

# PV Hands ON



Do técnico ao estratégico,  
tudo sobre sistemas fotovoltaicos On-grid

# 1 . APRESENTAÇÃO

## ENOVA SOLAR

- 1.1 - Objetivos do Treinamento
- 1.2 - Apresentação Enova Solar
- 1.3 - Corpo Técnico Responsável
- 1.4 - Infraestrutura Centro de Treinamento
- 1.5 - Quem já participou?
- 1.6 - Portfólio Projetos
- 1.7 - Portfólio Treinamentos

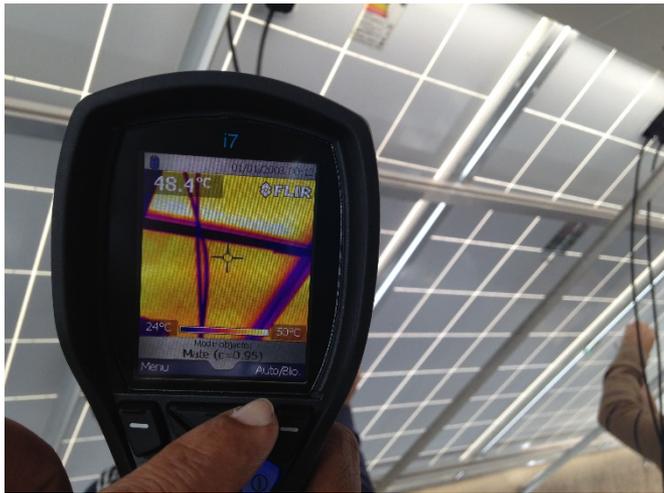
## 1.1 - Objetivos

### Conceitos fundamentais de Projetos e Instalação da Tecnologia Fotovoltaica com foco em Sistemas Conectados à Rede (Grid-Tie)

Após a realização do curso é esperado que o aluno seja capaz de:

- ☞ Entender o princípio fotovoltaico
- ☞ Ter uma clara ideia do mercado
- ☞ Compreender os princípios elétricos envolvidos
- ☞ Avaliar o nível de radiação solar e seu impacto na produção de energia
- ☞ Avaliar o potencial de implementação de sistemas FV
- ☞ Compreender o impacto do entorno na produtividade
- ☞ Conhecer as diferentes topologias de Sistemas FV
- ☞ Conhecer os equipamentos que compõem um Sistema FV
- ☞ Diferenciar as diferentes aplicações dos Sistemas FV

## 1.2 - Apresentação Enova Solar



## 1.3 – Corpo Técnico Responsável

### COORDENAÇÃO

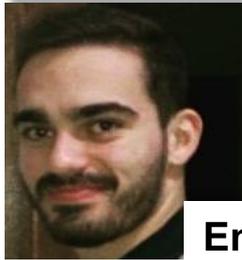


**MÁRCIO TAKATA**

- Eng. Eletricista pela Escola Politécnica da USP - Ênfase em Energia e Automação
- Professor - EUREM - European Energy Manager
- LEED Green Associate - Especialista em Construção Sustentável
- Mais de 9 Anos de atuação em Consultoria, Projeto, Inovação e Capacitação no Setor de Energias Renováveis
- Professor Energia Heliotérmica (CSP - Concentrated Solar Power) no Instituto Superior de Inovação e Tecnologia (ISITEC-SP)

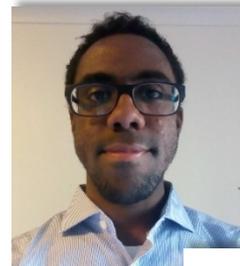
## 1.3 – Corpo Técnico Responsável

### INSTRUTORES



**Eng. Lincoln da  
Costa Romaro**

- Eng. Eletricista pela Universidade Federal de Itajubá com Ênfase em Sistemas de Potência
- Especialista em Energias Renováveis pela Technische Universität Dresden - Alemanha
- Pesquisador na área de qualidade da energia, energias renováveis, confiabilidade de sistemas e sistemas de armazenamento de energia
- Atuação na área de projetos, estudo de viabilidade econômica, dimensionamento de plantas solares fotovoltaicas e capacitação no Setor de Energias Renováveis
- Especialista em Energia Heliotérmica (CSP - Concentrated Solar Power) pelo Instituto Superior de Inovação e Tecnologia (ISITEC-SP)



**Pedro Pellegrini**

- Graduando em Engenharia Elétrica com Ênfase em Energia e Automação pela Escola Politécnica da USP
- Atuou como pesquisador durante dois anos em projetos de Conversores Estáticos de Potência no Laboratório de Eletrônica de Potência da Escola Politécnica da USP
- Atuou como pesquisador na programação de inversores microcontrolados para veículos elétricos na Queensland University of Technology - Austrália
- Atuação na área de projetos, estudo de viabilidade econômica, dimensionamento de plantas solares fotovoltaicas e capacitação no Setor de Energias Renováveis

## **Isabelle Cristine A. Meireles**

Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá.  
Atuou como pesquisadora em projetos de previsores de carga em curto-prazo usando redes neurais, lógica fuzzy e modelos polinomiais.  
Atua na área da qualidade da energia desenvolvendo condicionadores de energia também aplicados a sistemas fotovoltaicos de geração.  
Atuação na área de projetos, estudo de viabilidade econômica, dimensionamento de plantas solares fotovoltaicas e capacitação no Setor de Energias Renováveis.

## **Marcos Nathan C. da Rosa**

Graduanda em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Itajubá.  
.  
.  
.  
Atuação na área de projetos, estudo de viabilidade econômica, dimensionamento de plantas solares fotovoltaicas e capacitação no Setor de Energias Renováveis.

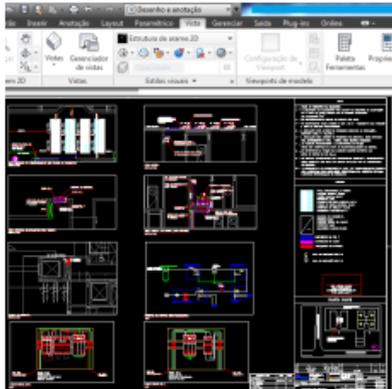
## 1.4 - Estrutura Centro de Treinamento



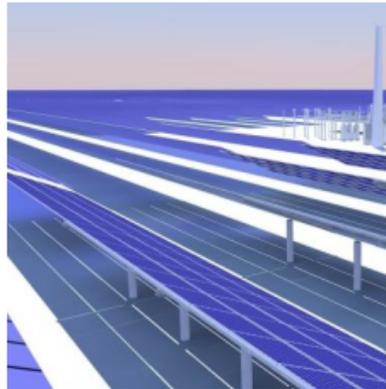
# 1.5 - Quem já participou?



## 1.6 - Portfólio Projetos



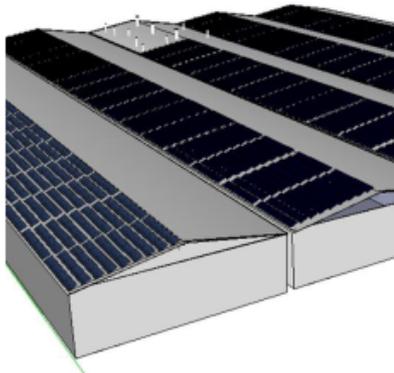
PROJECT - Power Generation Company  
PROJETO - Empresa Geração de Energia



PROJECT - PV Plant  
PROJETO - Planta FV



PROJECT - Pinheiros River PV  
PROJETO - FV Rio Pinheiros



PROJECT - Retail Company  
PROJETO - Empresa de Varejo



PROJECT - Business Plan  
PROJETO - Plano de Negócios



PROJECT - Distributed Generation  
PROJETO - Geração Distribuída

## 1.7 - Portfólio Treinamentos



**PV Hands ON<sup>®</sup>**



**Realização:** Enova Solar

**Curso:** PV Hands ON

Realizado no Centro de Treinamento Enova Solar desde 2014, este treinamento realizado mensalmente vem oferecendo experiências práticas aos milhares de profissionais que vislumbram entender e atuar no setor de Energia Solar Fotovoltaica.



**PV Hands ON<sup>®</sup>**

**Hybrid**



**Realização:** Enova Solar

**Curso:** PV Hands ON Hybrid

Realizado no Centro de Treinamento Enova Solar, este é o mais novo Treinamento da Enova Solar e o primeiro do Brasil a abordar esta tecnologia ainda pouco explorada e que tem um grande potencial de expansão no Brasil.

## 1.7 - Portfólio Treinamentos



**CONSTRUINDO UM  
FUTURO SUSTENTÁVEL**

**Realização:** Green Building Council  
Brasil

**Temas:** Energias Renováveis em  
Edifícios Sustentáveis  
Energia Térmica e Fotovoltaica

**Datas:** Participação na grade dos  
cursos oferecidos pelo Conselho desde  
2011



**Realização:** Instituto Brasileiro de  
Educação Continuada

**Curso:** MBA EM CONSTRUÇÕES  
SUSTENTÁVEIS: Certificação  
Ambiental de Edificações - 480h



**Realização :** Congresso Brasileiro  
de Eficiência Energética

**Tema:** Energias Renováveis



Por meio da:



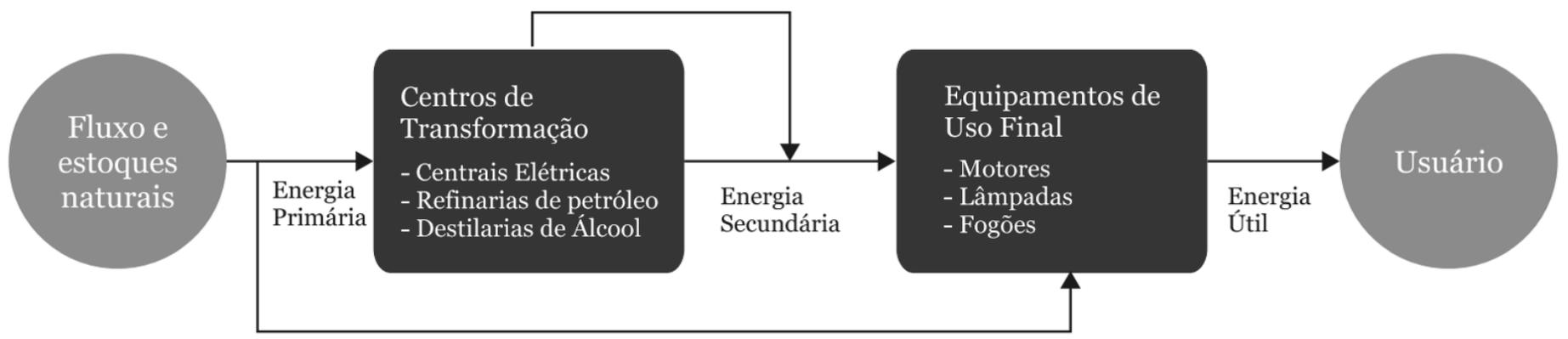
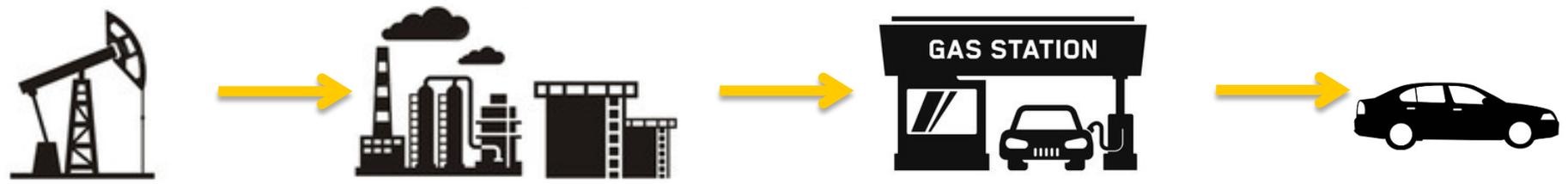
**Realização:** ISITEC, Agência Alemã para Cooperação Internacional (GIZ)  
e Câmara de Comércio Brasil-Alemanha

**Curso:** Especialização Energia Heliotérmica

# 2 . ENERGIA

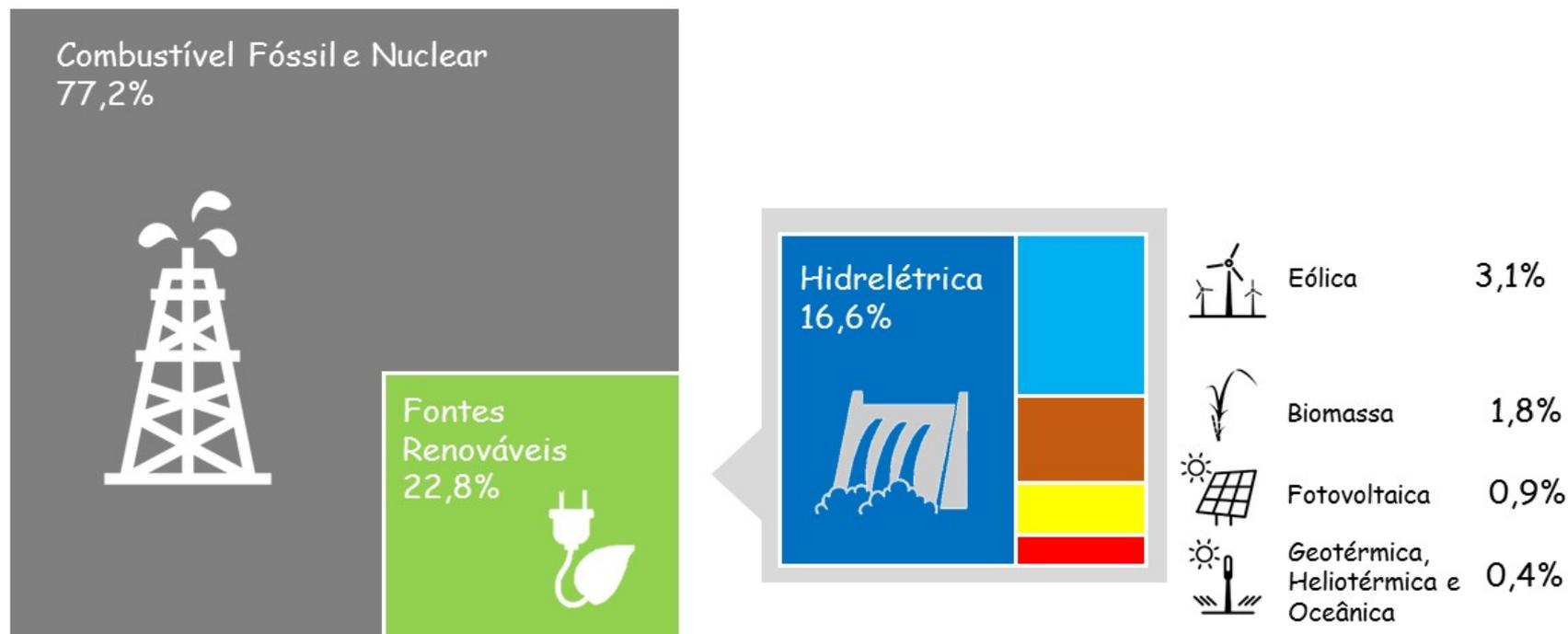
- ☞ 2.1 - O que é Energia?
- ☞ 2.2 - Desenvolvimento das Energias Renováveis
- ☞ 2.3 - O que é Energia Solar?

## 2.1 – O que é energia?



## 2.2 – Desenvolvimento das Energias Renováveis

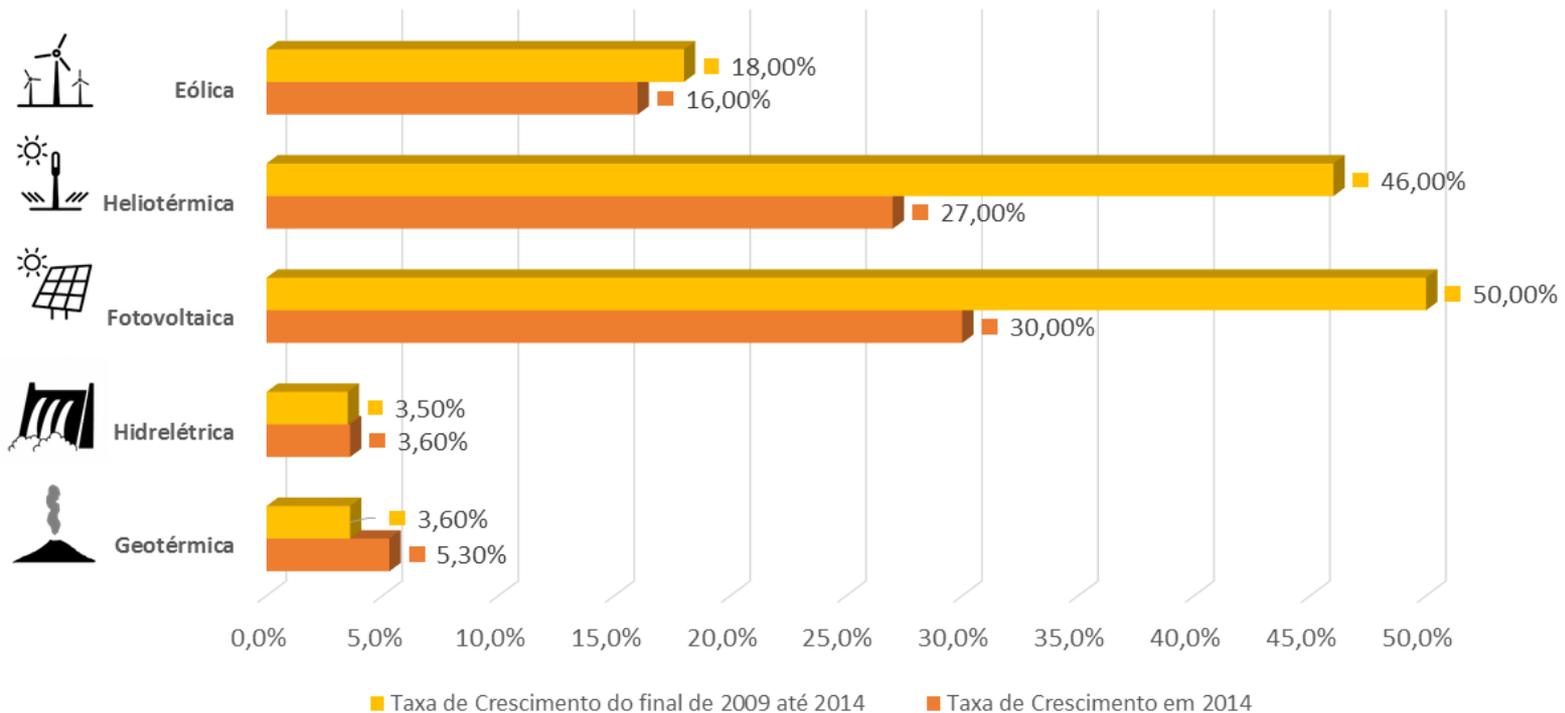
- **Estimativa da produção de energia elétrica global proveniente de fontes renováveis, final de 2014**



Fonte: REN21 Renewable 2015 Energy Report

## 2.2 – Desenvolvimento das Energias Renováveis

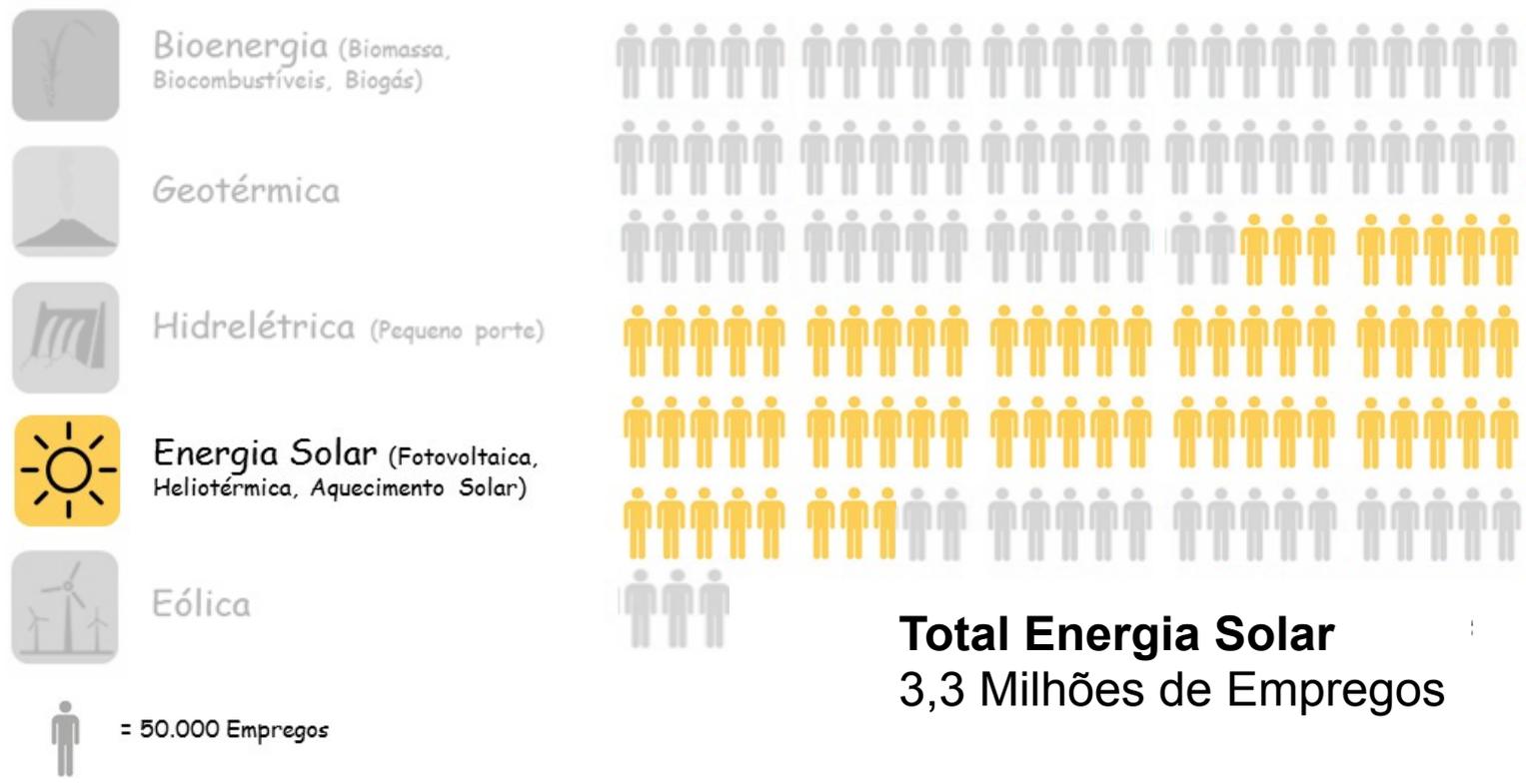
- **Taxa média de crescimento anual da capacidade instalada em fontes renováveis no mundo**



Fonte: REN21 Renewables 2015 Global Status Report

## 2.2 – Desenvolvimento das Energias Renováveis

- **Empregos em energias renováveis, 2014**

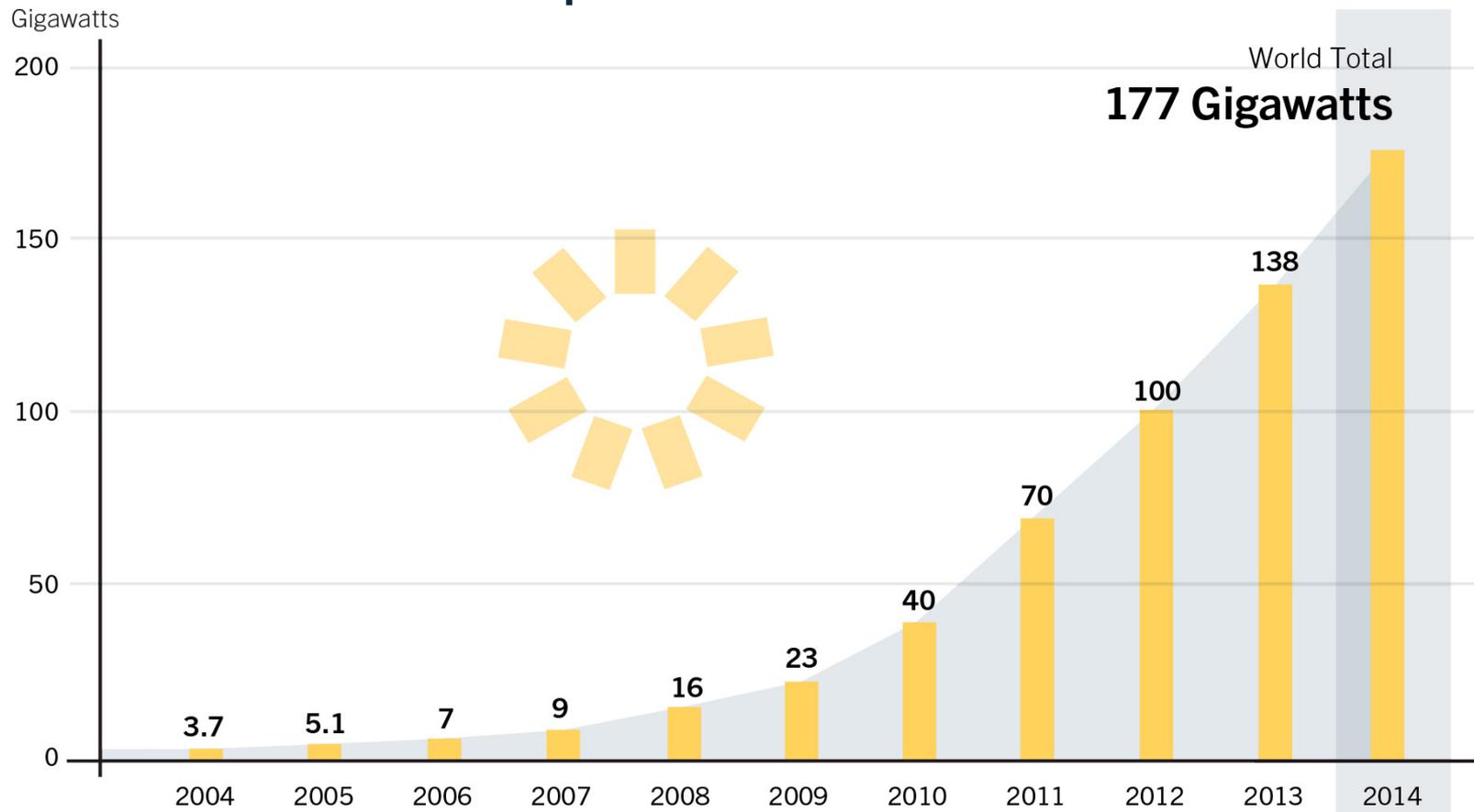


Fonte: REN21 Renewable 2015 Energy Report

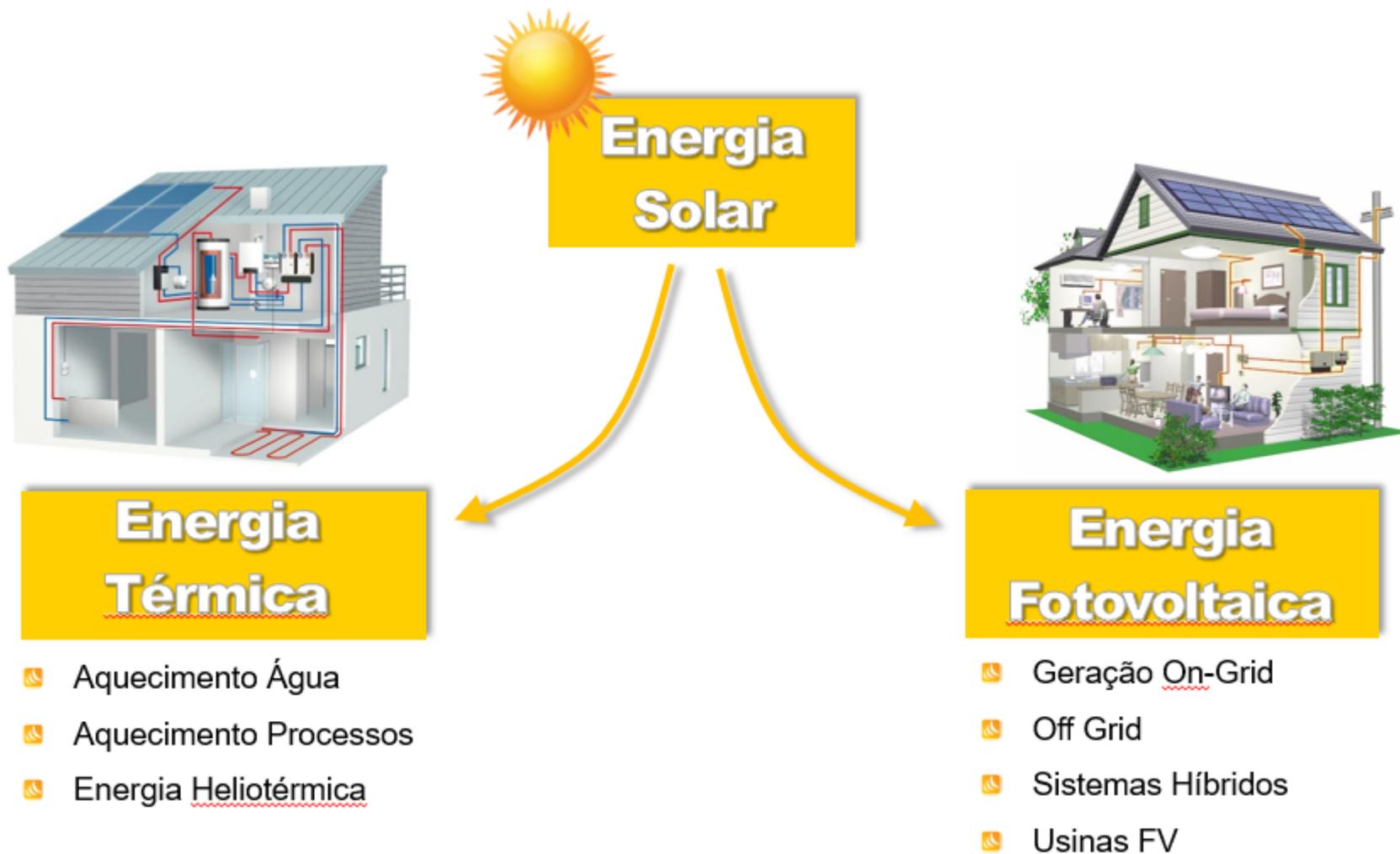
## 2.2 - Desenvolvimento das Energias Renováveis

