643 é aplicável aos dispositivos para proteção de surto contra efeitos diretos e indiretos de descargas atmosféricas ou outras sobretensões transitórias. Estes dispositivos são montados para serem conectados a circuitos de 50/60 Hz c.a. ou c.c. e equipamentos de tensão nominal eficaz (r.m.s) até 1 000 V ou 1 500 V c.c. As características de desempenho, os métodos de ensaios e as características nominais são estabelecidos para estes dispositivos que contêm pelo menos um componente não linear destinado para limitar surtos de tensão e desviar surtos de corrente

→ Transient overvoltage protection - European standards

EN 50539-11

Low-voltage surge protective devices - Surge protective devices for specific application including d.c. - Part 11: Requirements and tests for SPDs in photovoltaic applications.



VINICIUS AYRÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

DPS para CC em FV



© 2013 DEHN + SÖHNE / protected by ISO 16016

Disjuntores para CC

PODE
IEC 60269-6



**NÃO PODE –
Outras normas**



Seccionadores



Precisam atender as seguintes prescrições:

- não possuir qualquer parte de **metal exposta**, tanto em estado **ligado** como **desligado**;
- apresentar corrente nominal igual ou superior a do respectivo dispositivo de proteção contra sobrecorrente, ou, na ausência de tal dispositivo, possuir corrente nominal igual ou superior à capacidade de corrente mínima requerida do circuito ao qual são conectados.
- Não ser **sensíveis à polaridade** (correntes de falta em um arranjo fotovoltaico podem fluir no sentido oposto ao de operação normal);
- Ser dimensionados para **seccionar plena carga e potenciais correntes de falta do gerador fotovoltaico** e quaisquer outras fontes de energia conectadas, tais como baterias, geradores e a rede elétrica, se presente;
- Interromper **todos** os condutores energizados simultaneamente.



String Box, Caixa de Junção



Terminologia:

caixa de junção

invólucro no qual subarranjos fotovoltaicos, séries fotovoltaicas ou módulos fotovoltaicos são conectados em paralelo, e que pode alojar dispositivos de proteção e/ou de seccionamento .

[Fonte: ABNT NBR 10899:2013]

NOTA Termos equivalentes em inglês: *string box*, *junction box* ou *combiner box*.

Qual a polêmica?



String Box CA + CC – Pode isso Arnaldo?

String Box CA + CC – Pode isso Arnaldo?



NÃO PODE



4.2.5.7 Quando a instalação comportar mais de uma alimentação (**rede pública, geração local, etc.**), a distribuição associada especificamente a cada uma delas deve ser disposta separadamente e de forma claramente diferenciada das demais. **Em particular, não se admite que componentes vinculados especificamente a uma determinada alimentação compartilhem, com elementos de outra alimentação, quadros de distribuição e linhas, incluindo as caixas dessas linhas, salvo as seguintes exceções:**

- a) circuitos de sinalização e comando, no interior de quadros;
- b) conjuntos de manobra especialmente projetados para efetuar o intercâmbio das fontes de alimentação;
- c) linhas abertas e nas quais os condutores de uma e de outra alimentação sejam adequadamente identificados.

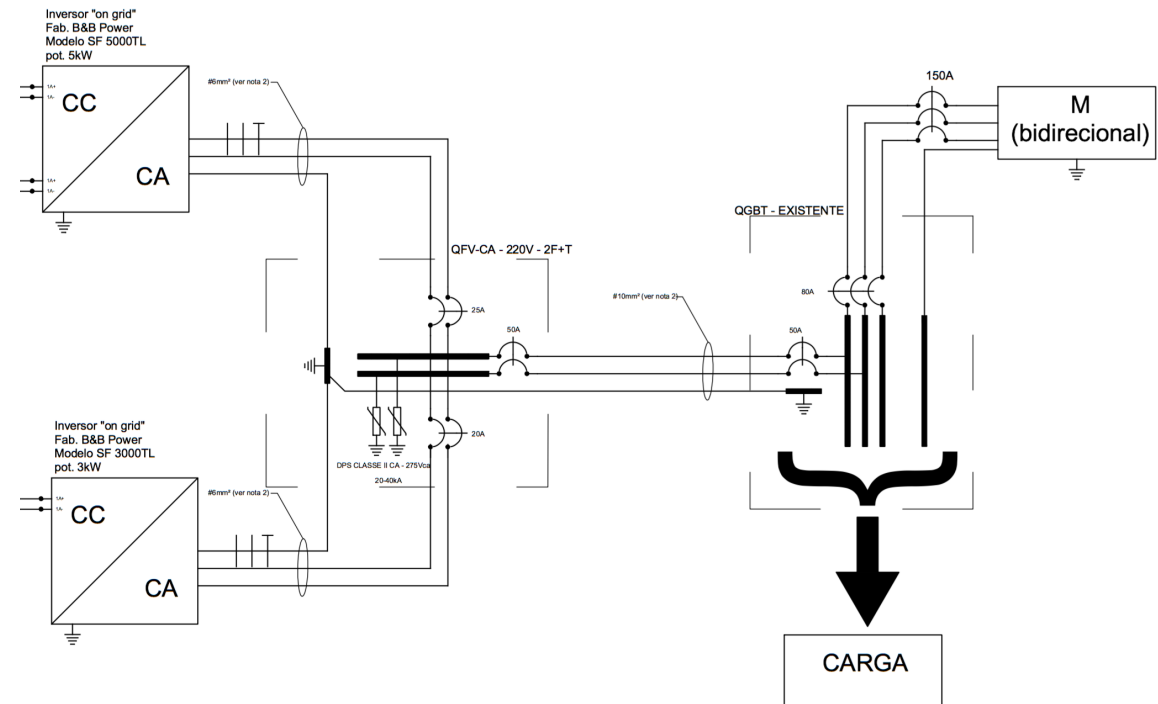
Então, duas fontes **NÃO PODEM** compartilhar o mesmo quadro de distribuição, com exceção de onde se faz o intercâmbio (exemplo, QTA ou quadro de paralelismo).