- **Energia Solar**

### Capacidade Instalada



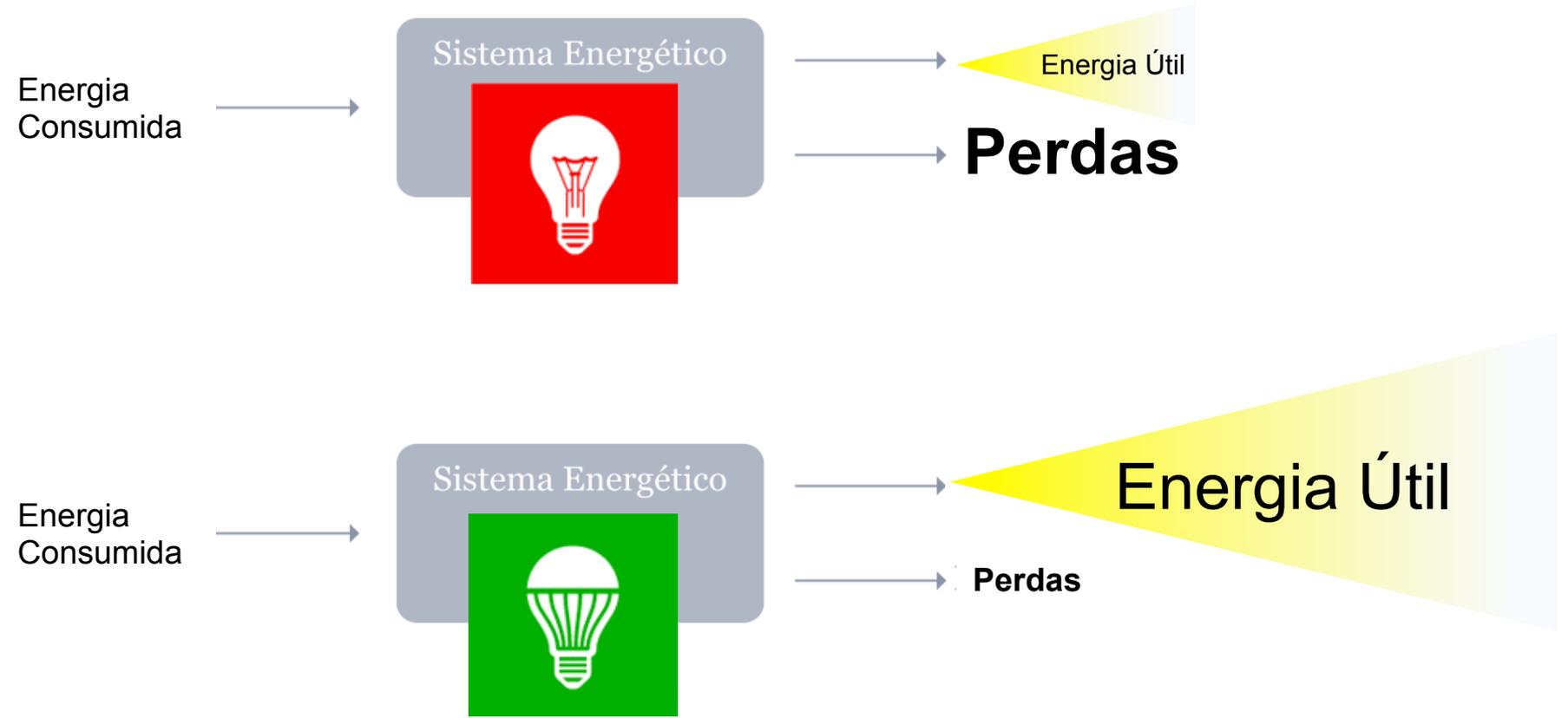
## 2.3 – O que é Energia Solar?



# 3 . REVISÃO CONCEITUAL

- ☛ 3.1 - Eficiência Energética
- ☛ 3.2 - Grandezas Elétricas
- ☛ 3.3 - Relações Elétricas
- ☛ 3.4 - Corrente Contínua X Corrente Alternada (CC/CA)
- ☛ 3.5 - kW e kWh, entendendo a diferença

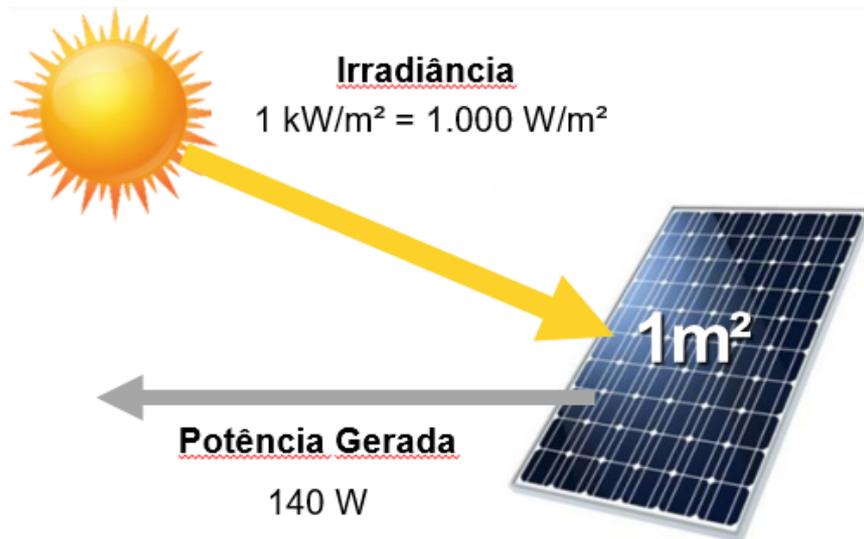
### 3.1 – Eficiência Energética



Fonte: PEE ANEEL, 2012

## 3.1 – Eficiência Energética

A eficiência de um sistema fotovoltaico pode ser mensurada quantitativamente por:



*Eficiência (%) = Potência Útil / Potência Total*

### Exemplo:

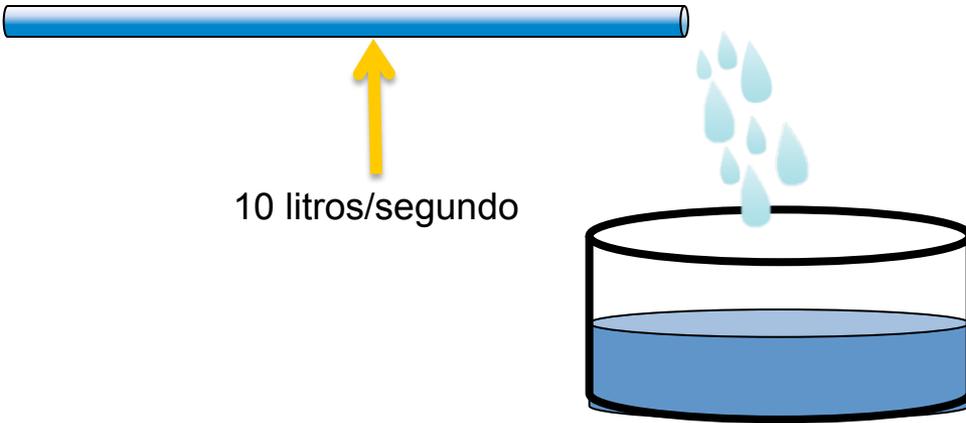
- ☑ A **Irradiância Solar** em um determinado momento é de **1.000  $W/m^2$** .
- ☑ A **Potência Elétrica** gerada por este módulo de **1  $m^2$**  é de **140W**.

Então:

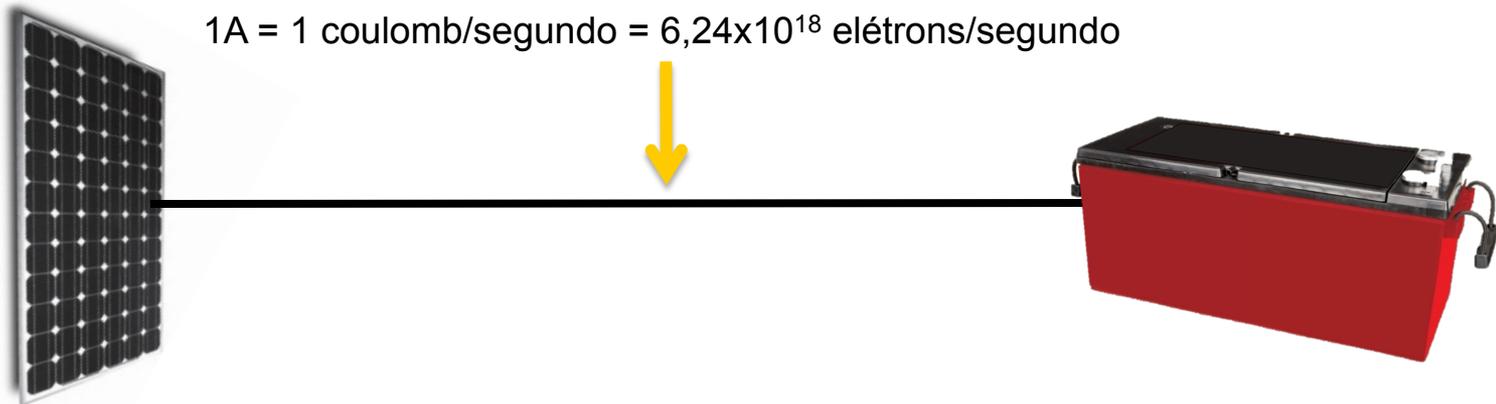
$$\begin{aligned} \text{Eficiência (\%)} &= 140 / 1.000 \\ &= 14\% \end{aligned}$$

## 3.2 - Grandezas Elétricas

- **Corrente**

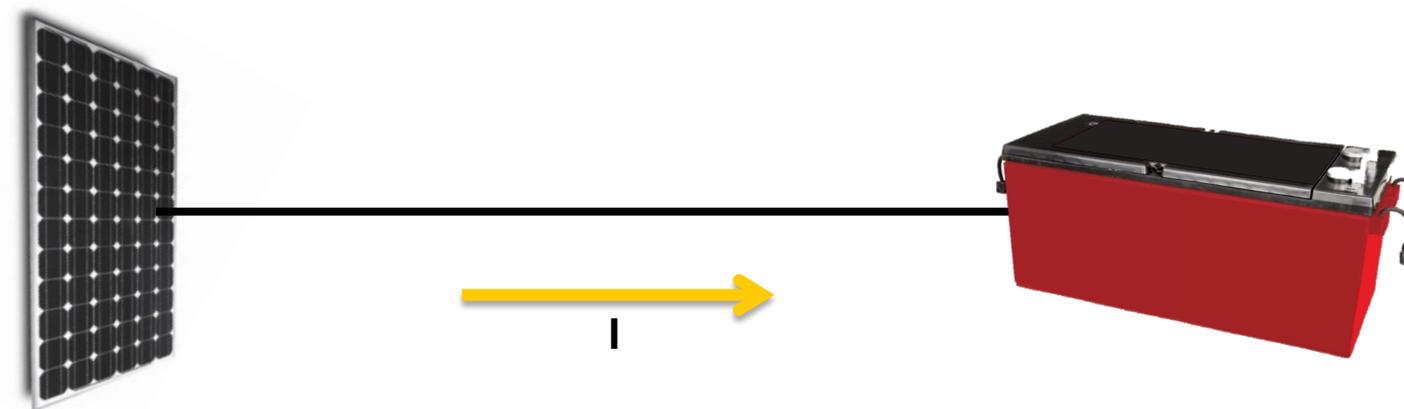
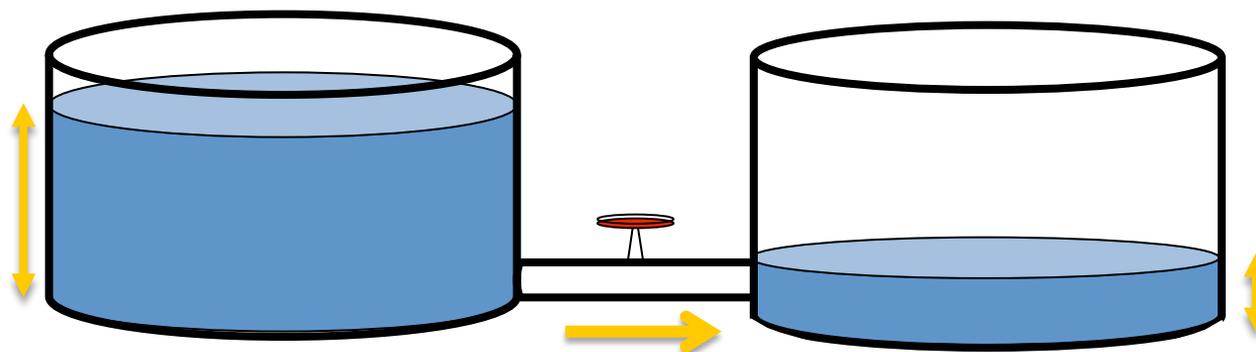


- ☑ Taxa de fluxo de cargas elétricas
- ☑ Corrente é medida em Amperes [A] e é expressa pela letra “I”.



## 3.2 - Grandezas Elétricas

- Tensão



**16V**

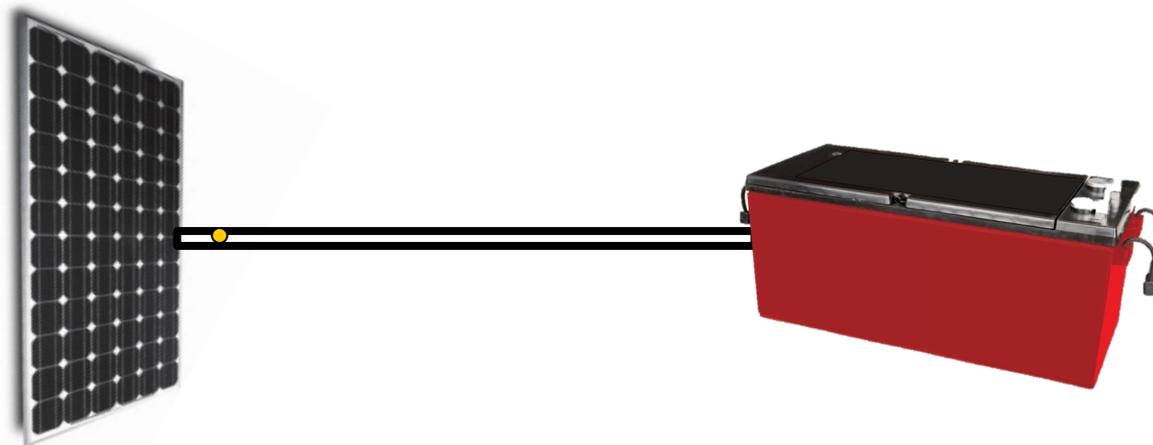
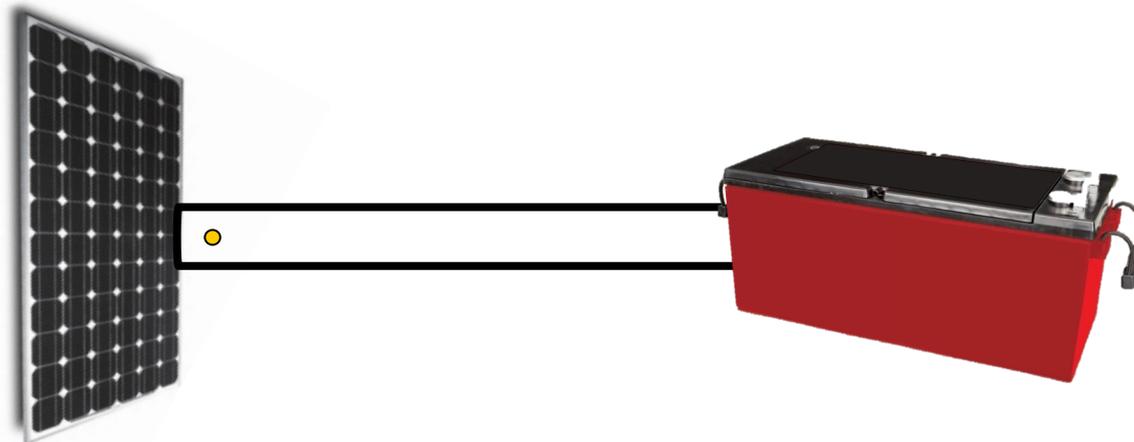
Tensão é medida em Volt [V] e é expressa pela letra "V".

**12V**

## 3.2 - Grandezas Elétricas

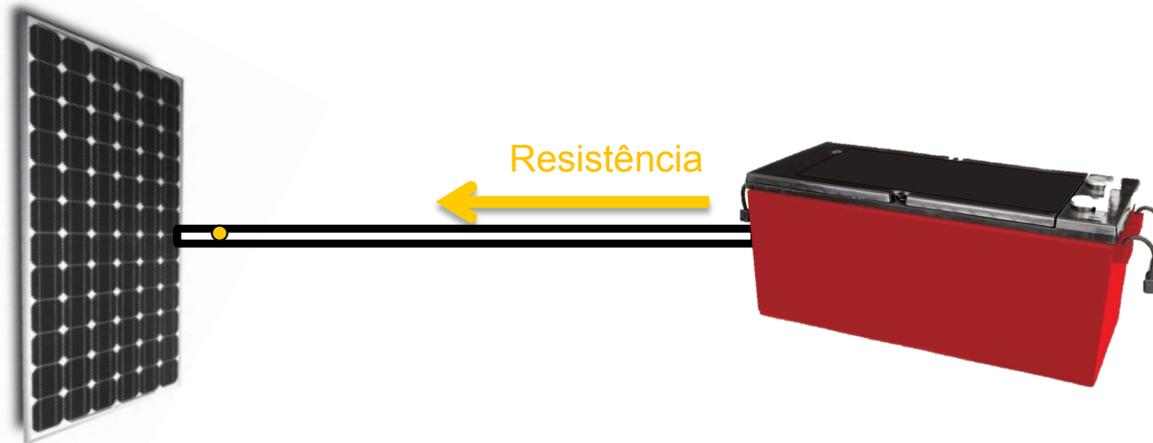
- **Resistência**

☞ Resistência é medida em Ohms [ $\Omega$ ] e é expressa pela letra “R”.



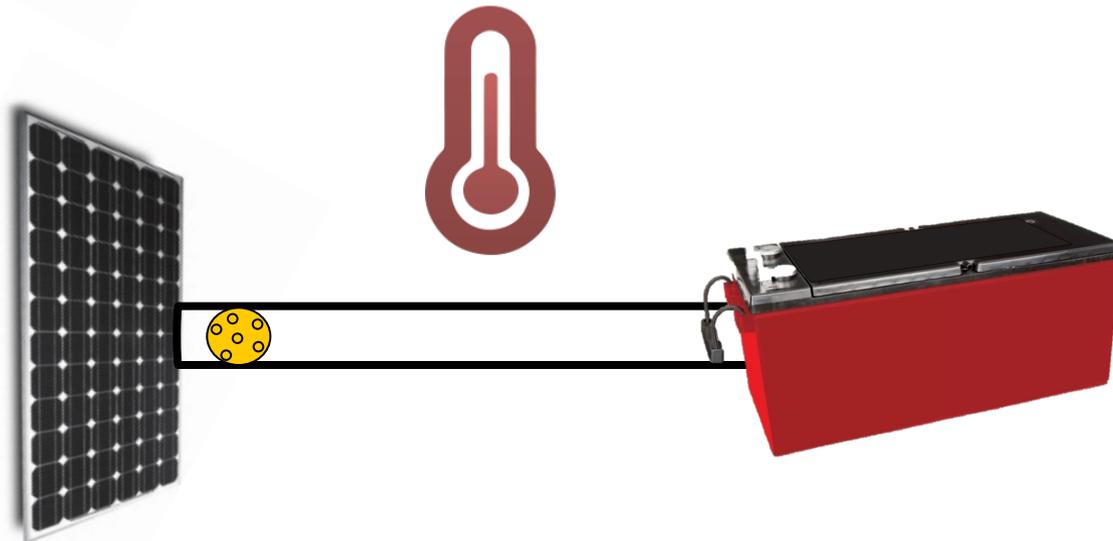
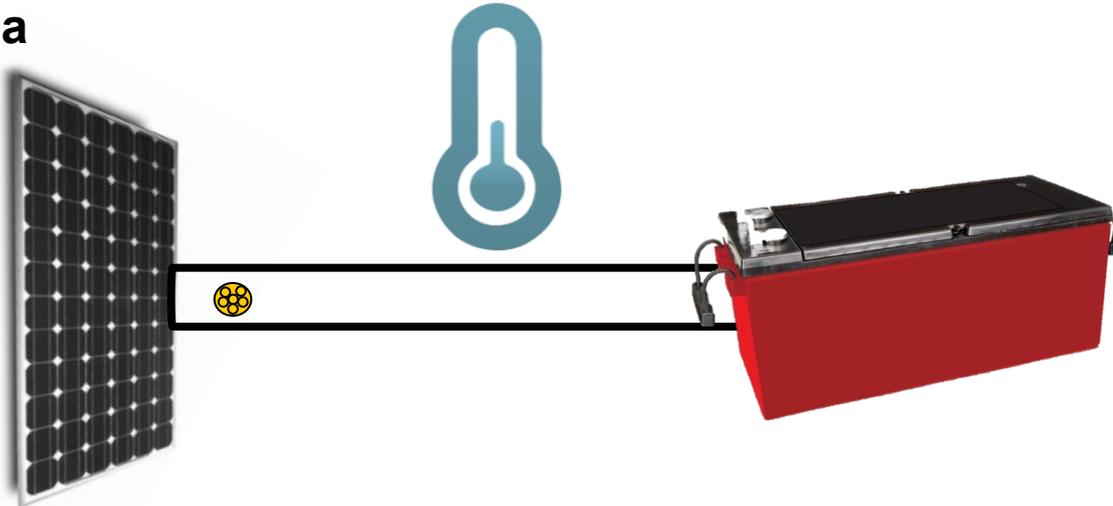
## 3.2 - Grandezas Elétricas

- **Resistência**



## 3.2 - Grandezas Elétricas

- **Resistência**



## 3.2 - Grandezas Elétricas

- **Ordem de Grandeza**

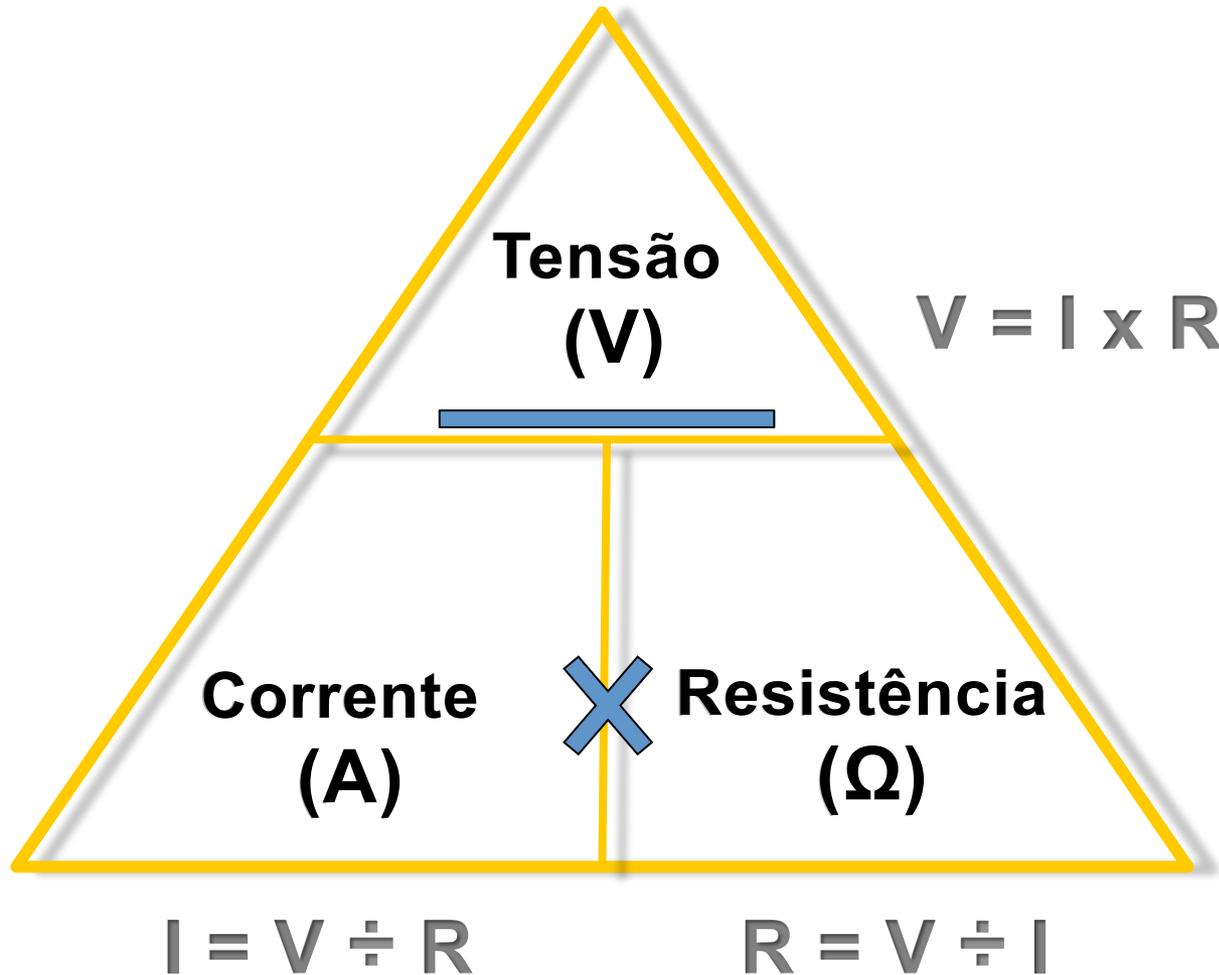
POTÊNCIA (WATTS)	POTÊNCIA (KILOWATTS)	POTÊNCIA (MEGAWATTS)	POTÊNCIA (GIGAWATTS)
1,00	0,001	0,000001	0,000000001
1.000,00	1	0,001	0,000001
1.000.000,00	1000	1	0,001
1.000.000.000,00	1.000.000,00	1.000,00	1

 Lâmpada LED 10W	 Chuveiro Elétrico 6kW	 Termoelétrica Média 500MW	 Usina de Itaipú 14GW
--	---	--	---

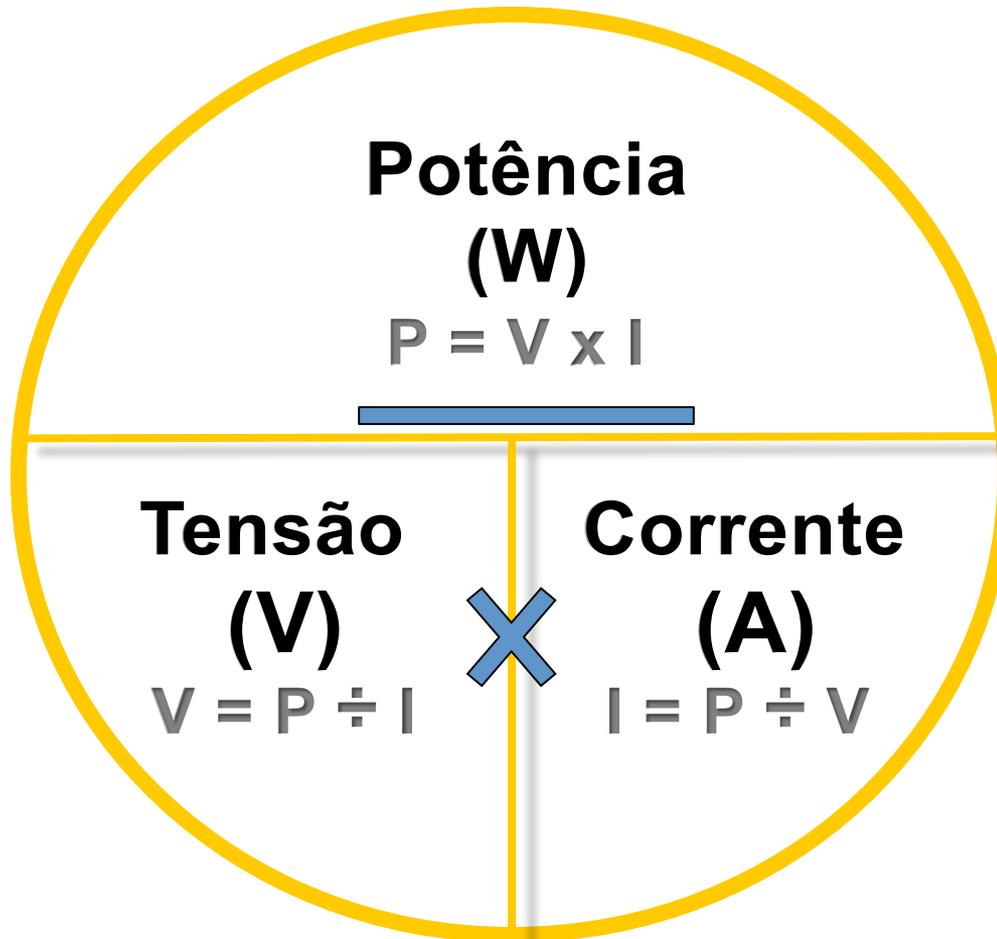
## 3.3 - Relações Elétricas

- Tensão, Corrente e Resistência

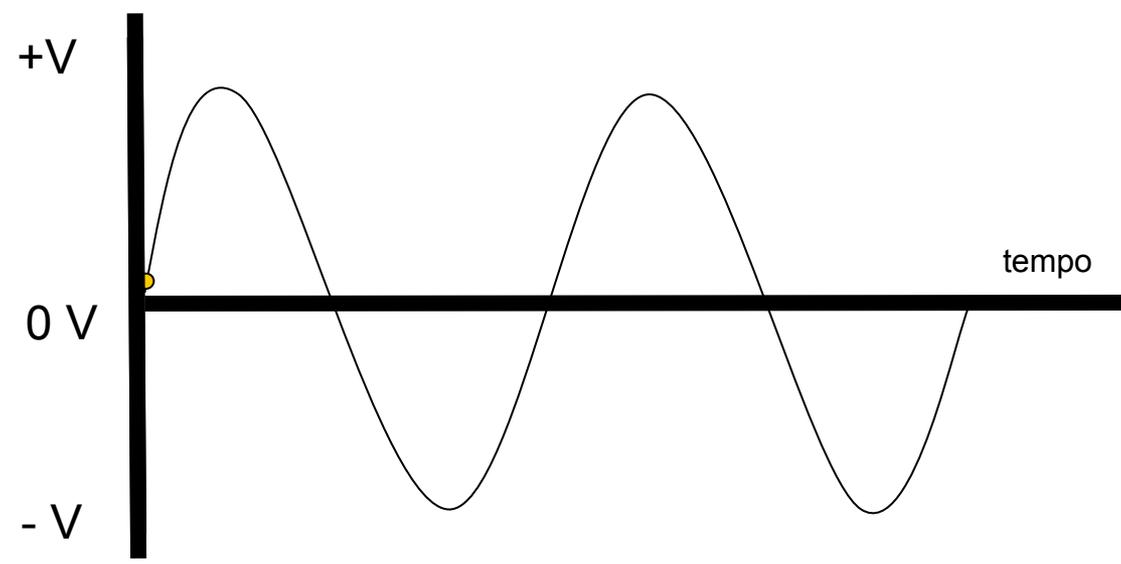


## 3.3 - Relações Elétricas

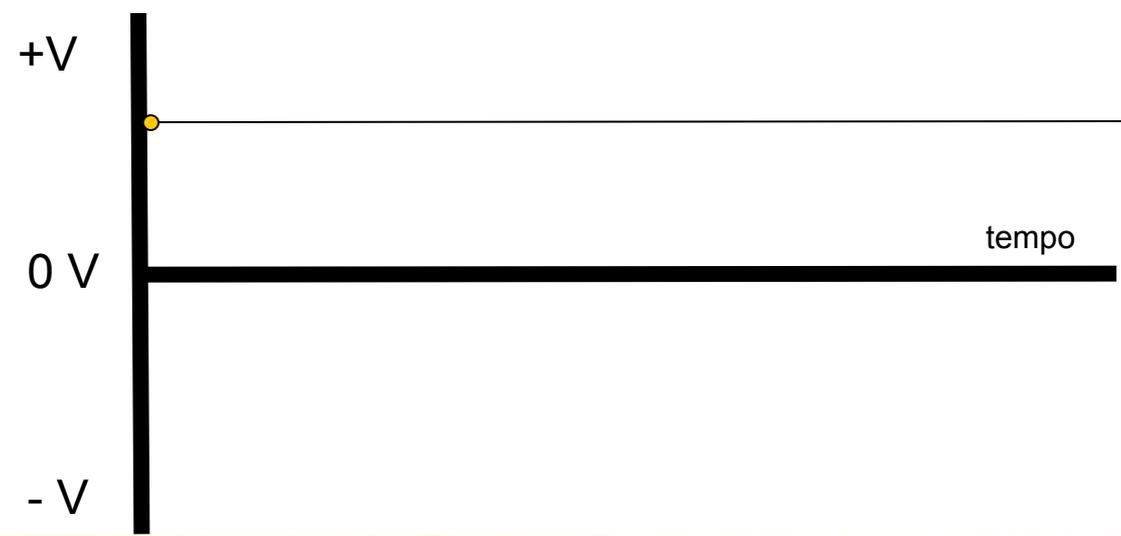
- **Potência, Tensão e Corrente**



### 3.4 - Corrente Contínua X Corrente Alternada (CC/CA)

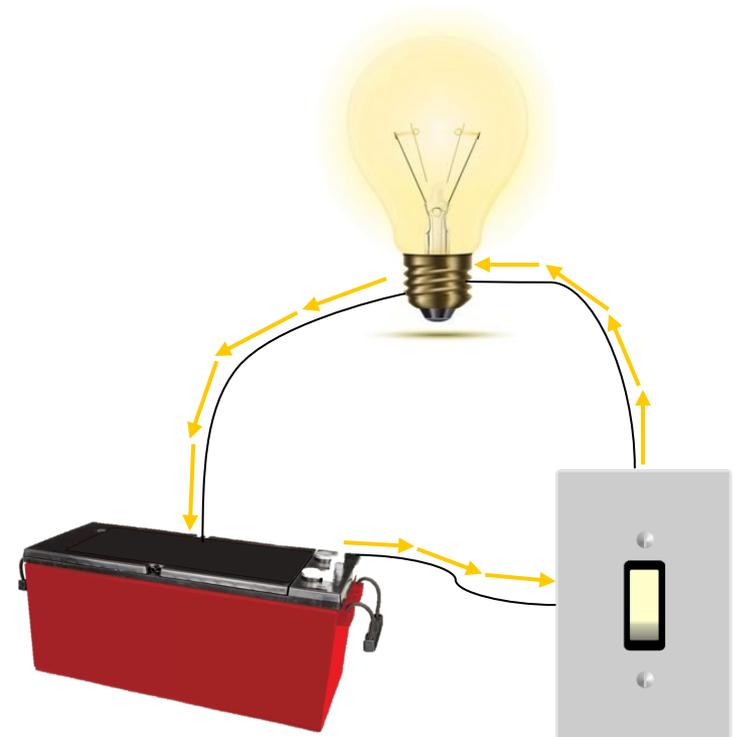
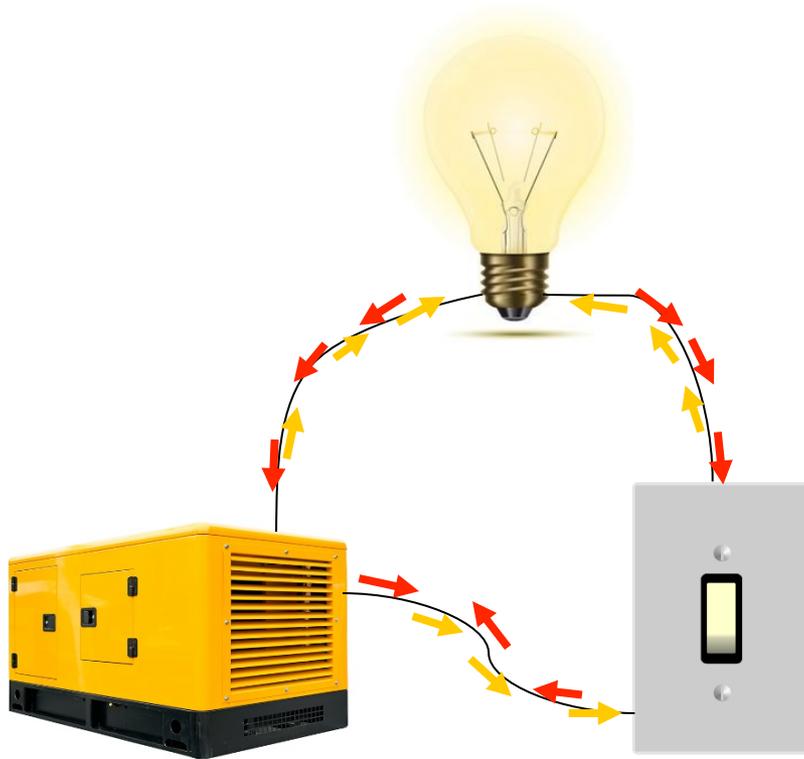


Geradores de Energia  
Rede Elétrica



Equipamentos Eletrônicos  
Baterias

## 3.4 - Corrente Contínua X Corrente Alternada (CC/CA)



## 3.5 - kW e kWh, entendendo a diferença

### - Potência - Watts (W)

- ☑ Em sistemas elétricos, a Potência (P) é o produto da Tensão (V) e a Corrente (A):

$$P (W) = V \times I$$

### - Energia – Watts Hora (Wh)

- ☑ Já a Energia (E) é o produto da Potência (W) e o Tempo (h):

$$E (Wh) = Potência \times Tempo$$

## 3.5 - kW e kWh, entendendo a diferença

Potência: Ideia de grandeza

$$1\text{GW} = 1.000\text{MW} = 1.000.000\text{kW} = 1.000.000.000\text{W}$$

Energia (Wh) = Potência (W) x Tempo (h)

$$1\text{GWh} = 1.000\text{MWh} = 1.000.000\text{kWh} = 1.000.000.000\text{Wh}$$



→ Potência = 15W ou 0,015kW.

**QUAL A ENERGIA CONSUMIDA?**

R: Depende do tempo de consumo.

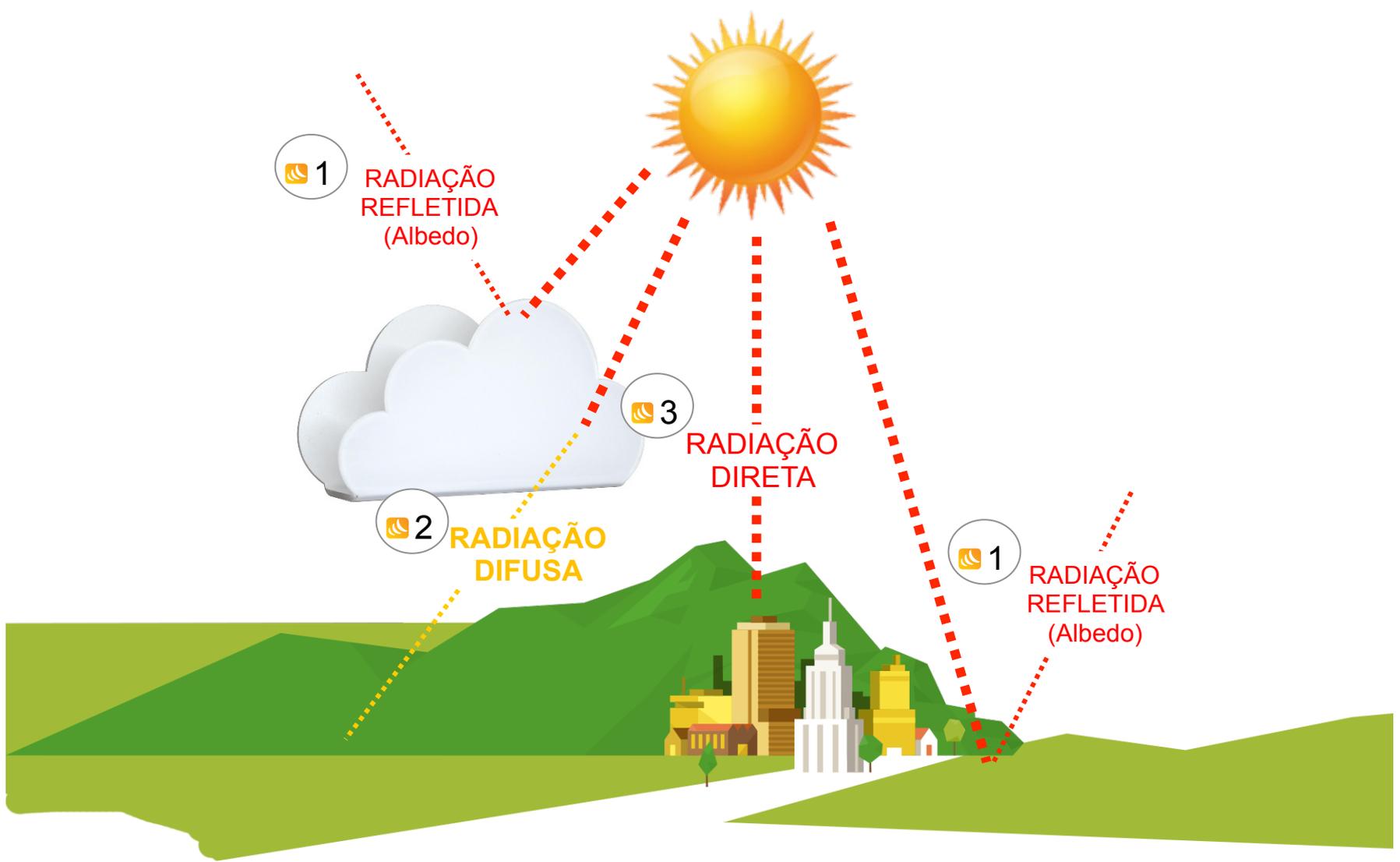
Em uma hora:  $15\text{W} \times 1\text{h} = 15\text{Wh}$

Em um dia:  $15\text{W} \times 24\text{h} = 360\text{Wh}$

# 4 . O RECURSO SOLAR

- ☞ 4.1 - Componentes da Radiação Solar
- ☞ 4.2 - Dados de Irradiação Solar no Brasil e no mundo
- ☞ 4.3 - Horas de Sol Pleno

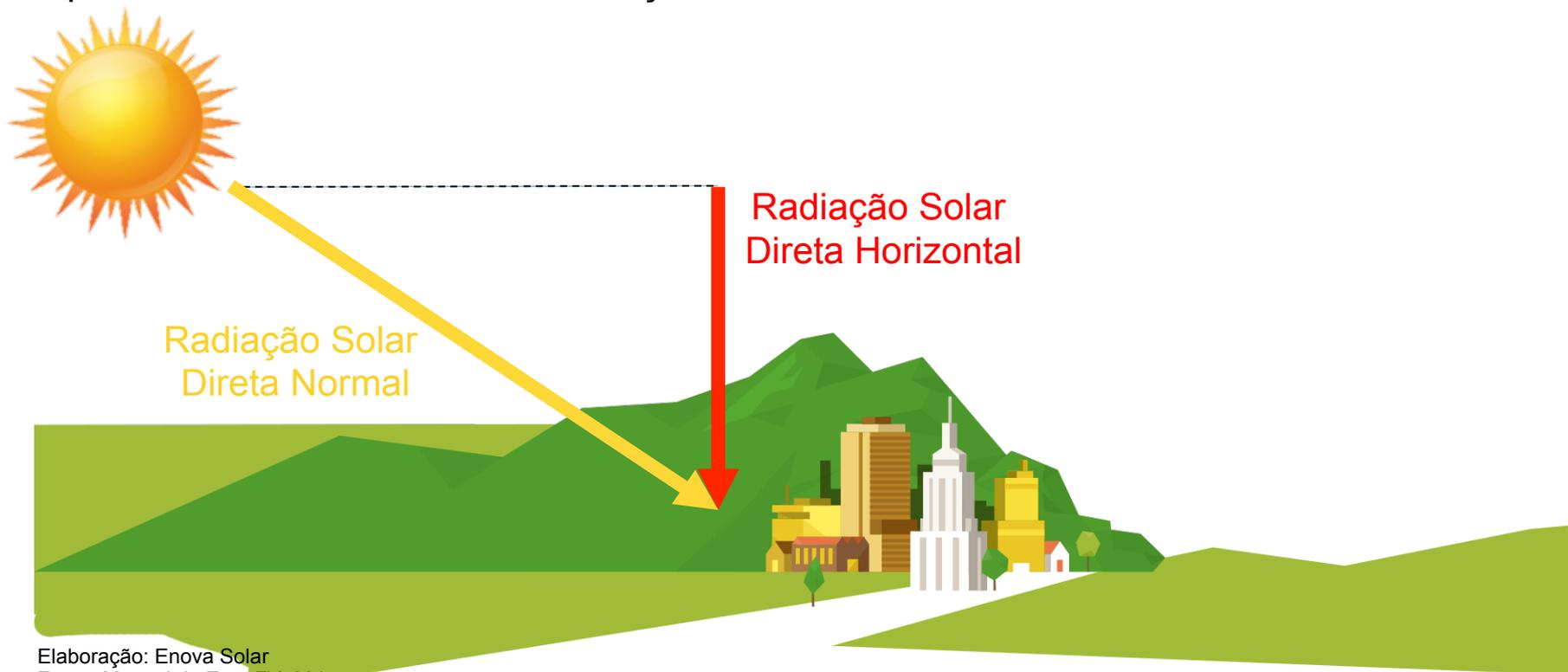
# 4.1 – Componentes da Radiação Solar



## 4.1 – Componentes da Radiação Solar

**Radiação Solar Direta Normal** – radiação direta total que chega à superfície terrestre. Definida como a radiação que chega a um plano posicionado de forma perpendicular aos raios solares.

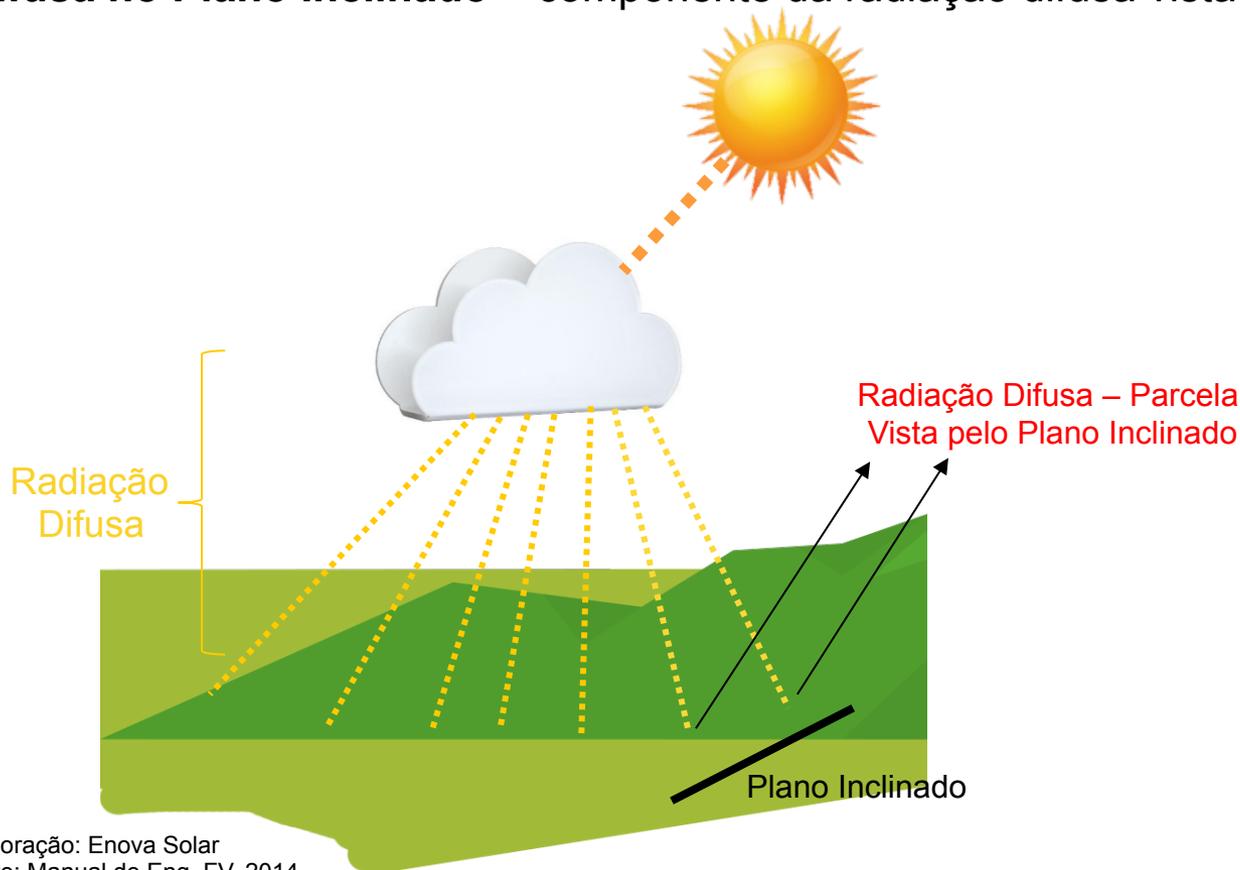
**Radiação Solar Direta Horizontal** – parcela da radiação direta que incide perpendicularmente à superfície horizontal do local de medição



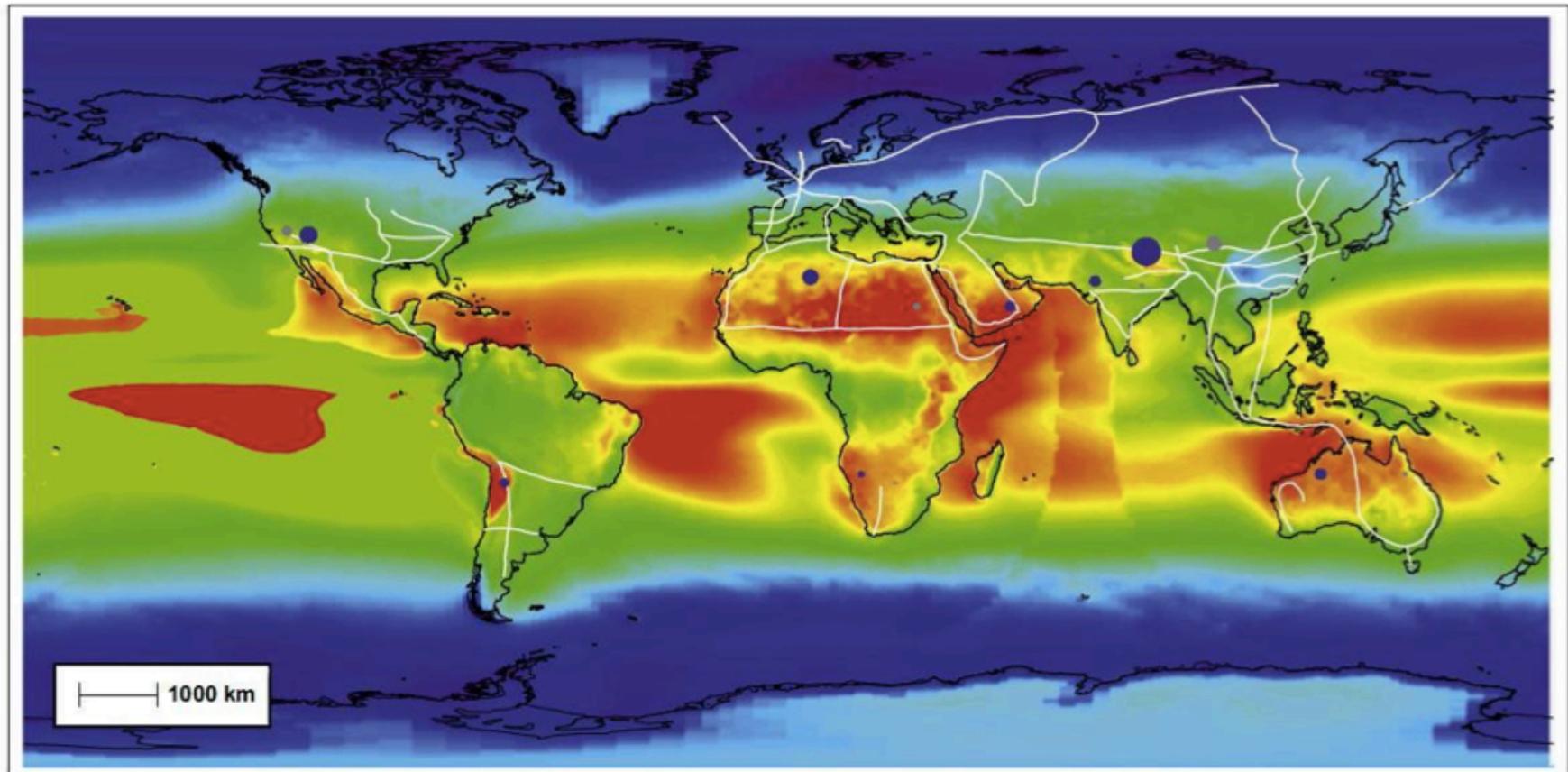
## 4.1 – Componentes da Radiação Solar

**Radiação Solar Difusa Horizontal** – radiação difusa presente na superfície terrestre.

**Radiação Solar Difusa no Plano Inclinado** – componente da radiação difusa vista pelo plano inclinado.

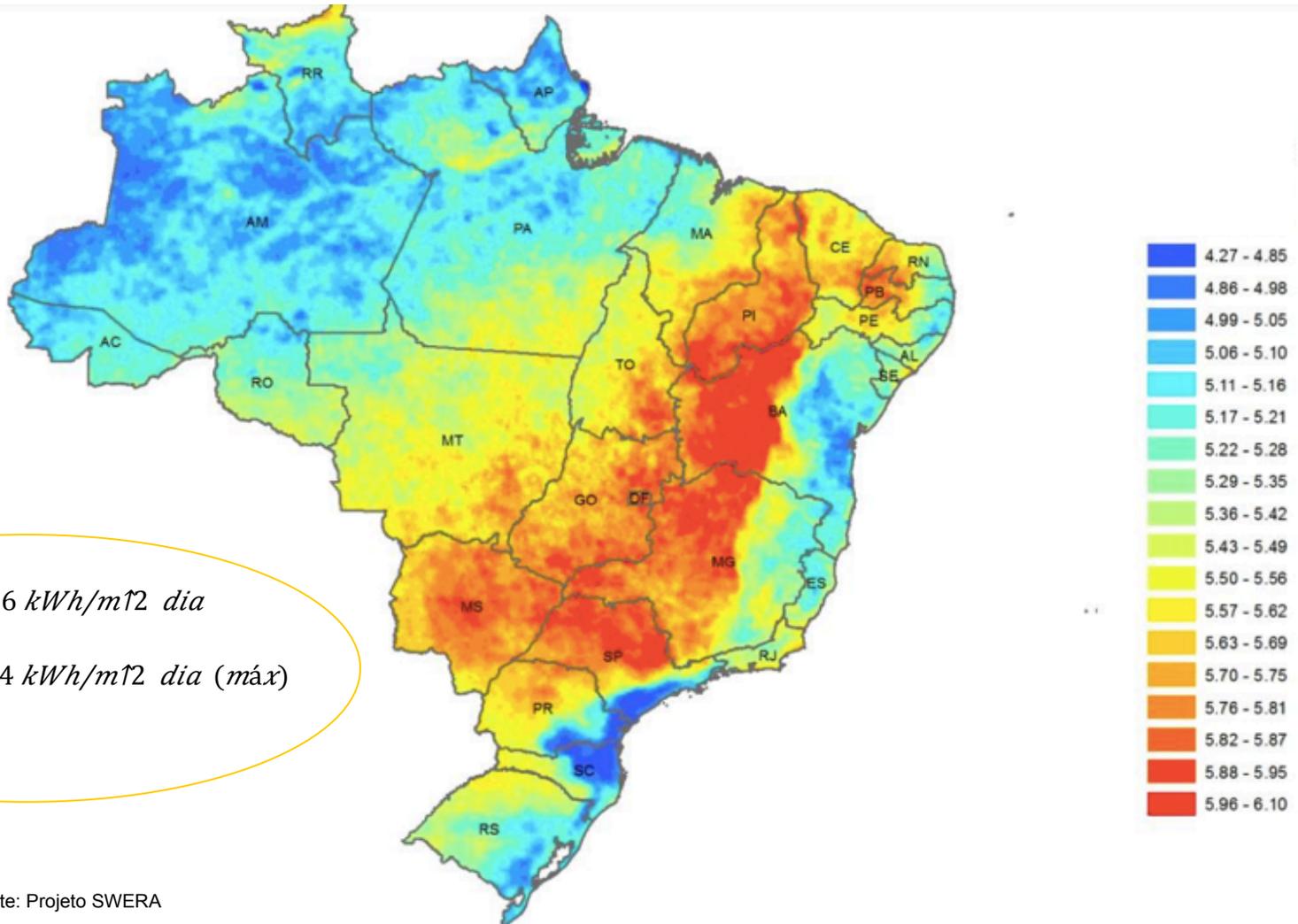


## 4.2 – Dados da Irradiação Solar no Brasil e no mundo



Irradiação Média Anual em Plano Horizontal ( kWh/m2.dia)