Enfim, terras conhecidas



Instalações em CA:

- Do ponto de acesso até a entrada de energia, todos os quadros, condutores e disjuntores devem ser capazes de conduzir, no mínimo, a potência máxima do sistema.
- Devemos garantir também que o quadro onde fazemos a conexão do sistema FV com as instalações existentes estejam em condições aceitáveis de segurança. Instalar um disjuntor em um quadro que esteja inseguro, seria, no mínimo, irresponsabilidade.



Instalei, é só ligar?



- Como o sistema opera em paralelo com a concessionário, é necessário legalizá-lo.
- A potência a ser instalada do sistema FV está limitada a potência disponibilizada na entrada de energia pela concessionária.



IMPORTANT



VINICIUS AYRÃO FRANCO

CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

SPDA e FV

E haja polêmica...

Quando falamos em SPDA e em FV, podemos destacar três condições possíveis:

- Sistemas instalados em telhados de residências ou prédios sem SPDA
- Sistemas instalados em telhados de residências ou prédios com SPDA
- Usinas ao solo, normalmente em áreas grandes

O que fazer?



Sistemas instalados em locais sem SPDA



Se não há SPDA, ou

- Na análise de risco se chegou a conclusão de que não era necessário SPDA
- Ou deveria ter e não tem

Minha opinião:

Fazer a análise de riscos, e se necessário o SPDA informar ao cliente, afinal, o sistema é para 25 anos de vida útil...

No projeto de norma:

A instalação de dispositivos de proteção contra surtos deve ser avaliada de acordo com a série ABNT NBR 5419-2 e suas partes e medidas de proteção adequadas devem ser implementadas quando a necessidade for comprovada na análise de risco.

NOTA 2 O memorial de cálculo da análise de risco, em conformidade com a ABNT NBR 5419-2, deve fazer parte da documentação do projeto.



VINICIUS AYRÃO FRANCO

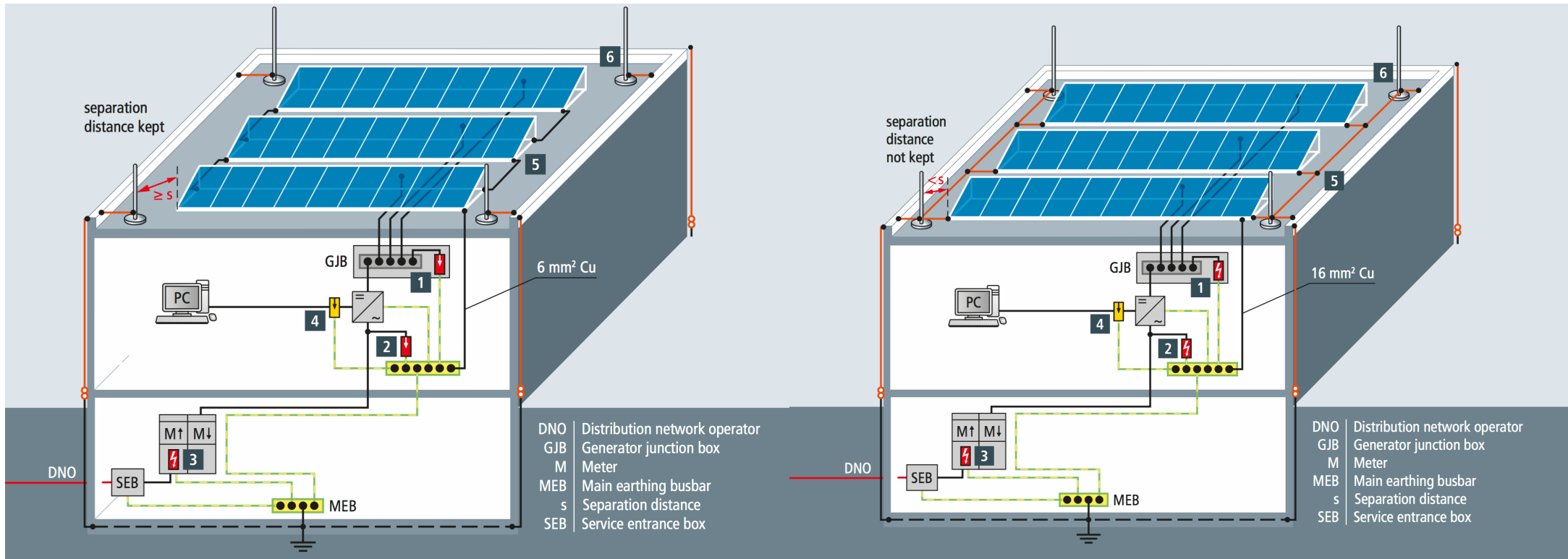
CONSULTORIA EM GESTÃO DE PROJETOS, ENGENHARIA ELÉTRICA E ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES

Sistemas instalados em locais com SPDA



- Deve ser analisado a melhor forma de incorporar o sistema ao SPDA existente.
- Recomendável que um especialista esteja envolvido.

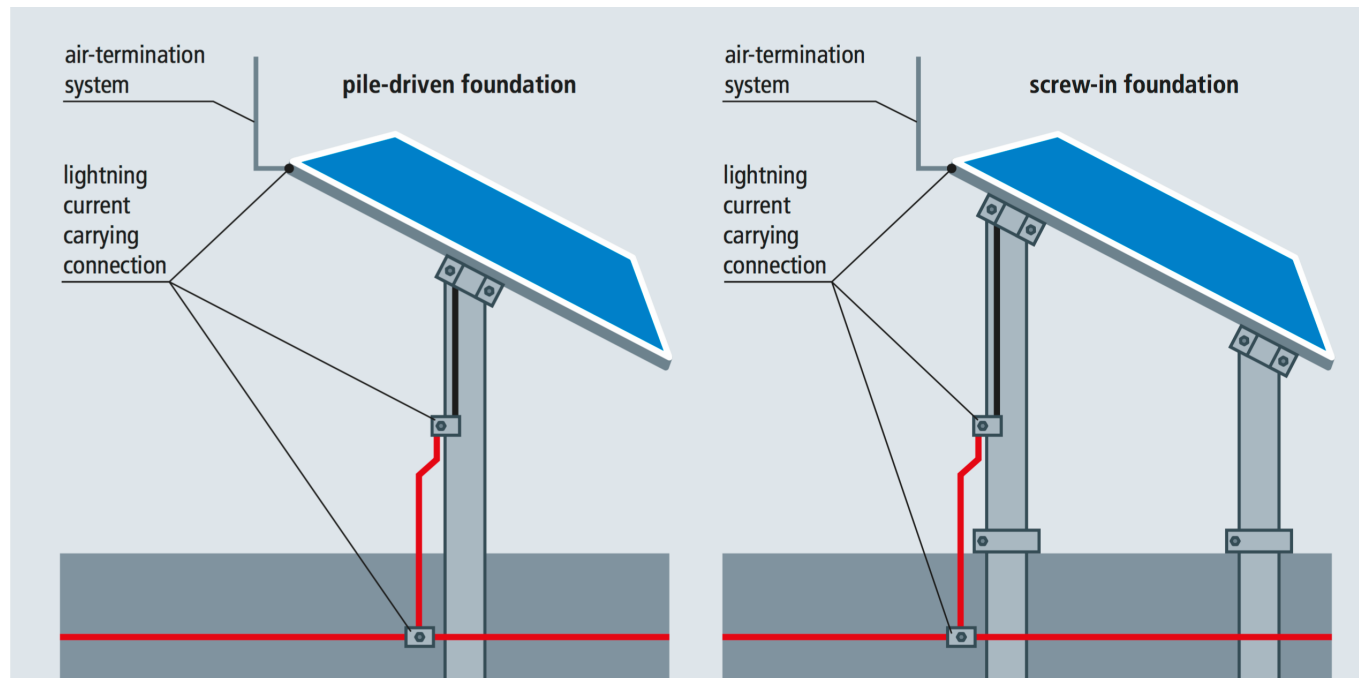
Exemplos



Grandes usinas no solo

SPDA em grandes usinas no solo, em área aberta, a proteção contra descargas atmosféricas pode ser inviável economicamente.

Nesses casos, se faz a proteção das edificações existentes e uma análise econômica da proteção dos equipamentos.



O que faltou?



Muita coisa...

- Dimensionamento elétrico;
- Análise de sombreamento;
- Sistemas híbridos;
- Dimensionamento sistemas off-grid;
- A NR-10 e a FV;
- E muito mais...

Isso fica para nossos webinars mensais sobre o assunto.

Dúvidas e mais sobre o assunto



Blog: www.viniciusayrao.com.br

Facebook: @viniciusayrao

Twiter: @viniciusayrao

Instagram: viniciusayrao

Email: vinicius@viniciusayrao.com.br