## 4.2 – Dados da Irradiação Solar no Brasil e no mundo



Brasil: 4 a 6 kWh/m<sup>2</sup>/dia

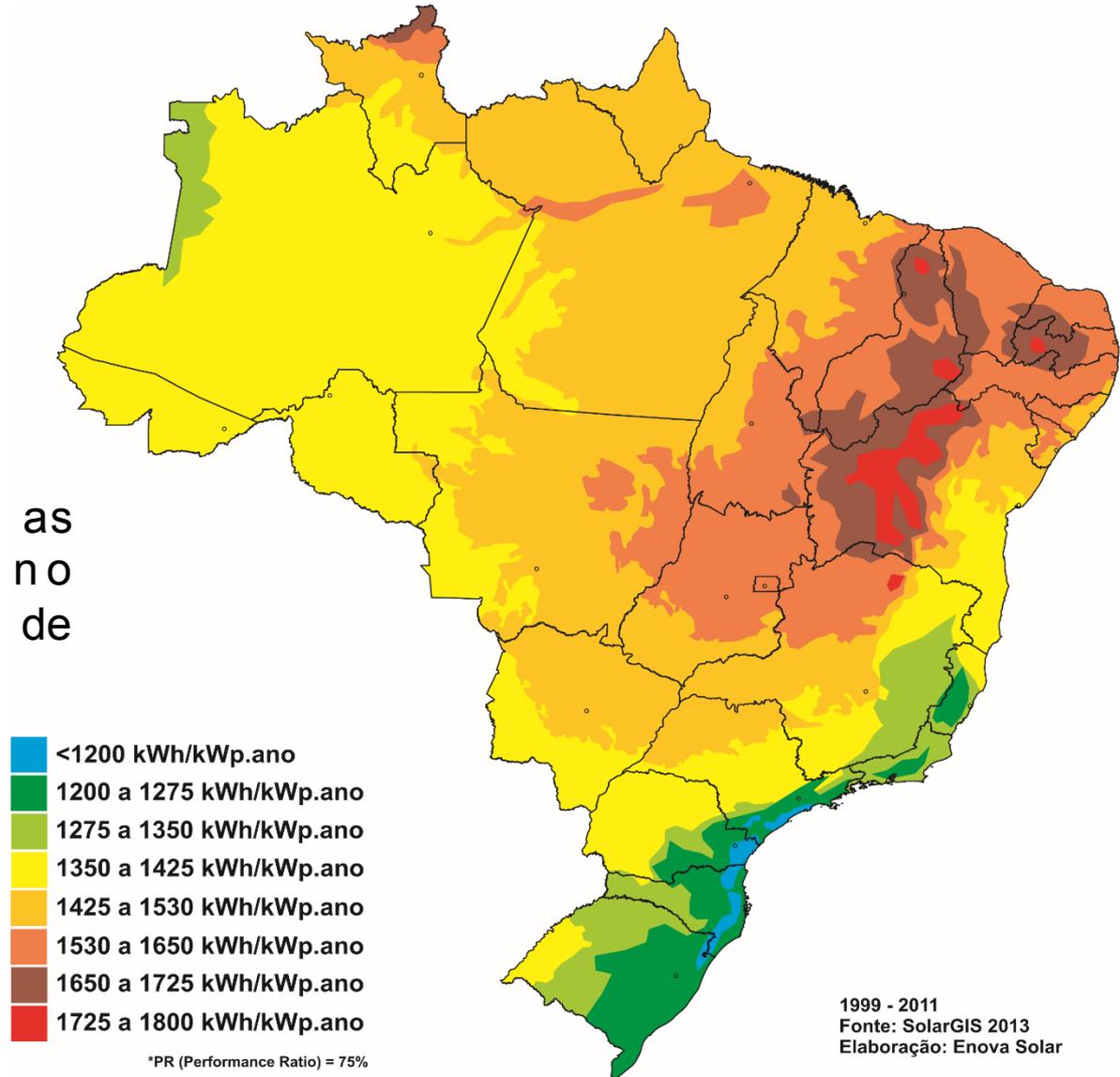
Alemanha: 3,4 kWh/m<sup>2</sup>/dia (máx)

Fonte: Projeto SWERA

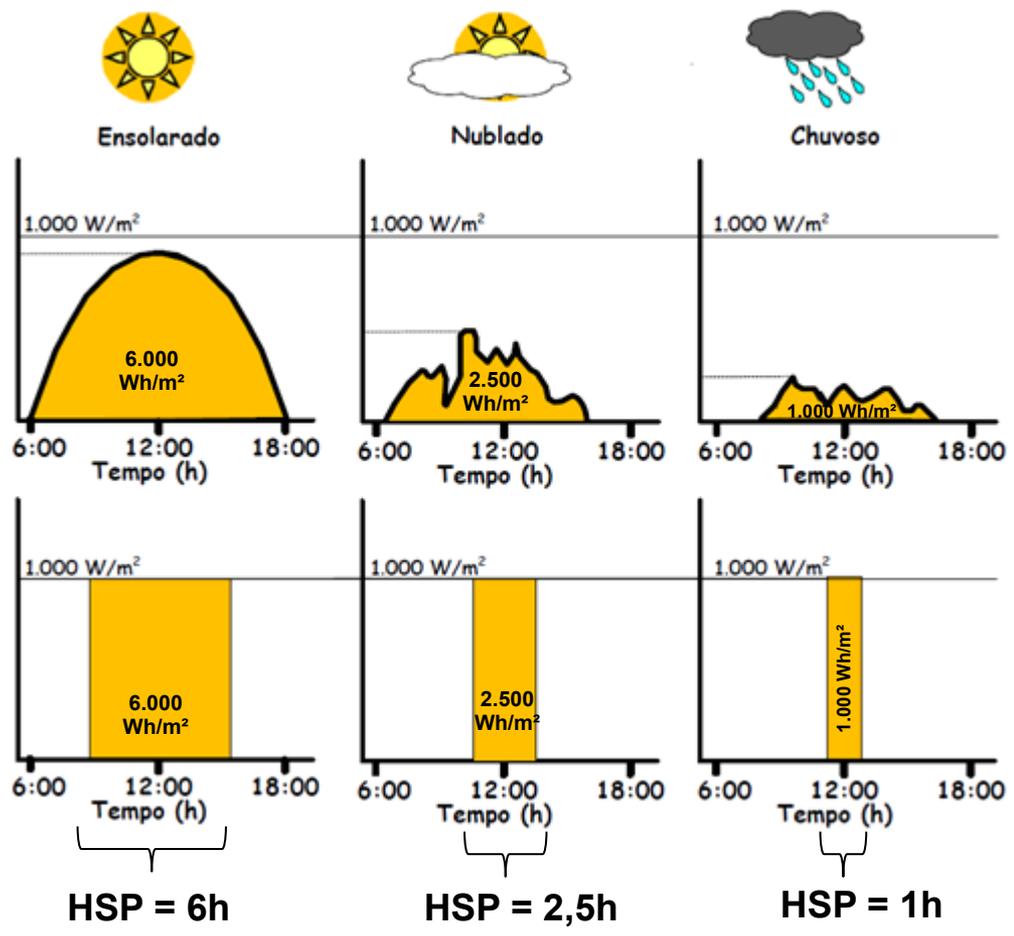
## 4.2 – Dados da Irradiação Solar no Brasil e no mundo

- **Produtividade**

☑ Índice que contempla as perdas adicionais no processo de conversão de energia



# 4.1 – Horas de Sol Pleno



Exemplos:

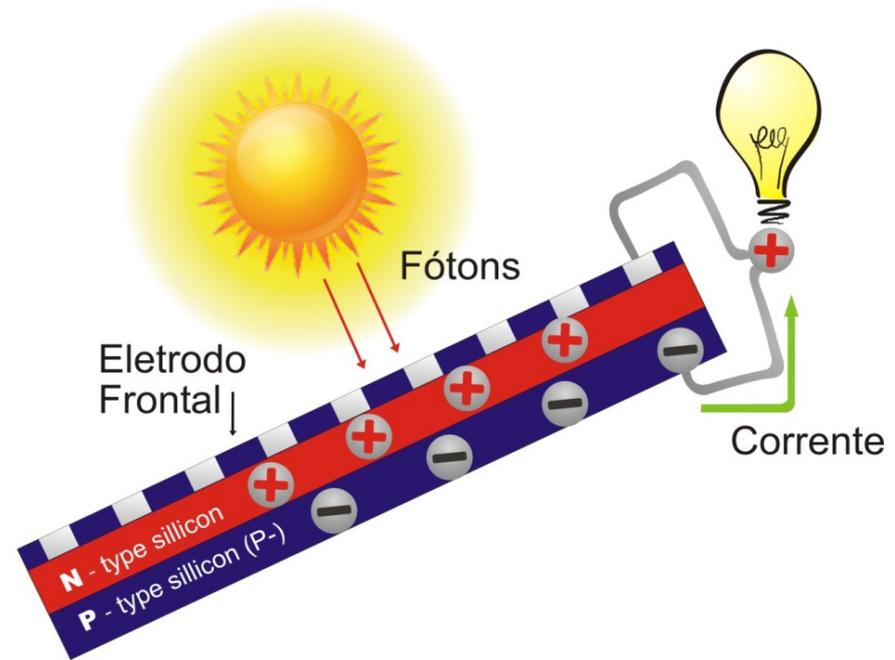
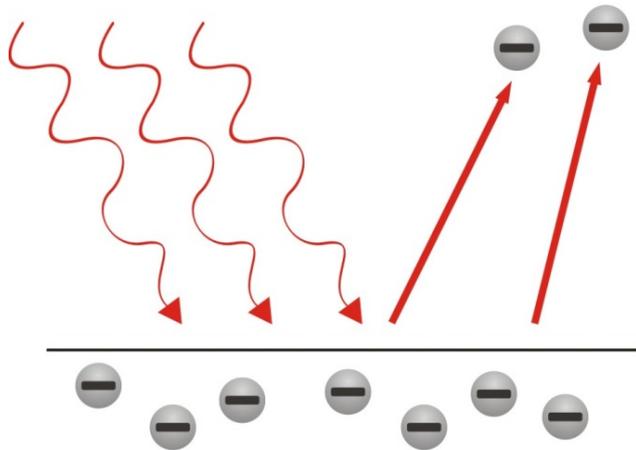
**2 Horas** com Irradiação de **1000 W/m<sup>2</sup>**  
**=**  
**2 Horas de Sol Pleno**

**4 Horas** com Irradiação de **250 W/m<sup>2</sup>**  
**=**  
**1 Hora de Sol Pleno**

# 5 . SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

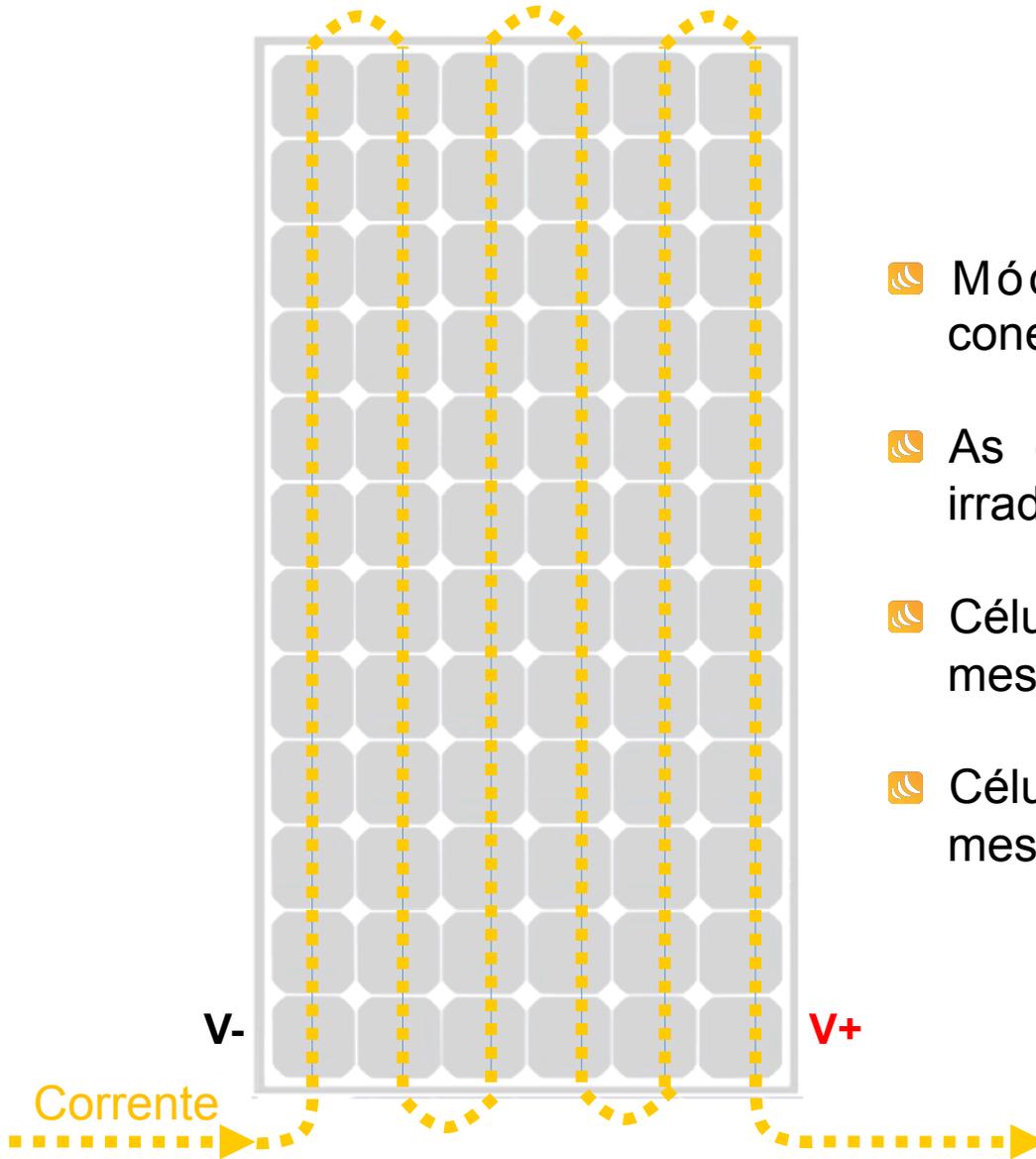
- ☞ 5.1 - Princípio Fotovoltaico
- ☞ 5.2 - Módulo Fotovoltaico
- ☞ 5.3 - Topologias de Sistemas Fotovoltaicos
- ☞ 5.4 - Tecnologias e Características
  - ☞ 5.4.1 - Módulos – Principais Tecnologias
  - ☞ 5.4.2 - Tecnologia x Eficiência

## 5.1 – Princípio Fotovoltaico



Fonte: PSR

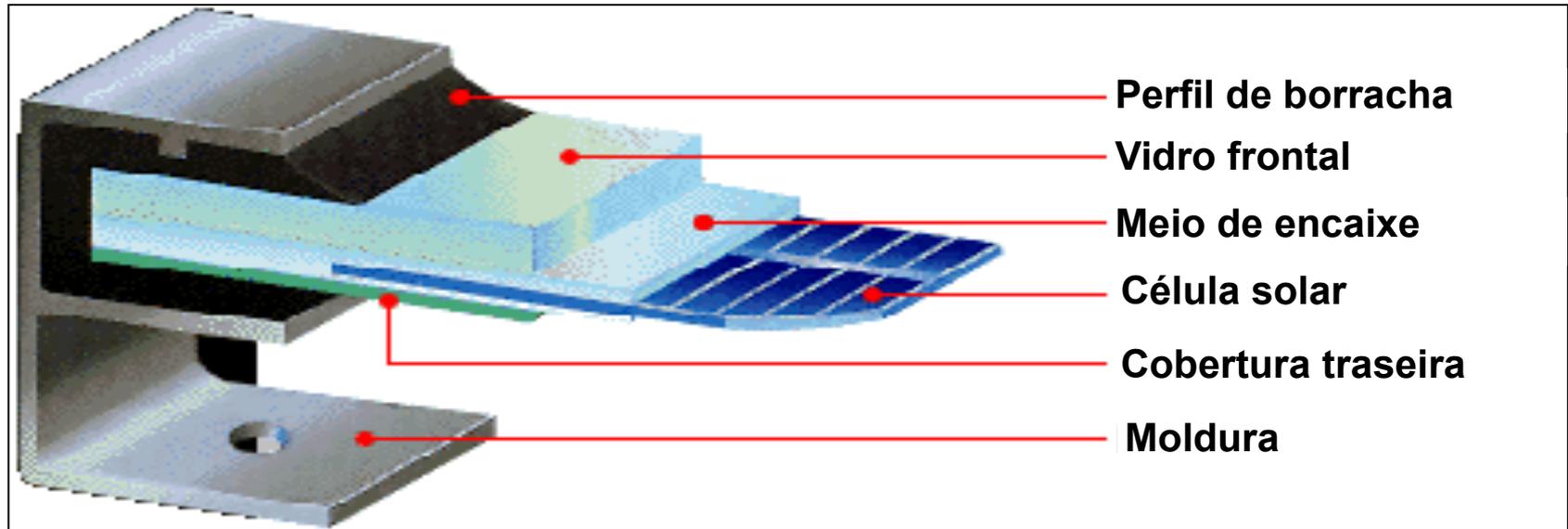
## 5.2 – Módulo Fotovoltaico



- ☑ Módulo composto por células conectadas em série;
- ☑ As células devem estar expostas à irradiação similares;
- ☑ Células em série devem produzir a mesma corrente;
- ☑ Células em paralelo devem produzir mesma tensão.

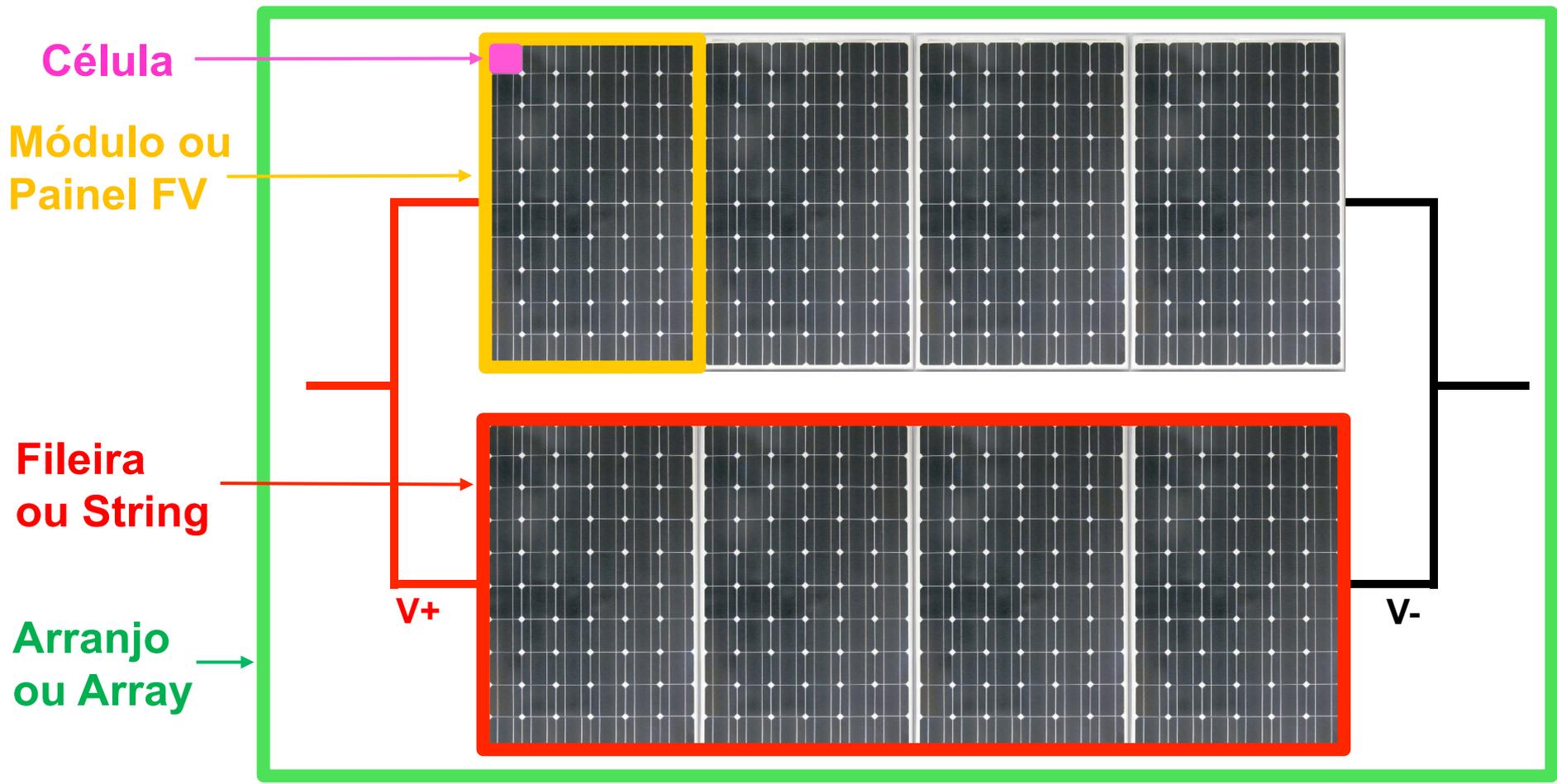
## 5.2 – Módulo Fotovoltaico

- **Estrutura física – Silício cristalino**



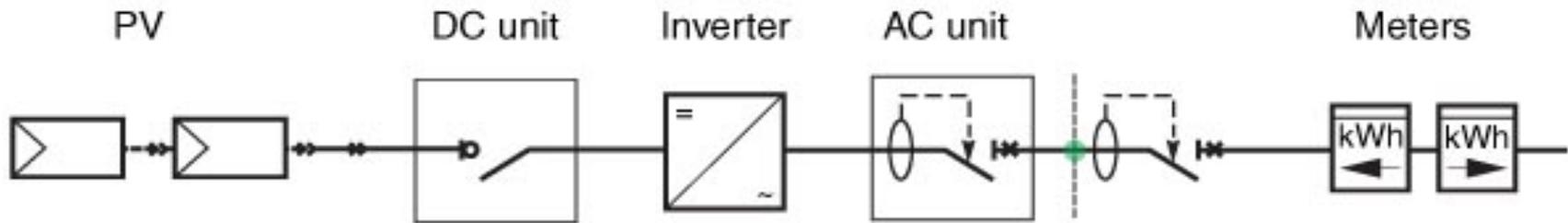
# 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

- **Estrutura**



## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

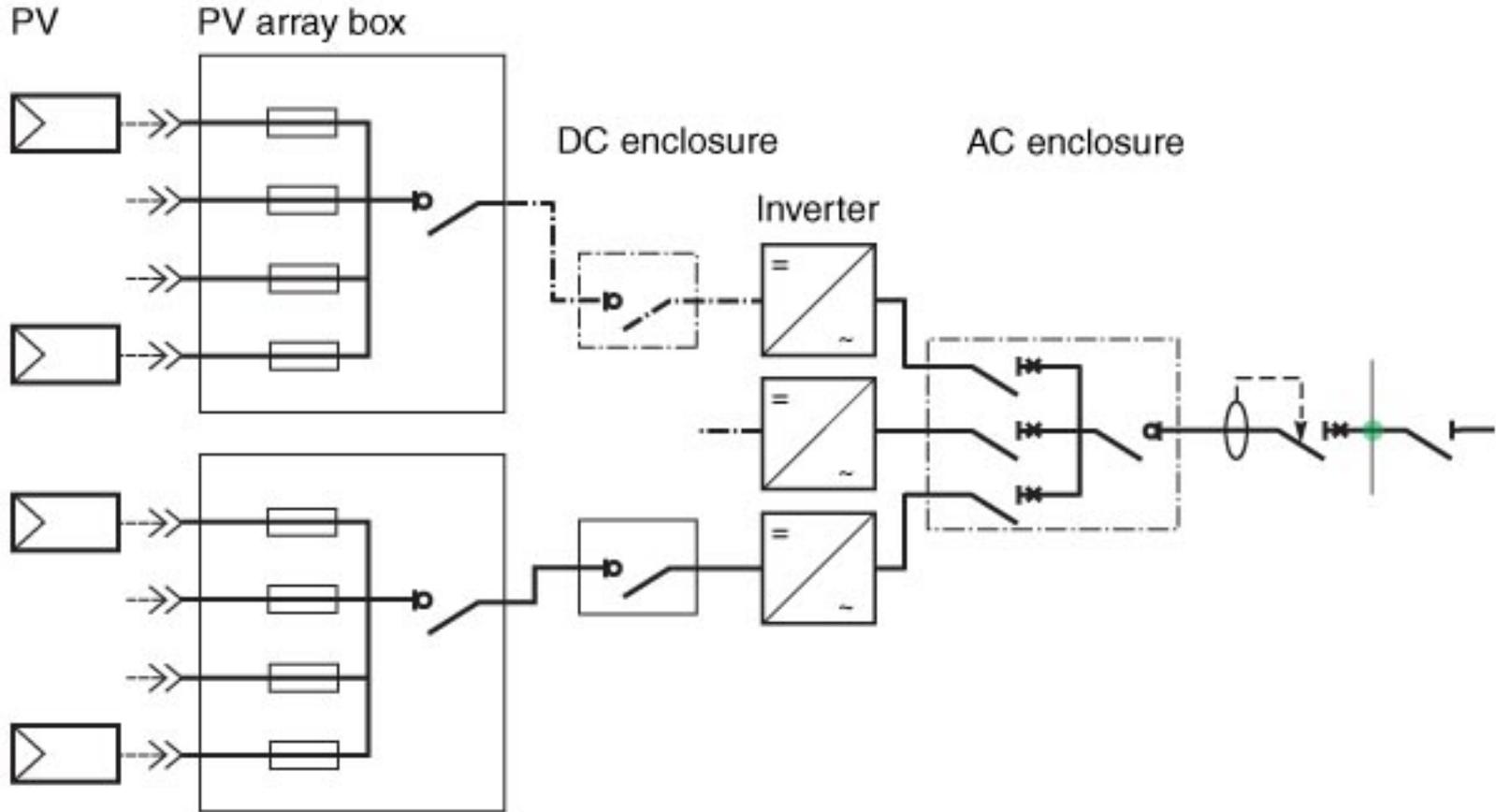
- **Arranjo com String Única**



- ☑ Módulos conectados em série em corrente contínua
- ☑ Níveis de tensão entre 200 e 500 V<sub>dc</sub>
- ☑ Isolamentos dos módulos pode ser feito por uma chave DC

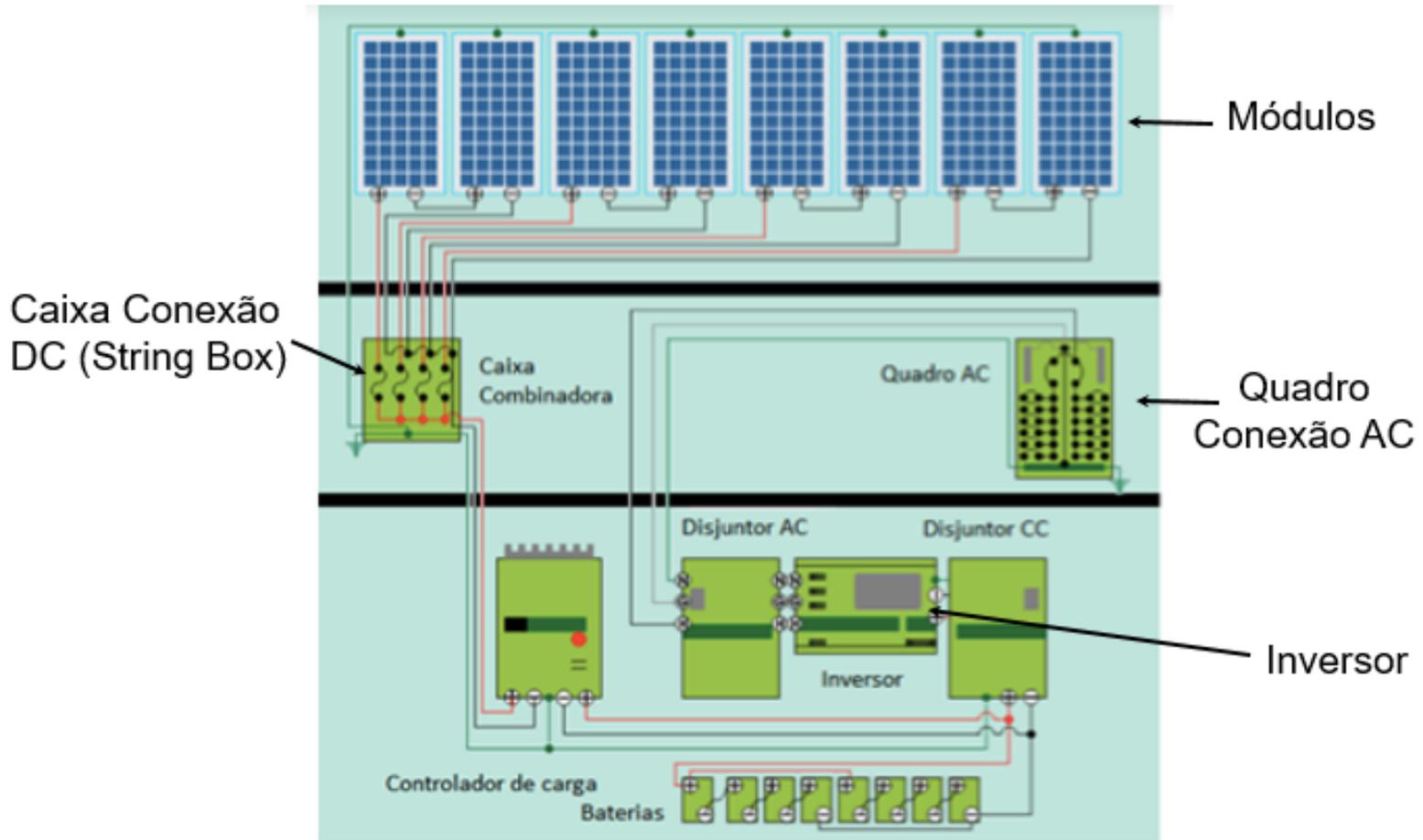
## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

- **PV Arrays**



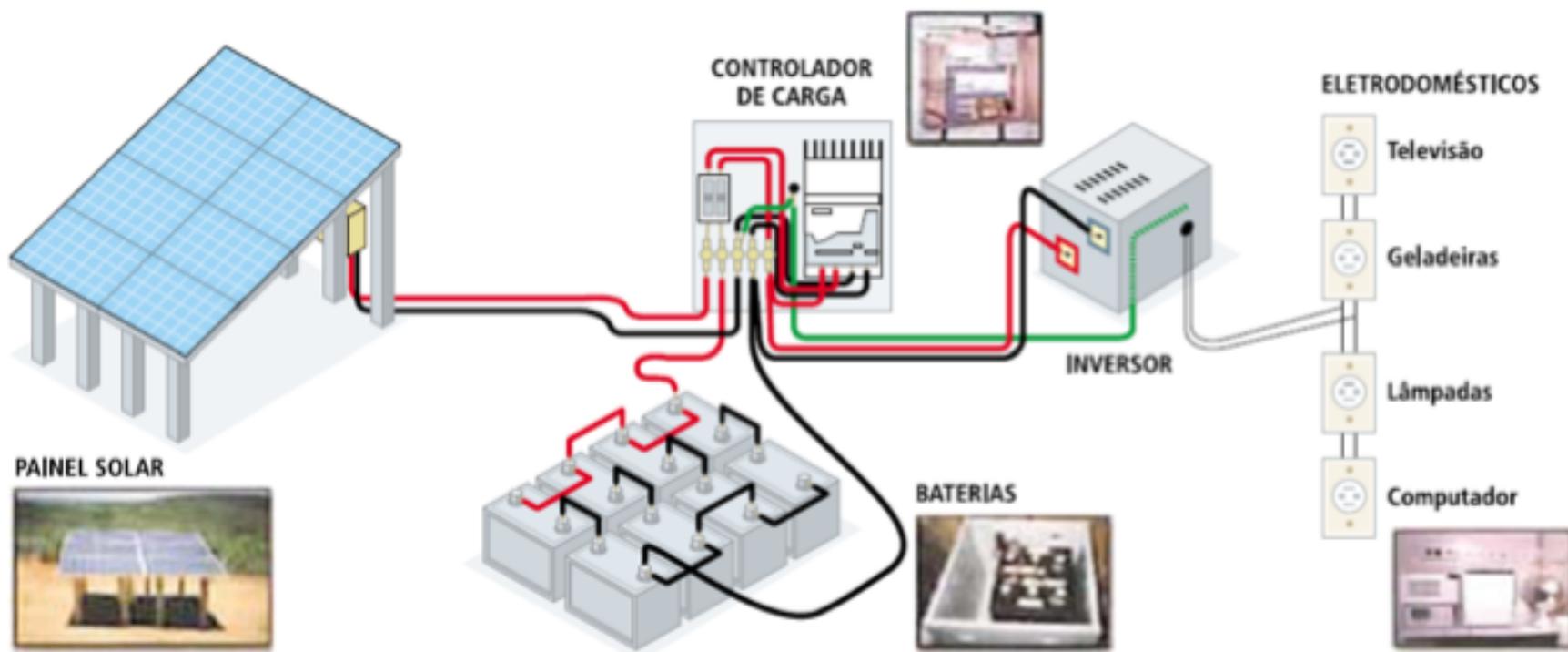
☑ Arranjos trifásicos de inversores

## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos



## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

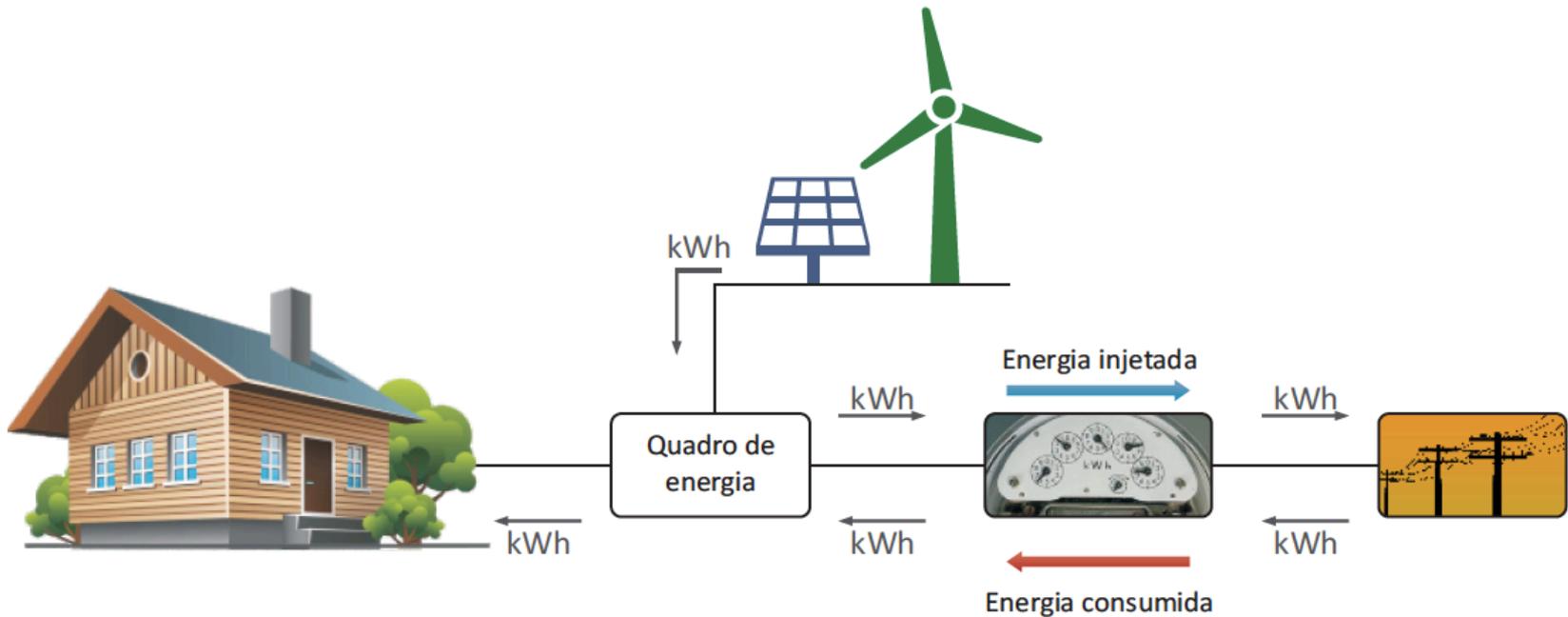
- **Sistemas Isolados – Off Grid**



- ☑ Aplicado em localidades remotas;
- ☑ Sistema de armazenamento de energia;
- ☑ Sistema de Backup, Gerador Diesel.

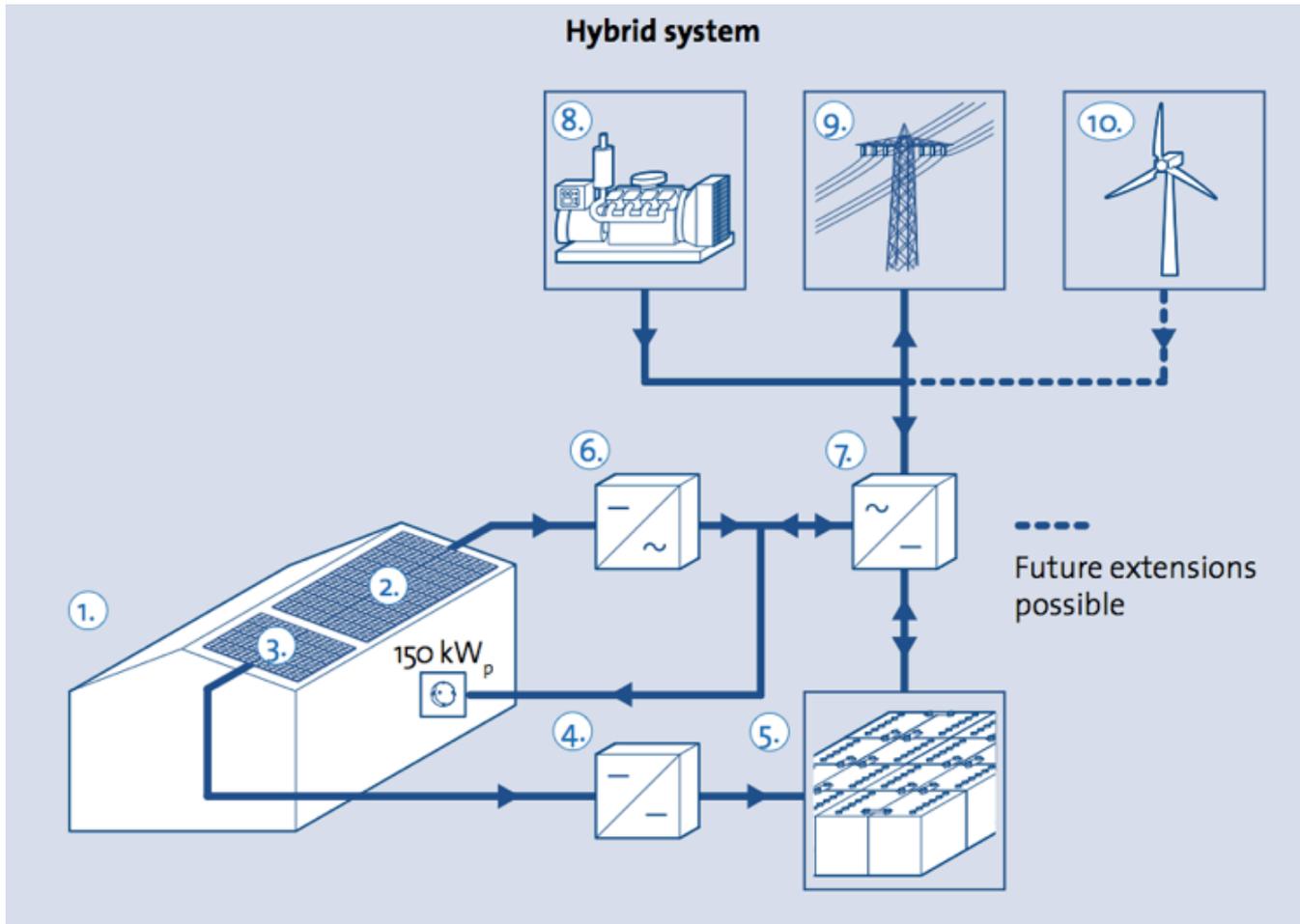
## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

- **Sistemas Interligados a Rede – On Grid**



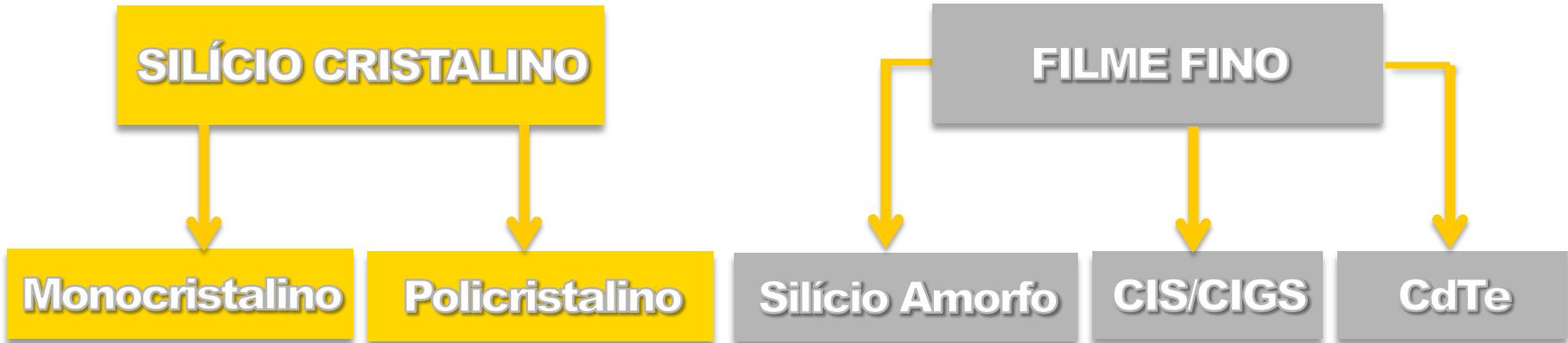
## 5.3 – Topologias de Sistemas Fotovoltaicos

- **Sistemas Híbridos**

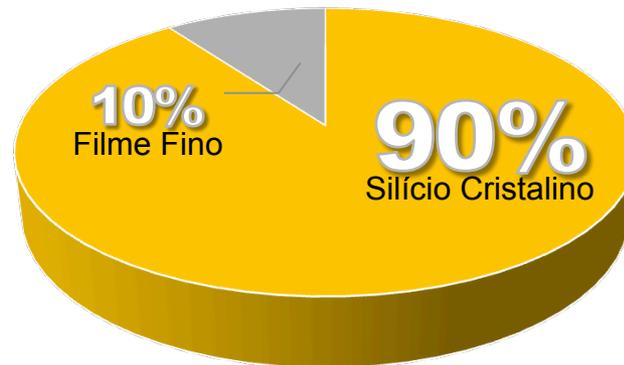


## 5.4 – Tecnologias e Características

- Principais tecnologias



Participação no Mercado Mundial



## 5.4 – Tecnologias e Características

- **Principais tecnologias**



Fonte: Portal Solar.

### Monocrystalino/ Policristalino

- ☞ Eficiência média: 14 – 21%
- ☞ Maior custo
- ☞ Maior vida útil
- ☞ Mono: coloração uniforme e células arredondadas
- ☞ Poli: Diferenciação de cor e células quadradas
- ☞ Maior coeficiente de temperatura (%/°C)
- ☞ Maior peso

## 5.4 – Tecnologias e Características

- **Principais tecnologias**



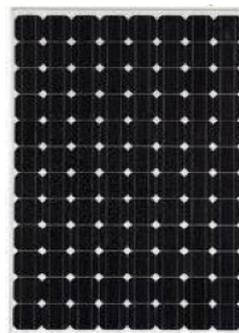
Fonte: Portal Solar.

### Filme Fino

- ☞ Eficiência média: 6 – 16%
- ☞ Menor custo
- ☞ Maior vida útil
- ☞ Coloração e aparência uniformes
- ☞ Podem ser flexíveis
- ☞ Menor coeficiente de temperatura (%/°C)
- ☞ Menor peso

## 5.4 – Tecnologias e Características

- Tecnologia x Eficiência**



Monocristalino



Policristalino



Filme Fino

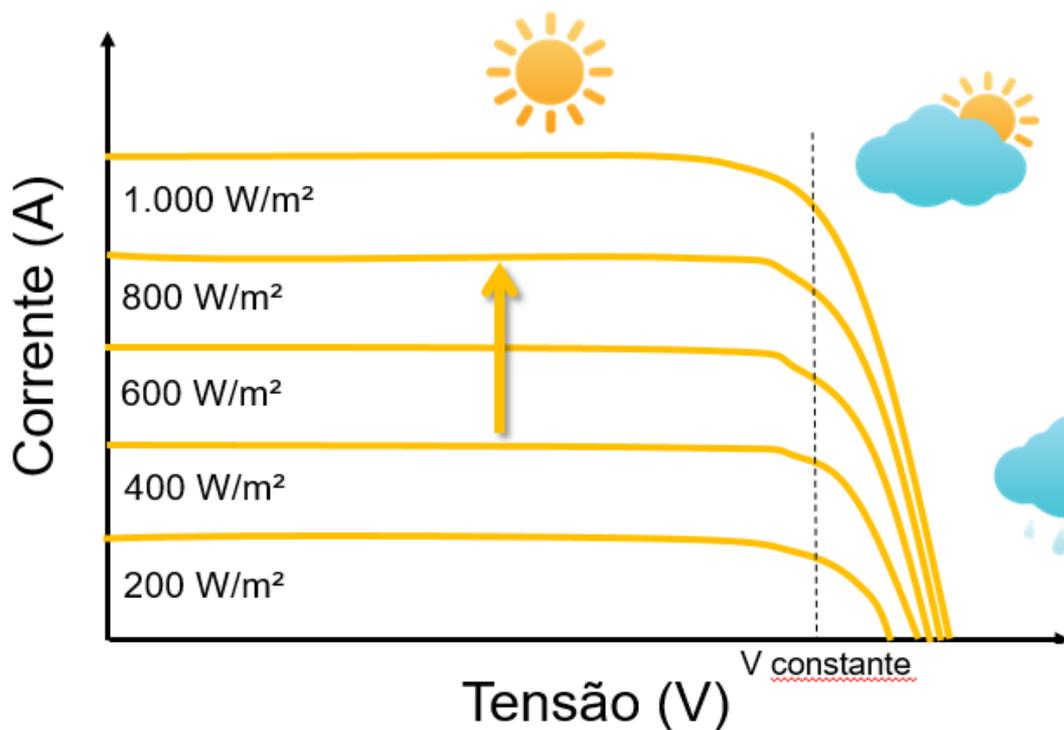
Tecnologias	sc-Si mono-crystalline	mc-Si multi-crystalline	a-Si Filme Fino	CdTe Filme Fino	CIS Filme Fino
Eficiência do Módulo ( STC )					
Máximo	21%	17%	8.5%	14%	14%
Minimo	14%	13%	6%	8%	8%
Coefficiente de Temperatura na Potência de Pico (%/°C)	-0.3 / -0.5	-0.3 / -0.5	-0.2	-0.2	-0.3

# 6 . INFLUÊNCIAS NOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- 6.1 - Curva de Tensão e Corrente
- 6.2 - Influência da Temperatura
- 6.3 - Influência do Sombreamento
- 6.4 - Influência do Posicionamento

## 6.1 – Curva de Tensão e Corrente

- **Curva característica das células fotovoltaicas – Efeito da radiação solar**



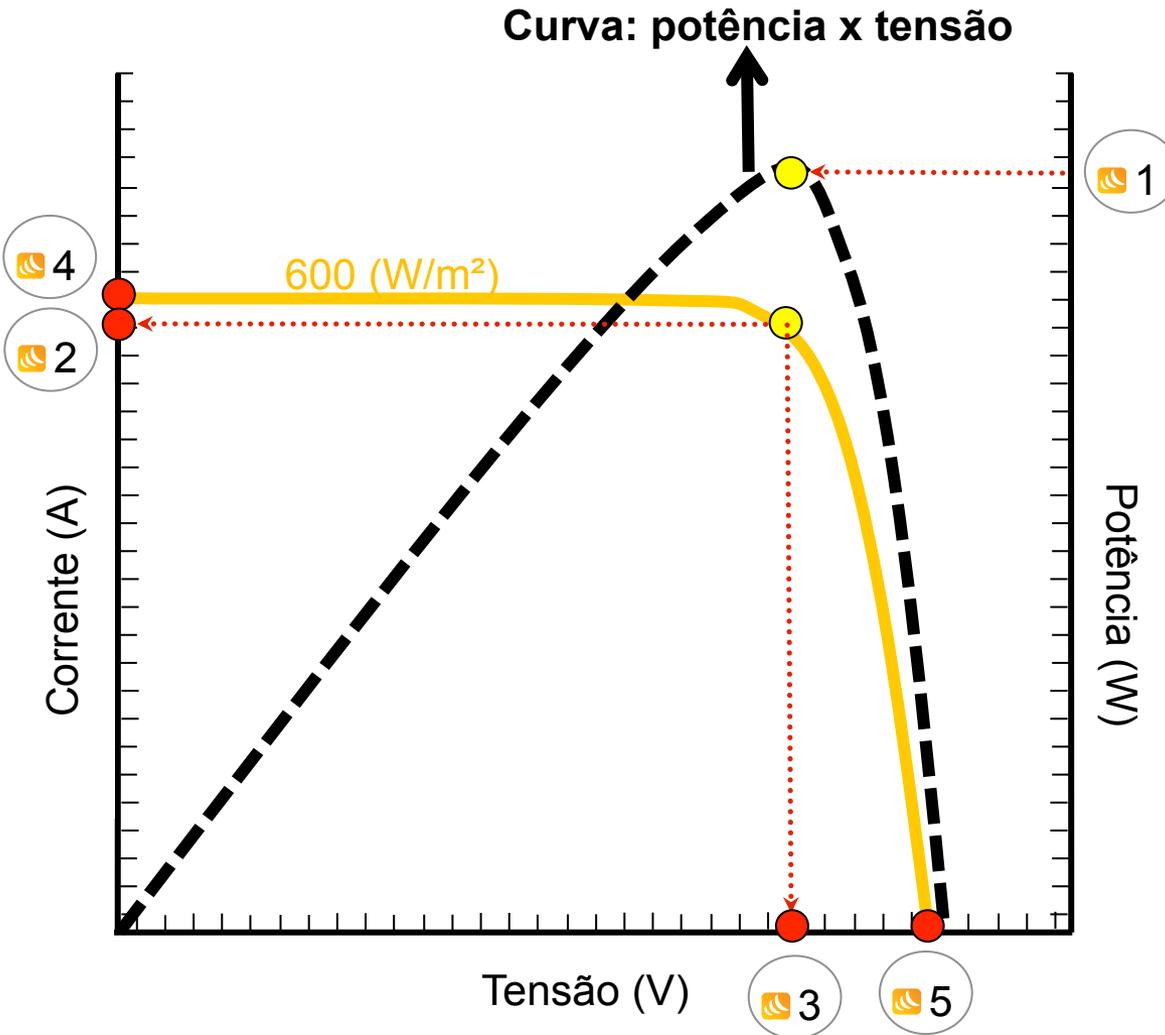
☑ A corrente diminui a medida que o nível de radiação solar diminui.

☑ A tensão praticamente não sofre alteração.

☑ A corrente varia de forma proporcional à intensidade da radiação.

Obs.: Curvas válidas apenas se a temperatura e o *air mass* se mantiverem constantes.

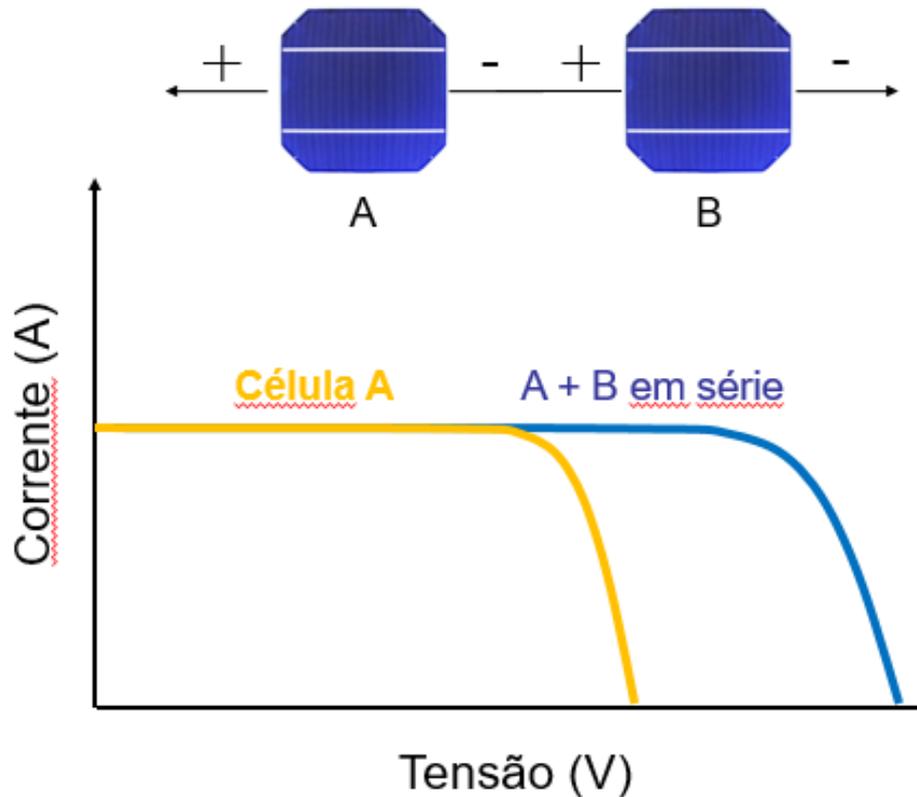
## 6.1 – Curva de Tensão e Corrente



- 1 – Máxima potência (Mpp);
- 2 - Corrente quando é entregue a máxima potência (Impp);
- 3 – Tensão quando é entregue a máxima potência (Vmpp);
- 4 – Corrente máxima para a situação de tensão nula (Isc);
- 5 – Tensão máxima para a situação de corrente nula (Voc).

## 6.1 – Curva de Tensão e Corrente

- **Arranjos de módulos**

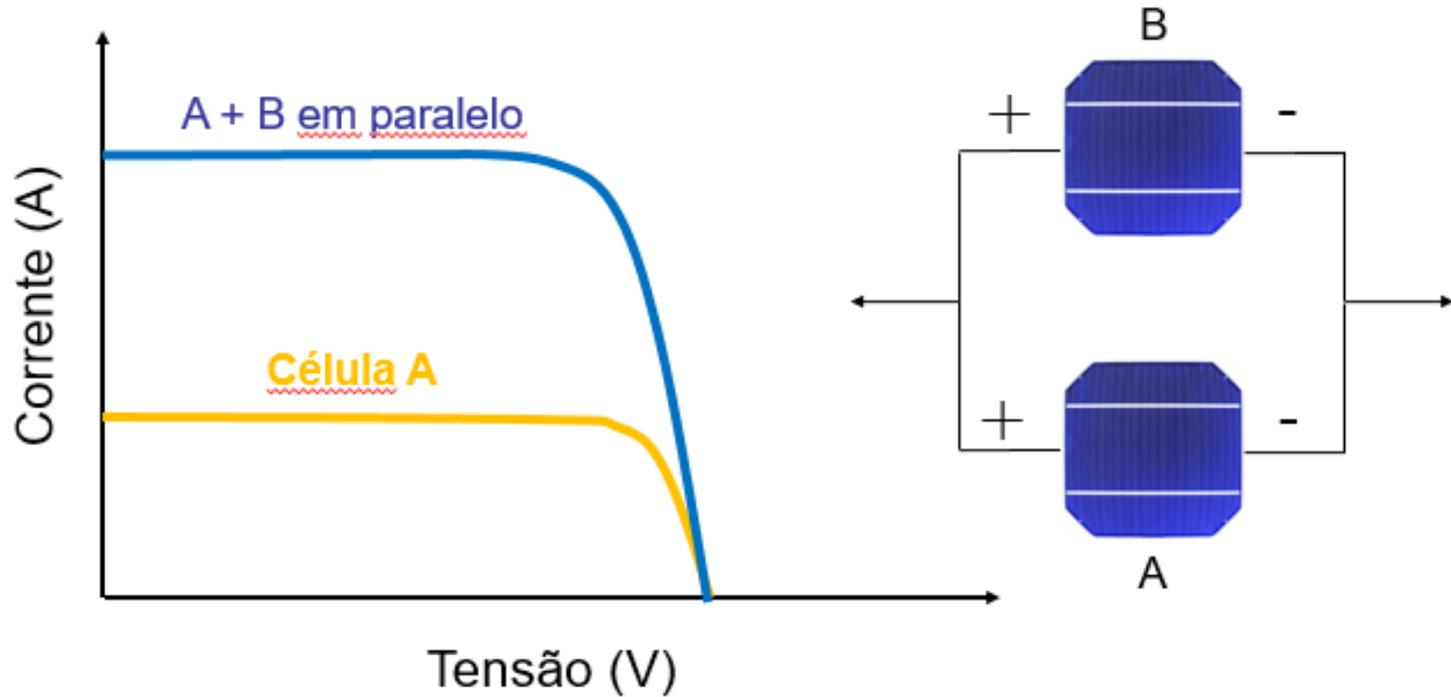


CRESESB, 2014

- ☑ Na conexão em série de módulos as tensões se somam.

## 6.1 – Curva de Tensão e Corrente

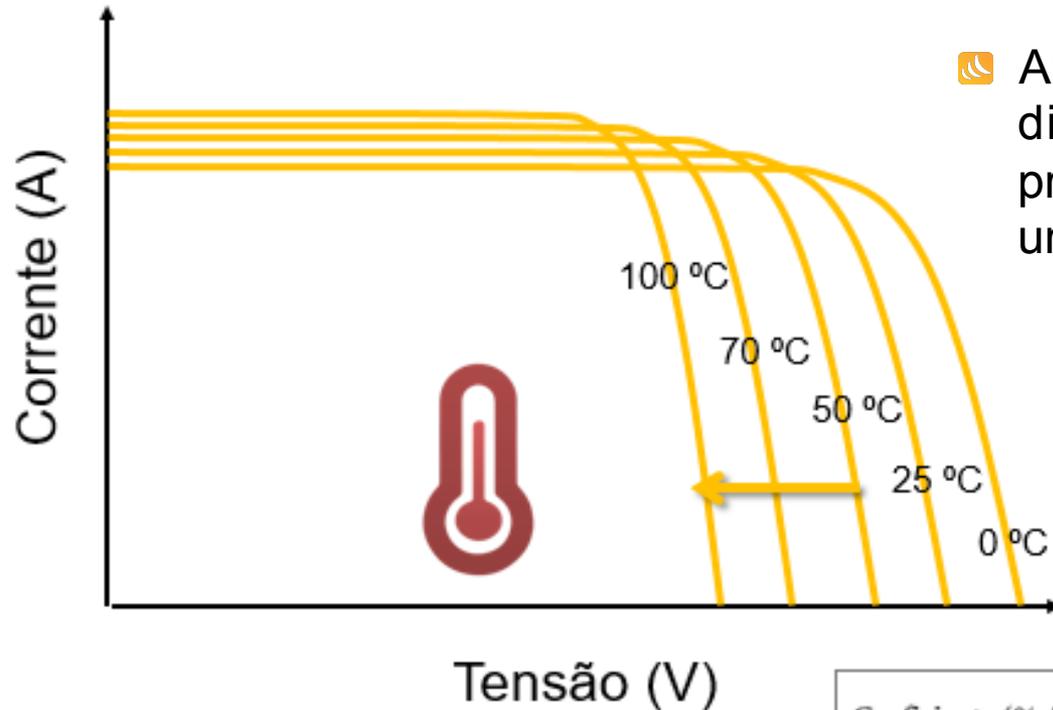
- **Arranjos de módulos**



CRESESB, 2014

- ☑ Na conexão em paralelo de módulos as correntes se somam.

## 6.2 – Influência da Temperatura



- Altas temperaturas implicam em uma diminuição da tensão de forma praticamente proporcional, além de uma pequeno aumento da corrente.

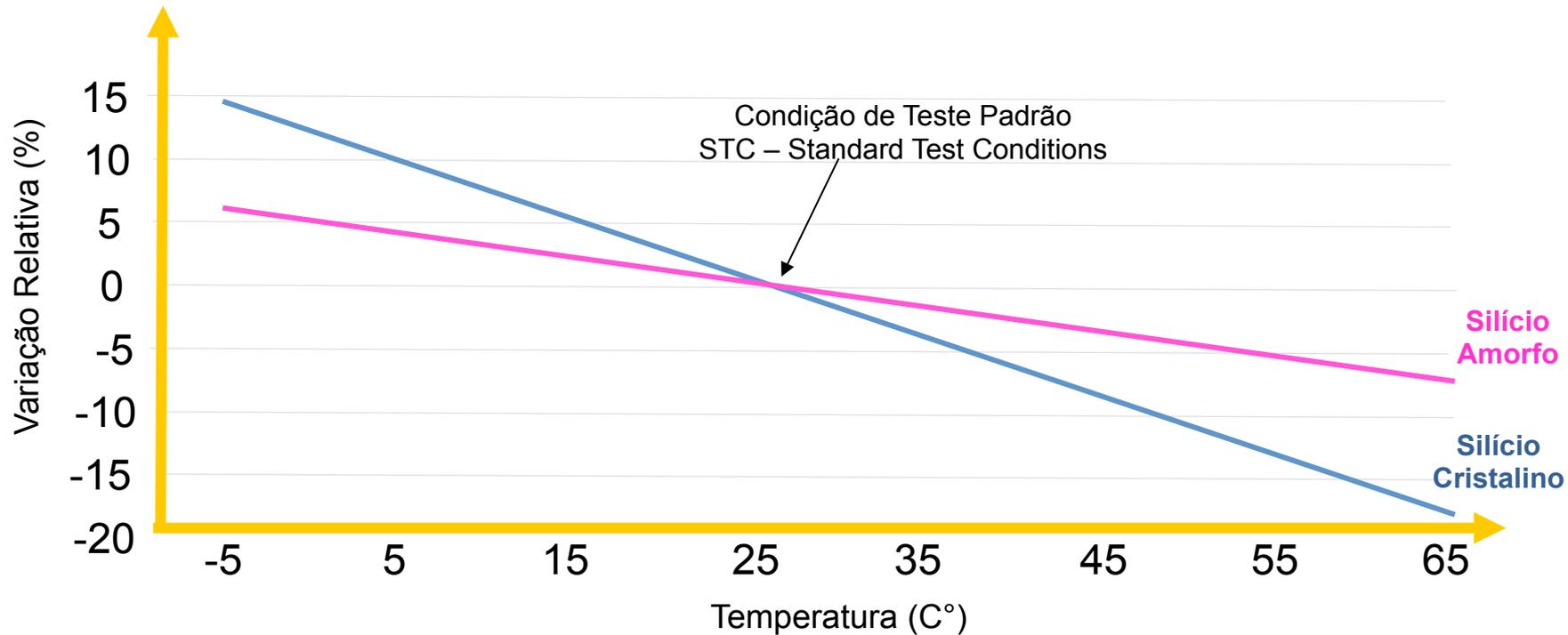
Coefficiente (% / °C)	<i>mono-c</i>	<i>poli-c</i>	<i>s-amorfo</i>
Pmpp	-0.38	-0.45	-0.21
Voc	-0.29	-0.32	-0.38
Isc	0.05	0.06	0.10

Fonte: Ricardo Ruther

## 6.2 – Influência da Temperatura

- Influência da temperatura na máxima potência entregue ( $P_{mpp}$ ) –

### Variação relativa



### Condição de Teste Padrão

Temperatura: 25C°

Radiação: 1.000watts/m<sup>2</sup>

Massa de Ar: 1.5

## 6.2 – Influência da Temperatura

- Influência da temperatura na produção de energia nos módulos**

### CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS

Temperatura nominal da célula	NOCT	°C	46 +/- 2
Coefficiente de temperatura para $P_{max}$	$\gamma$	%/°C	-0,42
Coefficiente de temperatura para $V_{oc}$	$\beta_{Voc}$	%/°C	-0,32
Coefficiente de temperatura para $I_{sc}$	$\alpha_{Isc}$	%/°C	0,05
Coefficiente de temperatura para $V_{mpp}$	$\beta_{Vmpp}$	%/°C	-0,42

Fonte: Datasheet DS\_YGE60

Para cada 1°C abaixo de 25°C que as células atinjam teremos:

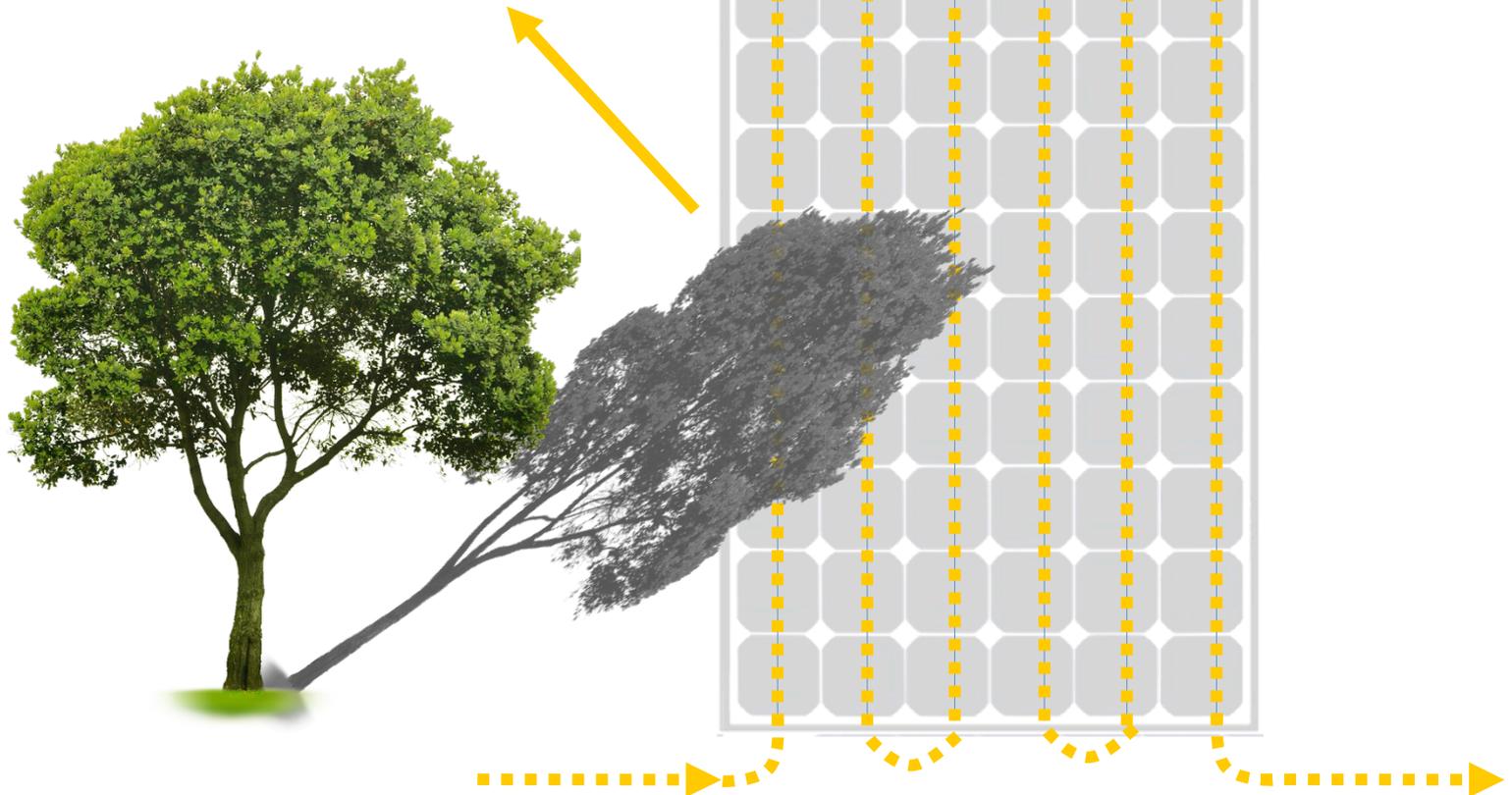
- $P_{max}$  0,42% ↑
- $V_{oc}$  0,32% ↑
- $I_{sc}$  0,05% ↓

-  Módulos que operam em temperaturas menores possuem maior coeficiente de produção de energia, especialmente em climas quentes.

## 6.3 – Influência do Sombreamento

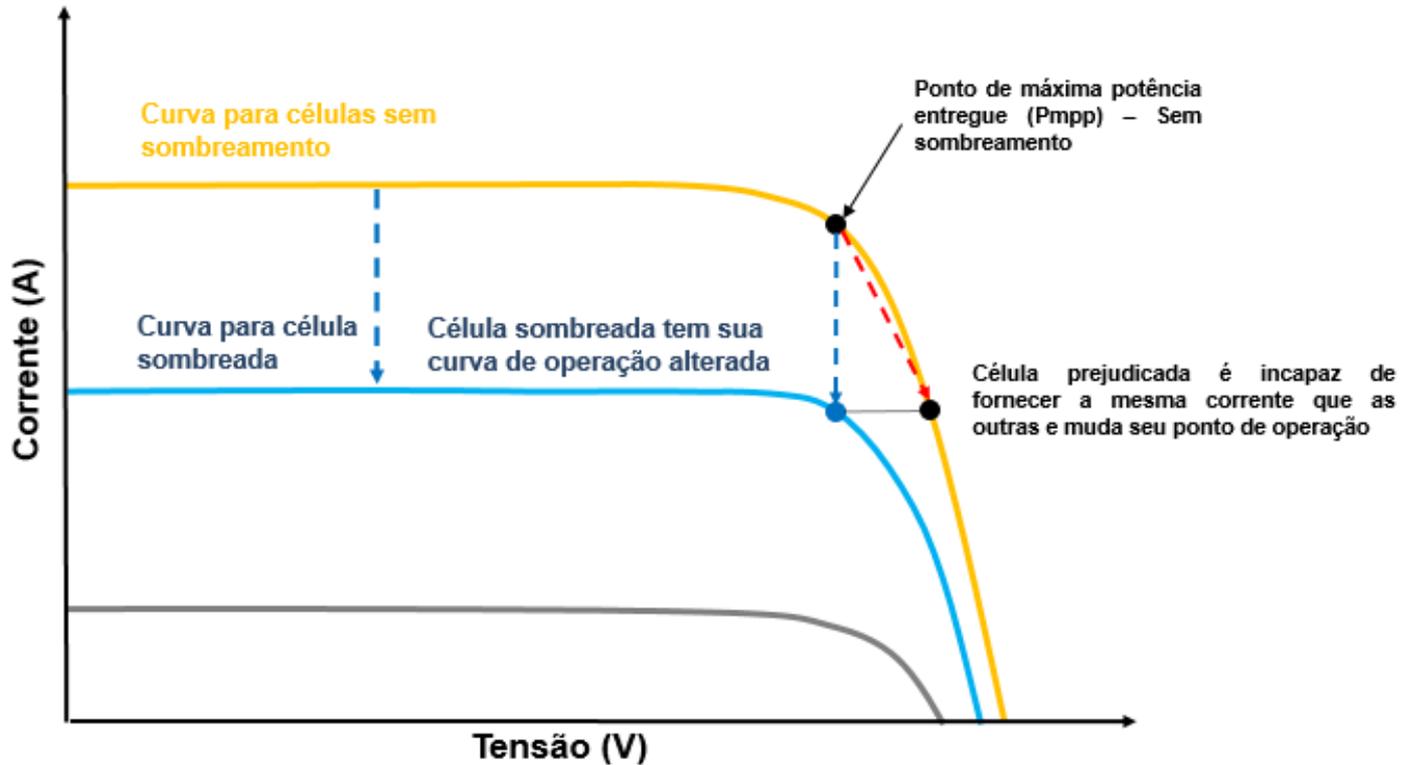
☞ Pode implicar em:

- ☞ Redução da corrente e/ou;
- ☞ Redução da tensão de saída.



## 6.3 – Influência do Sombreamento

- Efeito do sombreamento na corrente



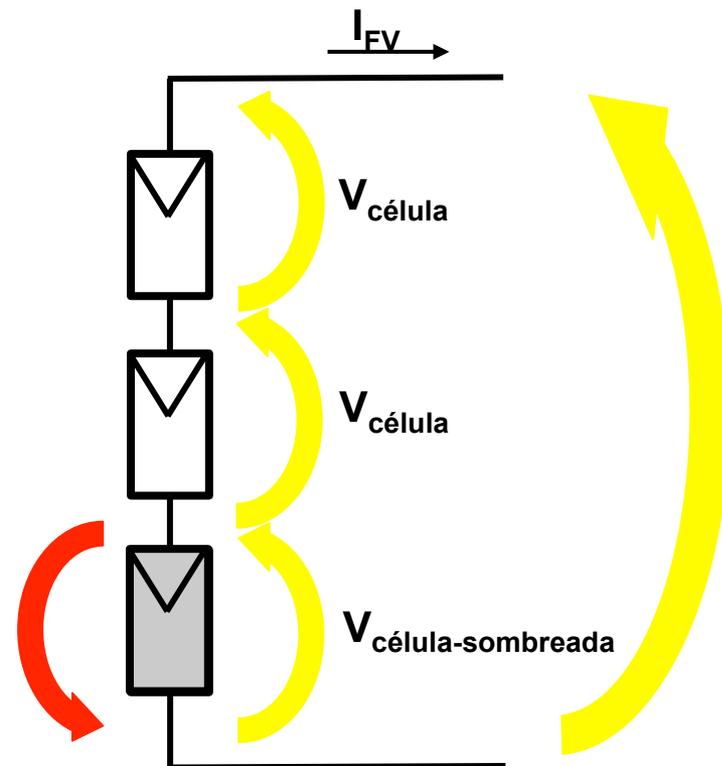
## 6.3 – Influência do Sombreamento

- **Efeito do sombreamento na tensão**

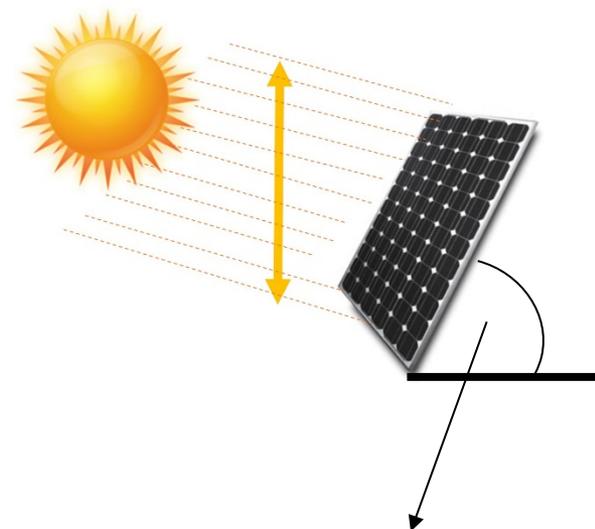
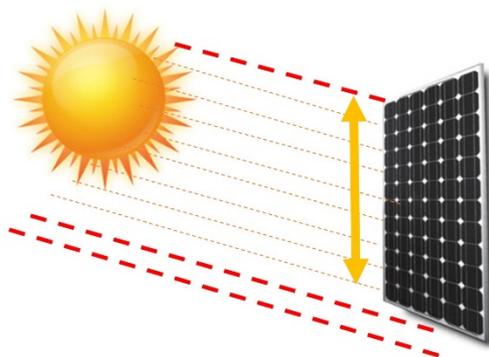
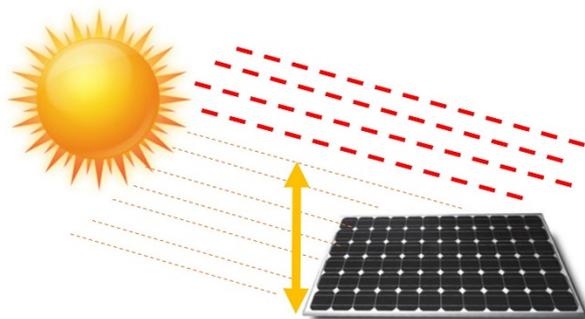
- ☑ Fatores que influenciam a tensão de saída:

- ☑ Alteração da temperatura;
- ☑ **Duração** do sombreamento;
- ☑ Parcela da célula afetada;
- ☑ Objeto de sombreamento;
- ☑ Existência de controle de tensão – inversor.

- ☑ Uma combinação desses fatores pode resultar em um comportamento diferente do apresentado na figura anterior



## 6.4 - Influência do posicionamento



**Configuração Ideal**



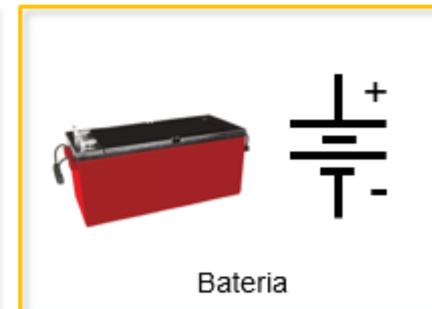
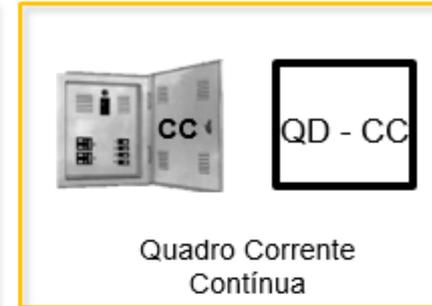
Plano do painel FV  
**perpendicular**  
aos raios solares.

Inclinação em relação  
ao plano horizontal

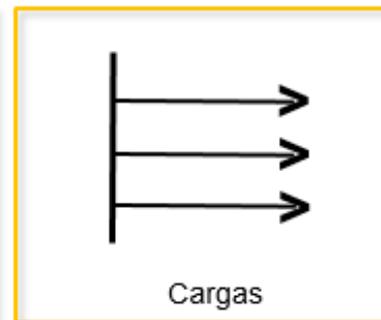
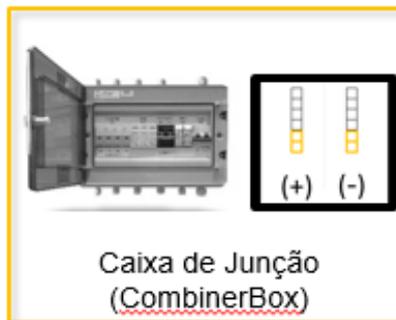
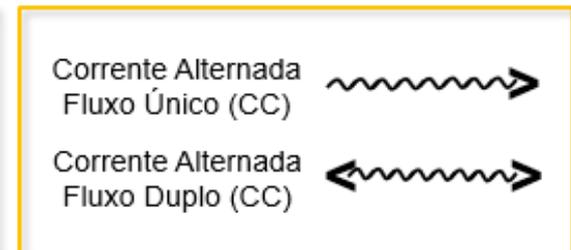
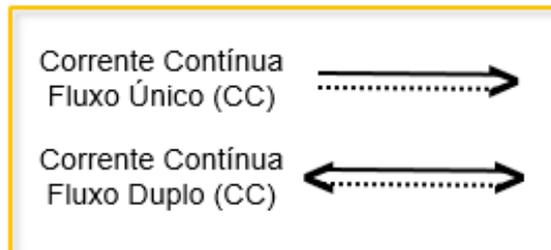
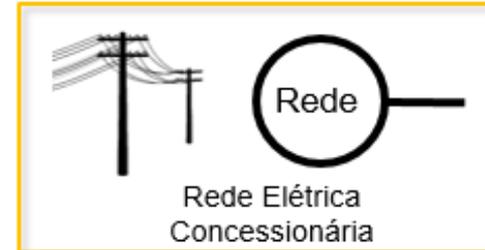
# 7. COMPOSIÇÃO DOS SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

- ☞ 7.1 - Principais Elementos e Simbologias
- ☞ 7.2 - Inversores
  - ☞ 7.2.1 Topologia de Inversores
- ☞ 7.3 - *String box*
- ☞ 7.4 - Seguimento Solar
- ☞ 7.5 - Estruturas
- ☞ 7.6 - Proteção
- ☞ 7.7 - Conectores e Cabeamento

## 7.1 – Principais Elementos e Simbologias



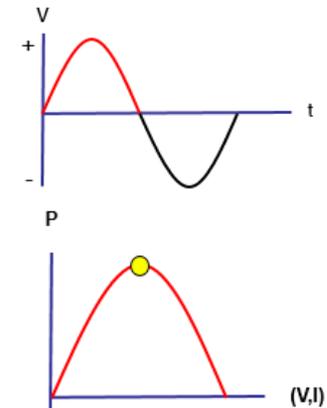
## 7.1 – Principais Elementos e Simbologias



## 7.2 – Inversores

### Principais funções:

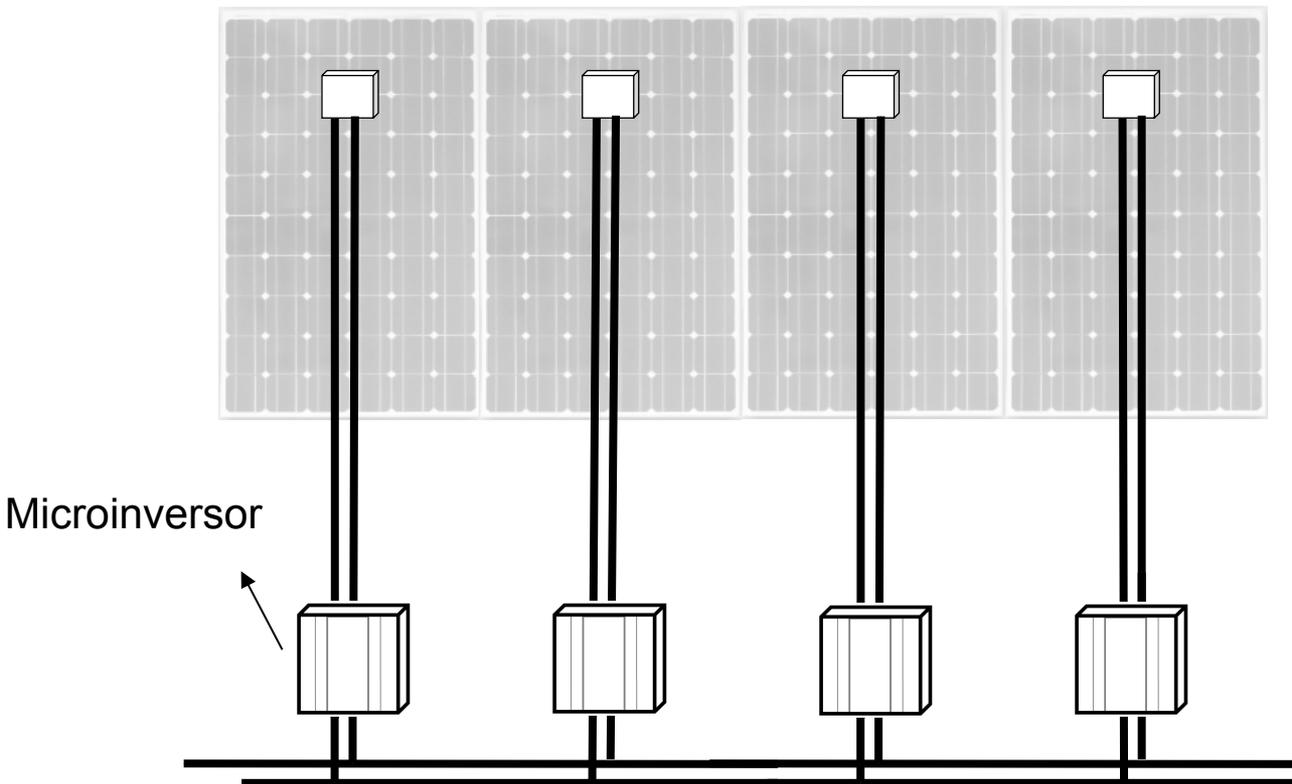
- Conversão CC/CA
- Buscar pelo Ponto de Máxima Potência Entregue
- Evitar Ilhamento
- Proteção
- Monitoramento



Fonte: Fronius.

## 7.2 - Inversores

- Topologia - Inversor de módulo ou microinversor



- ☑ Inversores de 300W
- ☑ Pode-se ter vários inversores ligados

## 7.2 - Inversores

- Topologia - Inversor de módulo ou microinversor

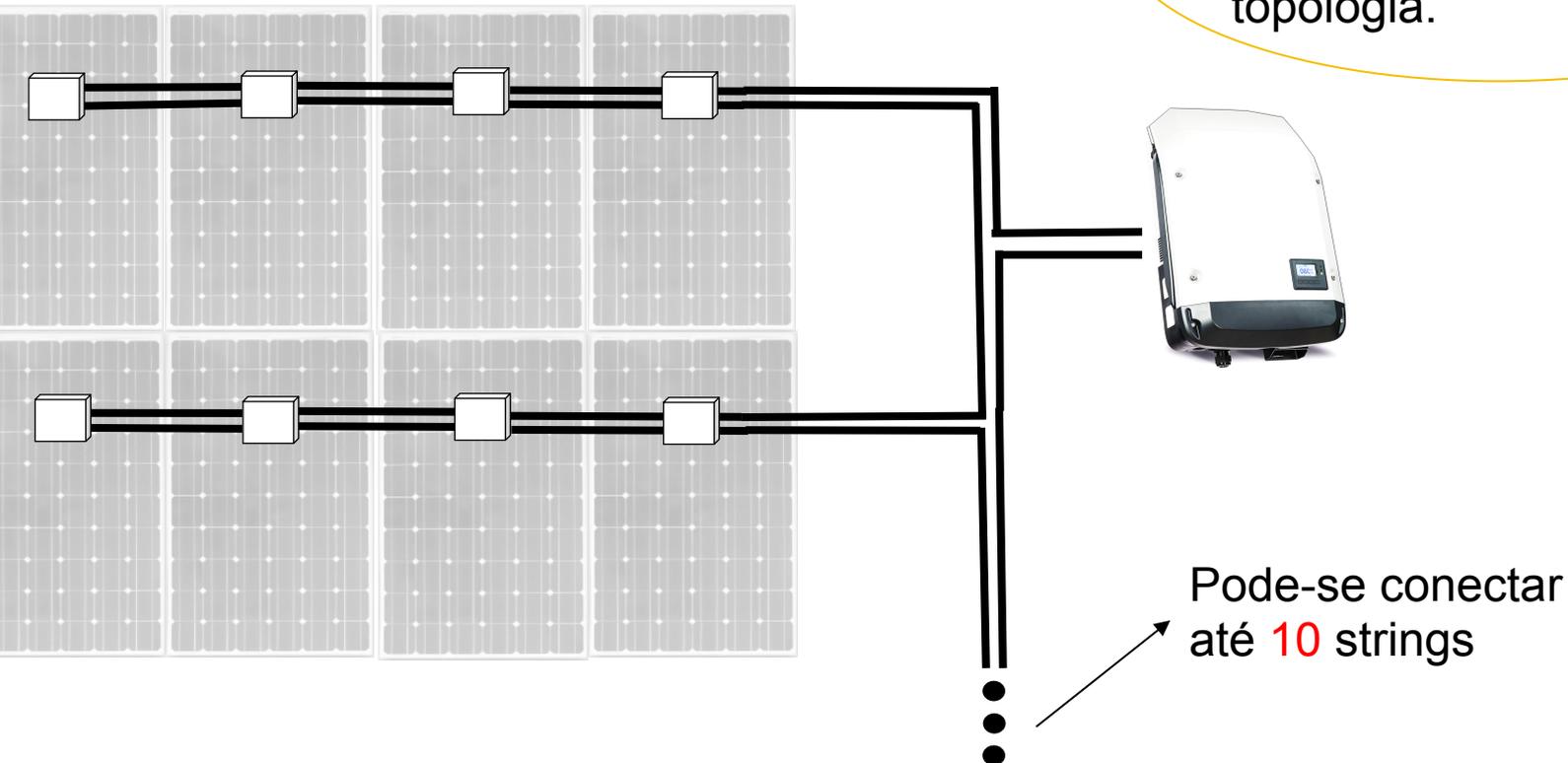


Fonte: kaidengdg

## 7.2 - Inversores

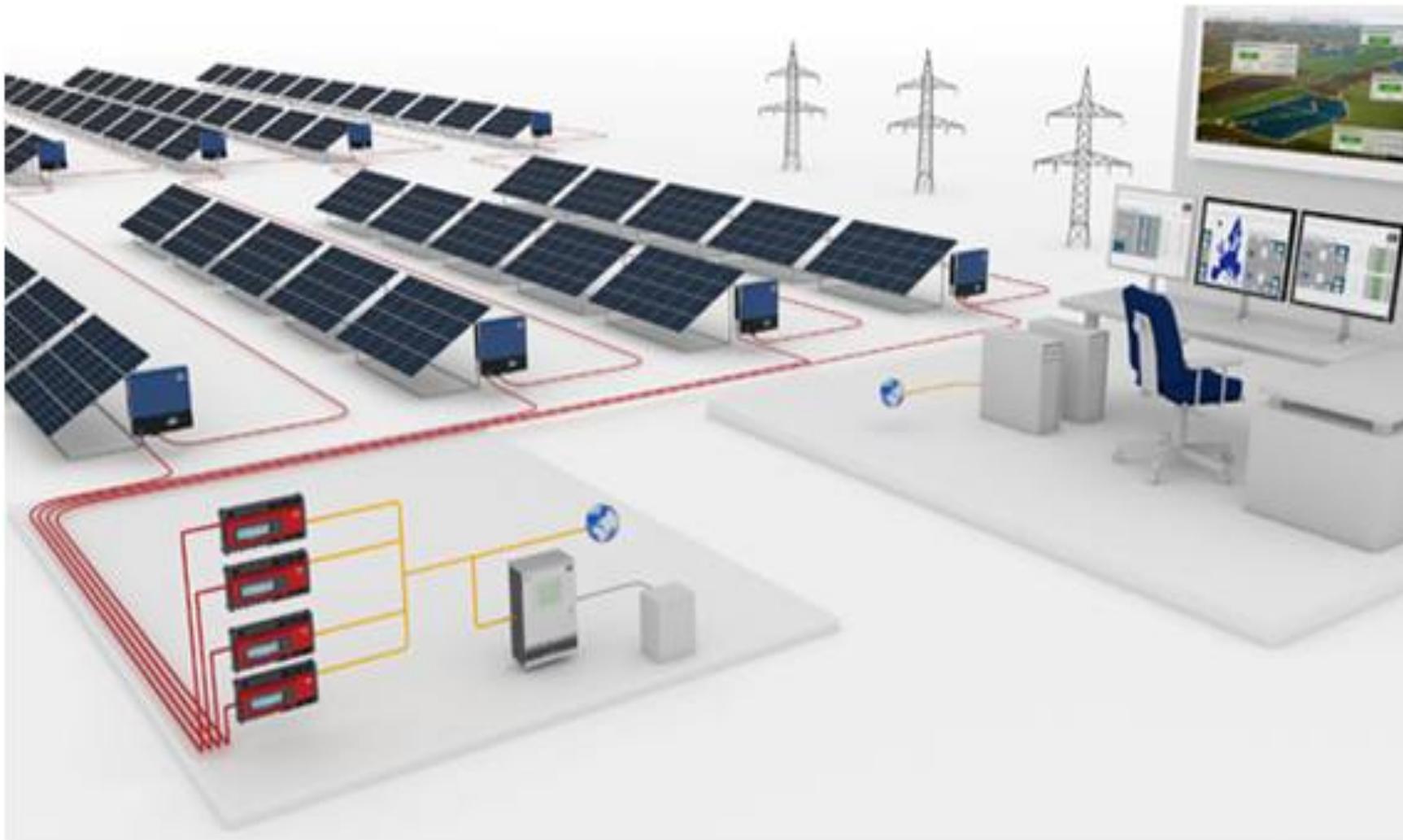
- **Topologia – String Inverter**

☑ Sistemas de potência de até 50kW podem ser dessa topologia.



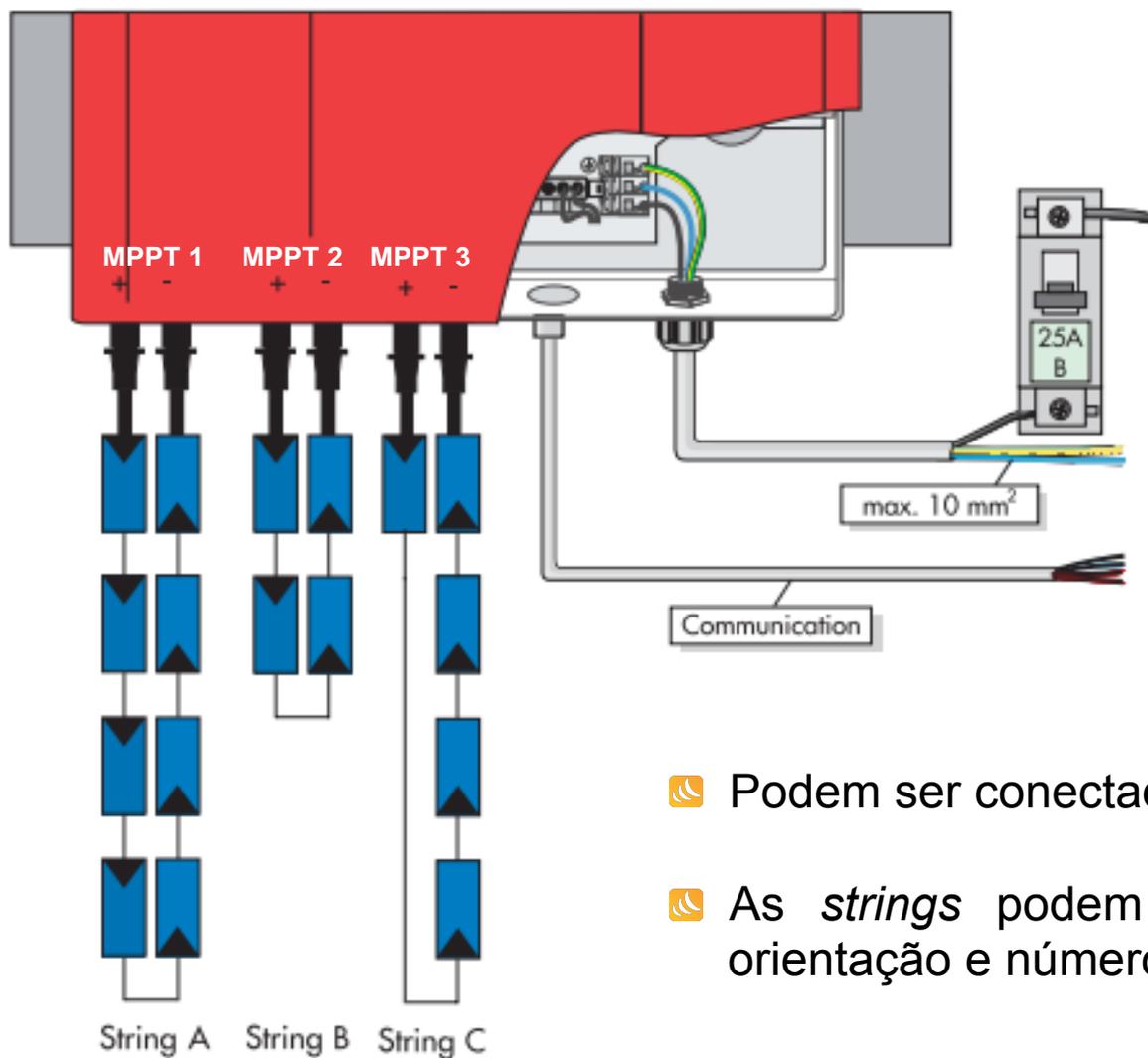
## 7.2 - Inversores

- **Topologia – String Inverter**



## 7.2 - Inversores

- **Topologia – Multi String Inverter**



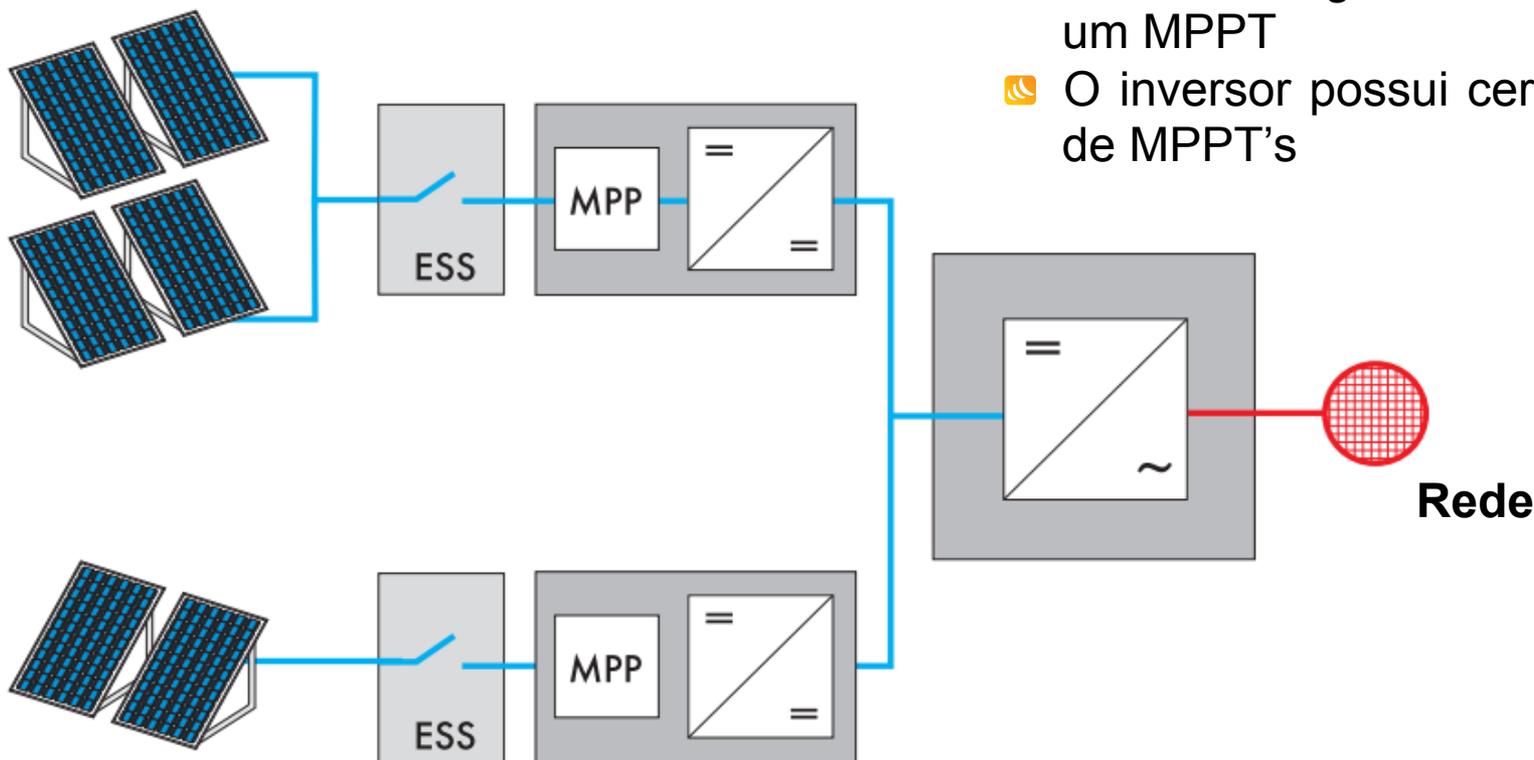
Fonte: SMA Technology

- ☑ Podem ser conectadas várias *strings*
- ☑ As *strings* podem ser diferentes em orientação e número de módulos

## 7.2 - Inversores

- **Topologia – Multi String Inverter**

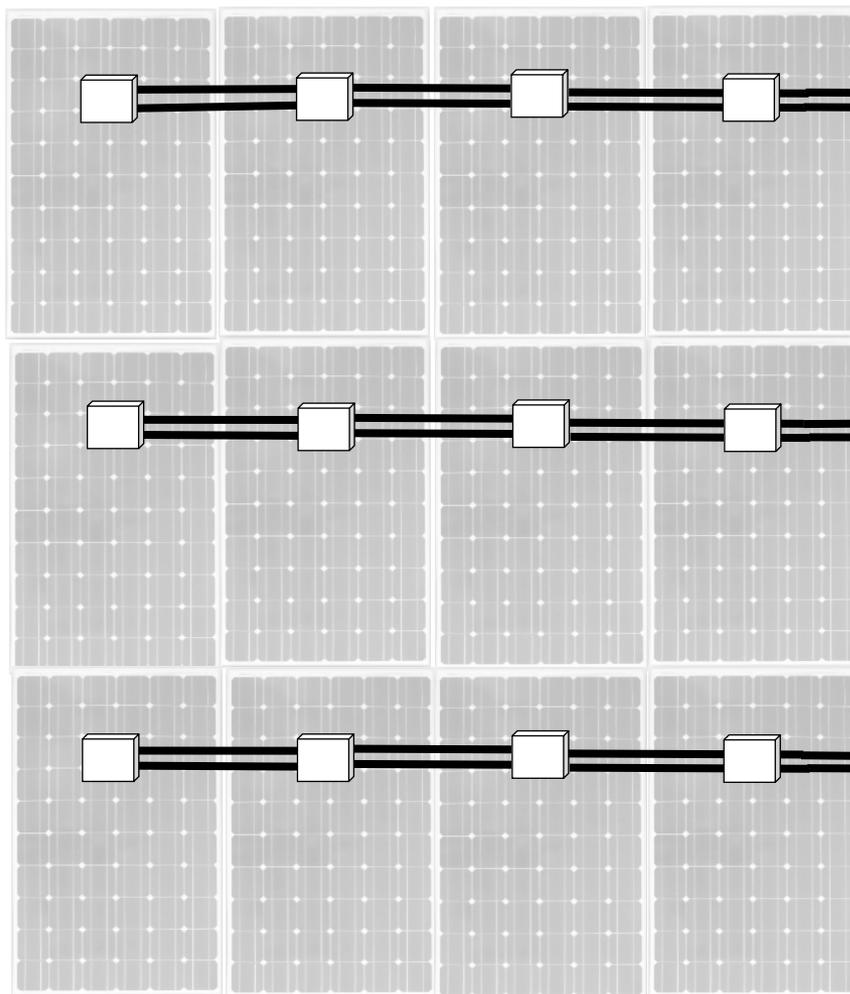
- ☑ Várias strings conectadas em um MPPT
- ☑ O inversor possui certo número de MPPT's



Fonte: SMA Solar Technology

## 7.2 - Inversores

- **Topologia – Central Inverter**



☑ Sistemas de potência entre 100k e 5MW podem ser dessa topologia

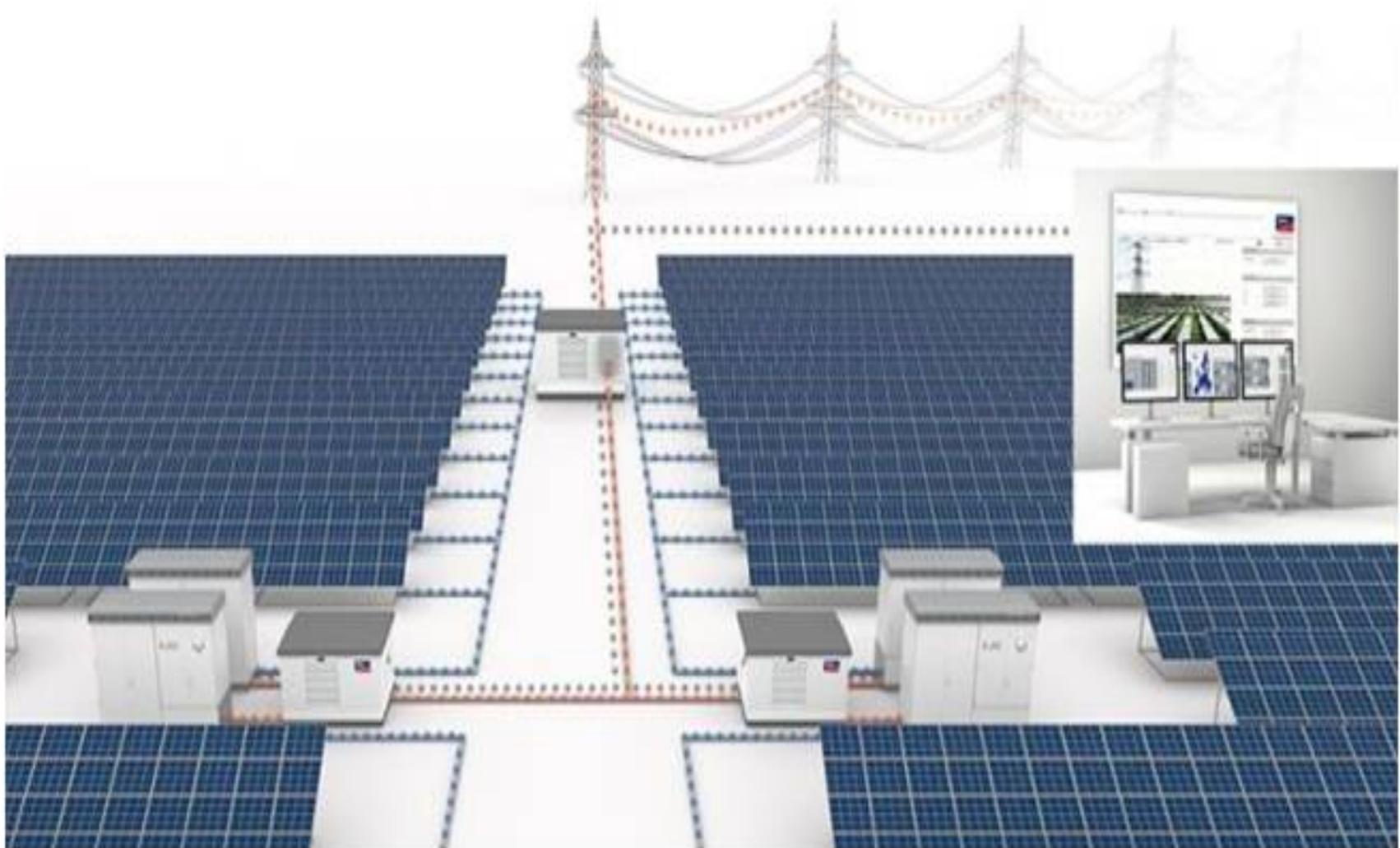


PV Box: Utiliza inversores de maior potência

Pode-se conectar até **1000** strings

## 7.2 - Inversores

- **Topologia – Central Inverter**



Fonte: ABB.

## 7.3 – String box



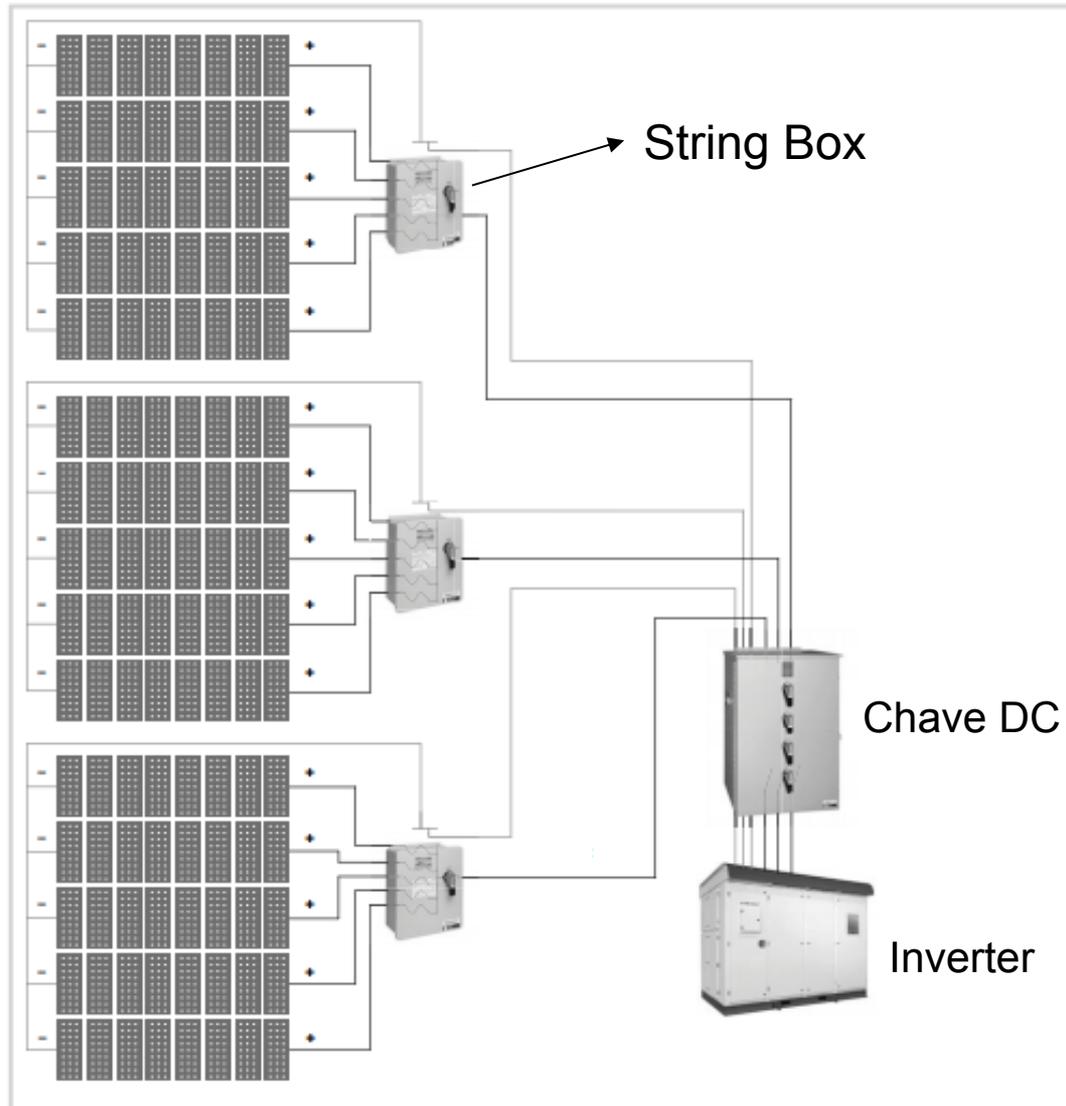
Fonte: Fronius



Fonte: Schneider

- ☑ Permite conectar várias strings
- ☑ Proteção contra Sobre-Correntes
- ☑ Chave de Bloqueio DC
- ☑ Permite o Monitoramento das Strings
- ☑ Dispositivos de Proteção contra Surtos (DPS)

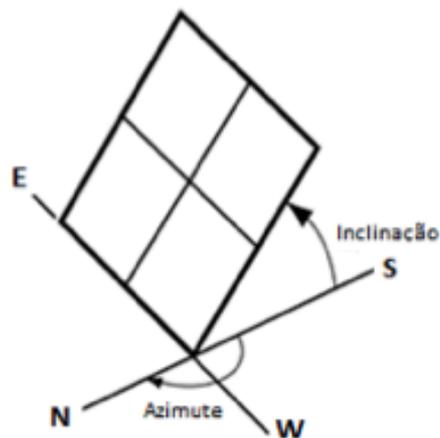
## 7.3 – String box



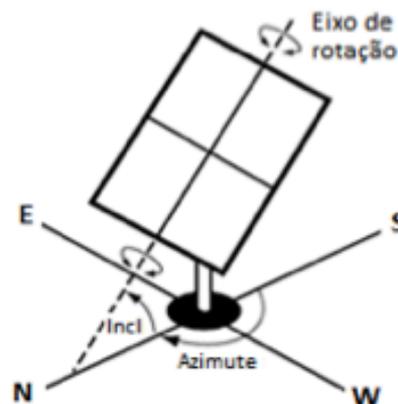
Fonte: Cooper Industries.

## 7.4 – Seguimento Solar

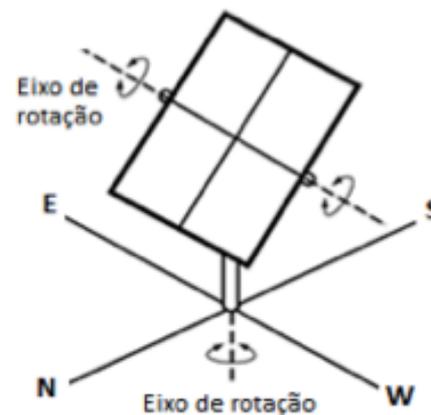
- Estruturas de painéis solares podem ser de três tipos:



Fixo



1-eixo (rotação E-W)



2-eixos (rotação E-W e elevação)

### VANTAGENS

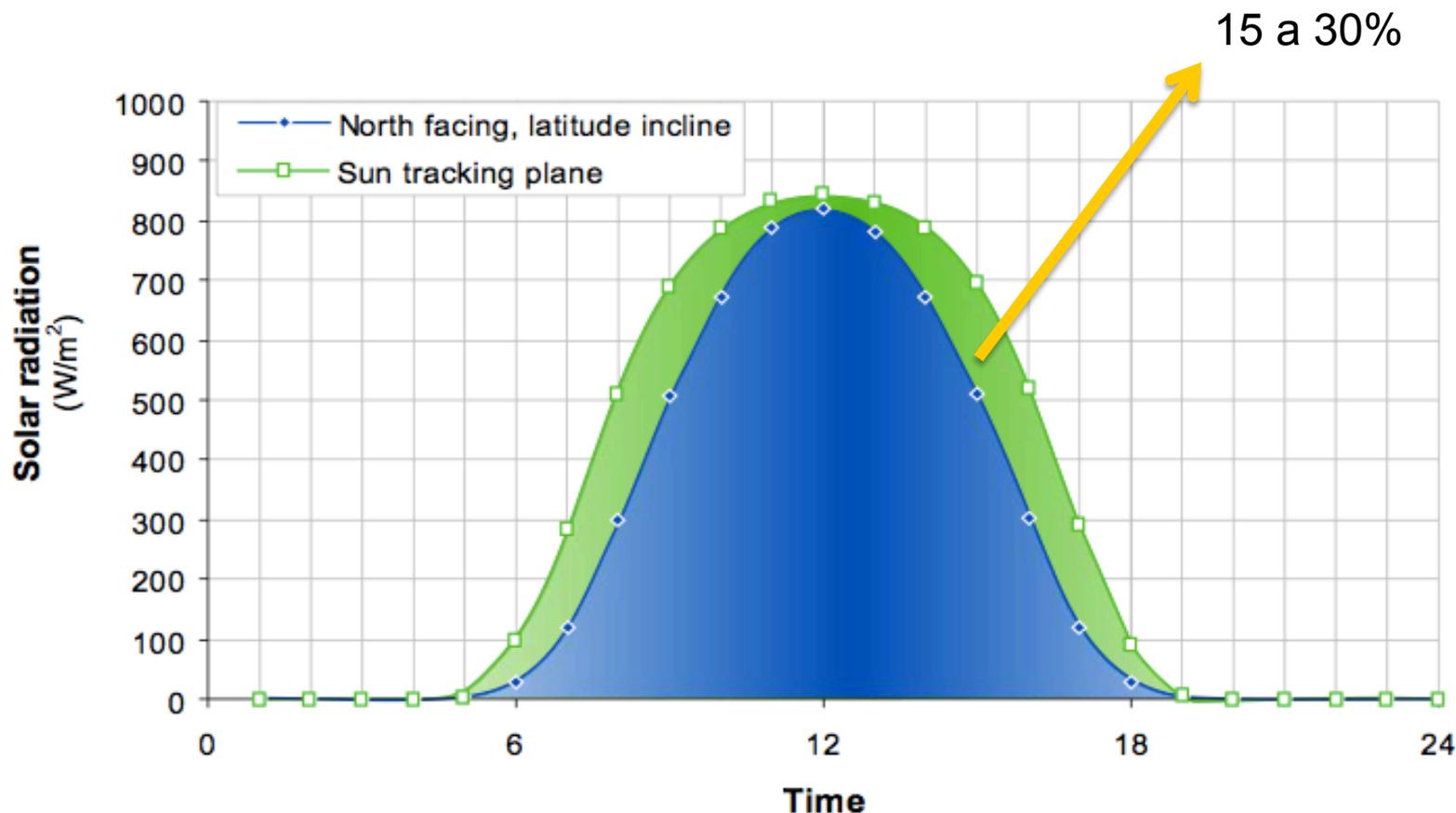
- ☑ Aumento na produtividade
- ☑ Melhor produção nos períodos da manhã e tarde

### DESVANTAGENS

- ☑ Maior complexidade na instalação e manutenção
- ☑ Maior custo de instalação

## 7.4 – Seguimento Solar

- **Estrutura Móvel x Estrutura Fixa**



- ☑ Uso de estruturas móveis com segmentos solar podem resultar em significativos aumentos de geração de energia (15 a 30%)

## 7.4 – Seguimento Solar

- **Seguidor de Eixo Único**



## 7.4 – Seguimento Solar

- **Seguidor de Dois Eixos**



## 7.5 – Estruturas

- **Montagem sobre telhado**

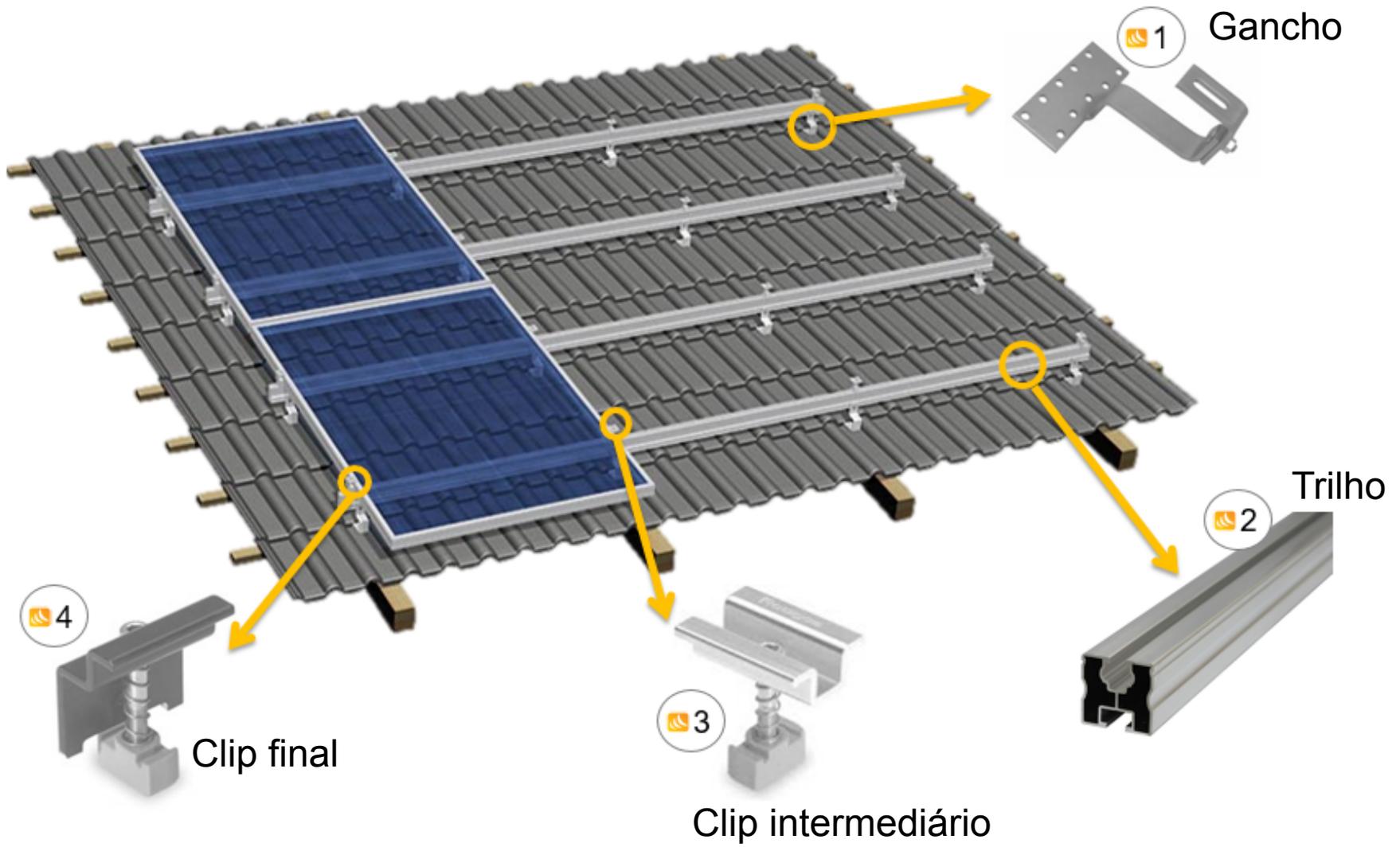
### Requisitos:

- ☑ Resistência à corrosão
- ☑ Resistência à cargas e forças
- ☑ Facilidade de instalação
- ☑ Estanqueidade
- ☑ Ausência de cupins
- ☑ Ausência de sinais de umidade: fungos
- ☑ Idade compatível com a garantia do Sistema FV



## 7.5 – Estruturas

- **Montagem sobre telhado**



## 7.5 – Estruturas

- **Outros tipos**



**Estruturas com poste único**



**BIPV – Building Integrated Photovoltaic**



**Estruturas com eixo de suporte**



**Módulos fixados sem perfuração**

## 7.6 – Proteção

- ☞ Proteções aplicadas:
  - ☞ Curto circuito
  - ☞ Sobrecorrente
  - ☞ Surto de tensão



PVM, 10 x 38, 14x51, 14x65  
Photovoltaic Fuse Links



CHPV  
Fuse Holder



In-Line  
Fuse Holder



BM Series  
Fuse Block



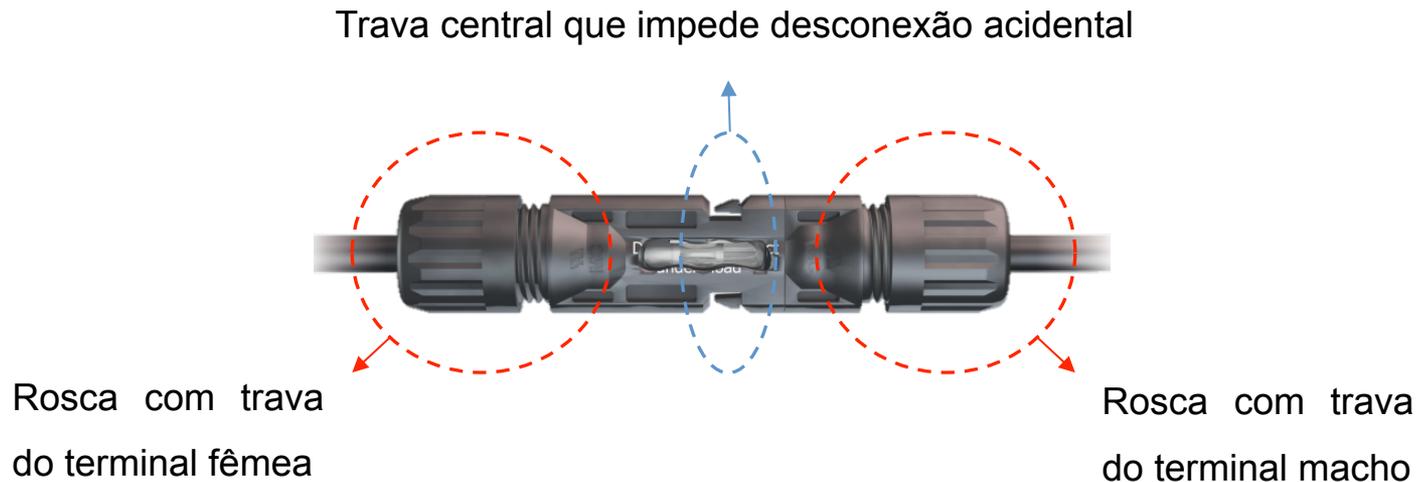
Surge Protective Device

Fonte: Cooper Bussmann.

- ☞ Se o sistema tem 3 ou mais strings conectadas em paralelo, devem ter proteção em cada string
- ☞ Para demais sistemas normas de instalação e requerimentos devem ser seguidos.

## 7.7 – Conectores e Cabeamento

- ☑ Pontos críticos no sistema
- ☑ Se não bem conectados podem resultar em:
  - ☑ Aquecimento excessivo
  - ☑ Perda de energia excessiva
  - ☑ Oxidação

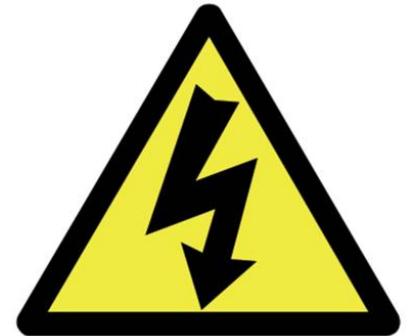


# 8 . FASES DE UM PROJETO FOTOVOLTAICO

- 8.1 - Aviso de Segurança
- 8.2 - Roteiro de Projetos Fotovoltaicos

## 8.1 - Aviso de Segurança

- Trabalhos de Instalação de Sistemas Solares Fotovoltaicos são **perigosos** e devem ser realizados por **profissionais** devidamente **treinados e habilitados** para tal.
- Para todas as atividades relacionadas aos projetos, instalação, comissionamento de Sistemas Solares Fotovoltaicos, devemos consultar e seguir as **normas e legislações nacionais e internacionais vigentes**.
- Este curso não pretende abordar TODOS os aspectos dos trabalhos relacionados aos Sistemas Solares Fotovoltaicos e **não nos responsabilizamos legalmente pela utilização das informações** aqui contidas para qualquer atividade relacionada a Projetos, Instalação e Comissionamento de instalações Fotovoltaicas



## 8.2 - Fases do Projeto



### Consumo / Economia kWh

- Pontos a serem Avaliados
  - Levantamento de cargas
  - Análise da fatura de energia
  - Consumo mínimo de energia
  - Estimativa da energia a ser gerada
  - Levantamento das características da rede local



### Capacidade Instalada kWp

- Pontos a serem Avaliados
  - Produtividade do local (kWh/kWp.ano)
  - Radiação solar disponível
  - Estimativa da quantidade de módulos necessária

## 8.2 - Fases do Projeto

### **Análise Local e Entorno**

3

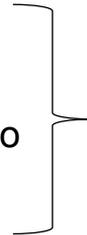
#### ➤ Pontos a serem Avaliados

##### ➤ Condições climáticas

- Temperatura mínima
- Temperatura máxima
- Velocidade de ventos

##### ➤ Condições da instalação

- Orientação
- Inclinação
- Sombreamento - simulação
- Área disponível
- Estrutura



- Há espaço disponível para instalação dos Módulos?
- Haverá sombreamento nos Módulos/Strings?
- O local da instalação possui resistência estrutural compatível?
- Qual a orientação e inclinação dos Módulos?
- Qual o tipo de Suporte Adequado?
- A cobertura permite acesso na instalação?
- Permite a adequada vedação?
- Impactos Visuais / Estéticos?
- Qual a topografia do local?

## 8.2 - Fases do Projeto



### Dimensionamento

- Pontos a serem Avaliados
  - Especificação dos módulos a serem utilizados
  - Especificação do inversor
  - Cálculo das bitolas e comprimentos dos condutores
  - Dimensionamento dos dispositivos de proteção
  - Dimensionamento dos eletrodutos
  - Diagramas elétricos

## 8.2 - Fases do Projeto



5

### Instalação

- Pontos de Destaque
  - Montagem
  - Comissionamento
  - Start-up
  - Operação e manutenção



6

### Conexão à Rede

- Pontos de Destaque
  - Adequação à rede local
  - Elementos de proteção requeridos
  - Documentos exigidos

# Roteiro Projeto Fotovoltaico



# 9. CONSUMO / ECONOMIA

- ☞ 9.1 – Levantamento de cargas
- ☞ 9.2 – Fatura de Energia
- ☞ 9.3 – Previsão de Energia a ser Gerada



## 9.1 - Levantamento de Cargas - Exemplo

Iluminação:	Qt	Potência	Total (kW)	Fator de potência	Fator de demanda	Demanda (kVA)	Observações
Lâmpadas	4	10	0,04	1	0,45	0,018	Sala Pricipal
Lâmpadas	1	15	0,015	1	0,45	0,007	Cozinha
Lâmpadas	2	15	0,03	1	0,45	0,014	Corredor Sala
Lâmpadas	1	23	0,023	1	0,45	0,010	Sala 02
Lâmpadas	2	15	0,03	1	0,45	0,014	Banheiros superio
Lâmpadas	4	15	0,06	1	0,45	0,027	Suite
Lâmpadas	1	15	0,015	1	0,45	0,007	Quarto sup
Lâmpadas	1	20	0,02	1	0,45	0,009	área de serviço
Tomadas de uso Geral TUG's:	Qt	Potência	Total (kW)	Fator de potência	Fator de demanda	Demanda (kVA)	Observações
TUG's	8	100	0,8	1	0,45	0,36	Sala
TUG's	5	100	0,5	1	0,45	0,23	Cozinha
TUG's	2	100	0,2	1	0,45	0,09	Corredor Sala
TUG's	2	100	0,2	1	0,45	0,09	Sala 02
TUG's	1	100	0,1	1	0,45	0,05	Banheiro
TUG's	6	100	0,6	1	0,45	0,27	Suíte
TUG's	3	100	0,3	1	0,45	0,14	Quarto sup
Tomadas de uso específico - TUE's:	Qt	Potência	Total (kW)	Fator de potência	Fator de demanda	Demanda (kVA)	Observações
TUE's	1	440	0,44	1	1	0,44	Impressora
TUE's	2	300	0,6	1	1	0,60	Computadores
TUE's	2	200	0,4	1	1	0,40	Monitor
TUE's	1	1400	1,4	1	1	1,40	Microondas
TUE's	1	369	0,369	1	1	0,37	Geladeira
TUE's	1	305	0,305	1	1	0,31	Panela Elétrica
TUE's	1	1200	1,2	1	1	1,20	Ferro de passar
TUE's	1	150	0,15	1	1	0,15	Ventilador
TUE's	1	5500	5,5	1	0,68	3,74	Chuveiro
TUE's	1	150	0,15	1	1	0,15	Ventilador
TUE's	1	660	0,66	1	1	0,66	Maquina de lavar
TUE's	1	5500	5,5	1	0,68	3,74	Chuveiro
<b>CARGA TOTAL (kW) Iluminação e tomadas</b>			19,61				
<b>DEMANDA TOTAL (kVA) Iluminação e tomadas</b>			14,47				

## 9.2 - Fatura de Energia

### RESUMO DA SUA CONTA (R\$)

Fornecimento	Tributos	Itens financeiros	Outros produtos e serviços	Abatimentos e devoluções	TOTAL A PAGAR					
107,25	+	48,59	+	0,00	+	5,40	-	11,23	=	150,01

### NOTIFICAÇÃO/REAVISO DE CONTAS VENCIDAS

**Média de Consumo Mensal:**  
 216,83kWh/Mês

### DESCRIÇÃO DE FATURAMENTO

folha:1/1

#### FORNECIMENTO

CONSUMO X TUSD (VALOR DO kWh)	223,0 kWh X R\$ 0.19896000	44,35
CONSUMO X TE (VALOR DO kWh)	223,0 kWh X R\$ 0.23715000	52,87
ADICIONAL BANDEIRA VERMELHA		10,03

#### TRIBUTOS

PIS/PASEP (1,10%)	1,70
COFINS (5,10%)	7,93
ICMS	38,96

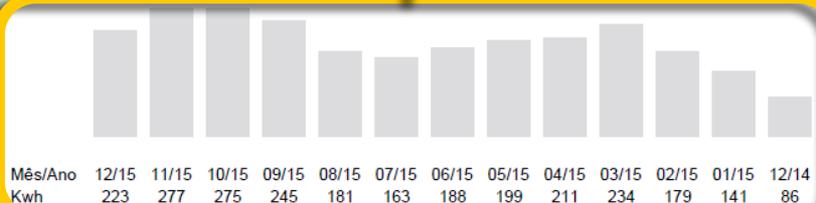
#### OUTROS PRODUTOS E SERVIÇOS

COSIP LEI 13.479/02	5,40
---------------------	------

#### ABATIMENTOS E DEVOLUÇÕES

PENAL. DIC, DMIC, FIC E DICRI	8,51-
PENAL. DIC/DMIC/FIC/DICRI ADIC.	2,72-

### HISTÓRICO DE CONSUMO



**Consumo:**  
 223,0kWh/Mês

## 9.2 - Fatura de Energia

### DADOS DE LEITURA DO MEDIDOR

Anterior	Leitura	Atual	Leitura	Próxima	Entrega
13 NOV	13318	15 DEZ	69	14 JAN	18 JAN

### DADOS TÉCNICOS DA INSTALAÇÃO

Medidor	Fator Multiplicador	Classe/Subclasse	Faturamento	Tipo de Tarifa
14712507	0	Resid/Resid	Monofásico	B1_RESID
Tensão Nominal		Tensão Mínima	Tensão Máxima	
120/240 (BT) V		110/221 V	126/252 V	

### INDICADORES DE QUALIDADE DO SERVIÇO

Mês de referência: OUT 15

Conjunto Elétrico: SANTA MARIA		Limite Permitido	Verificado		
			Ano	Mês	
Horas que o cliente ficou sem energia	DIC	19,34	9,67	4,83	0,00
Vezes que o cliente ficou sem energia	FIC	12,45	6,22	3,11	0,00
Max. de horas contínuas que o cliente ficou sem energia	DMIC	-	-	2,69	0,00

Encargo de uso do sistema de distribuição (CM) 54,7

Atenção: o cliente tem direito de solicitar apuração do DIC, FIC e DMIC e ser compensado em caso de ultrapassagem do limite permitido. O processo de apuração dos indicadores técnicos da AES Eletropaulo é certificado pela norma ISO 9001-2008

### Composição do fornecimento e tributos cobrados nesta conta - Res. 166/2005

	Energia	Distribuição	Transmissão	Encargos	Tributos
R\$	61.50	20.18	3.76	21.81	48.59

Não constam débitos relativos às faturas vencidas no ano de 2015 e anos anteriores. Excluem-se desta declaração os valores eventualmente não faturados em razão de irregularidades constatadas posteriormente. Esta declaração substitui as quitações dos faturamentos mensais do ano de referência e anos anteriores.

- Unidade Consumidora faturada pela Tarifa Residencial Plena.
- Sua conta com vencimento em 26/11/2015 no valor de 198,93 foi quitada através de Débito Automático.

ICMS - Lei Estadual 6374 de 01/03/89  
 Valor da Nota Fiscal: R\$ 150,01 Base de Cálculo R\$ 155,84  
 Alíquota 25% - Valor R\$ 38,96

PRODUTO	QUANTIDADE	PORTARIA CAT61 VALOR UNITÁRIO	VALOR TOTAL
ENERGIA	223,00	0,69883	155,84
DEDUÇÃO	0,00	0,00000	0,00
OUTROS NÃO TRIBUTÁVEIS	0,00	0,00000	0,00

VALOR DA FATURA A PAGAR

150,01

**Tensão:**

120/240(BT)V

**Tarifa:**

B1 RESID

**Tarifa c/Imp:**

0,69883 R\$/kWh

## 9.2 – Previsão da Energia a ser Gerada

Média de Consumo: 217kWh/Mês

Consumo Anual de Energia: 2.604kWh/Ano

Deve-se definir juntamente ao cliente a economia desejada para o sistema.

### Cenários Possíveis

Economia Projetada (%)	Energia Gerada pelo Sistema FV (kWh/Ano)
100	2.604kWh/Ano
80	2.083kWh/Ano
60	1.562kWh/Ano

## 9.3 - Observação Consumo Mínimo

### Custo de Disponibilidade

Tipo de Conexão	Valor em reais equivalente (kWh)
Monofásica	30
Bifásica	50
Trifásica	100
Alta tensão	Demanda Contratada

ANEEL 2014

### Recalculando....

Mínimo de Consumo Mensal: 50kWh/mês (bifásico)

Economia de 100%

Energia Gerada Anual pelo Sistema FV:  $2604 - (12 \times 50) = 2.004\text{kWh/Ano}$

# 10. CAPACIDADE INSTALADA

- 10.1 – Introdução
- 10.2 – Avaliação do Recurso Solar
- 10.3 – Capacidade Instalada
- 10.4 – Número de Módulos

# 10.1 - Introdução



## Dados do Cliente

- Média de Consumo: 217kWh/Mês
- Consumo Anual de Energia:  
 $217\text{kWh} \times 12\text{meses} = 2.604\text{kWh}$   
 $2.604 - (12 \times 50) = 2.004\text{kWh}$

## Análise

- Economia desejada?
- Produtividade?
- Quantos Módulos?

## 10.2 – Avaliação do Recurso Solar

### ☀️ Horas de Sol Pleno (HSP):

$$HSP * 1 \text{ kW/m}^2 = E \downarrow \text{dia}$$

$E \downarrow \text{dia}$  é a energia solar acumulada ao longo de um dia.

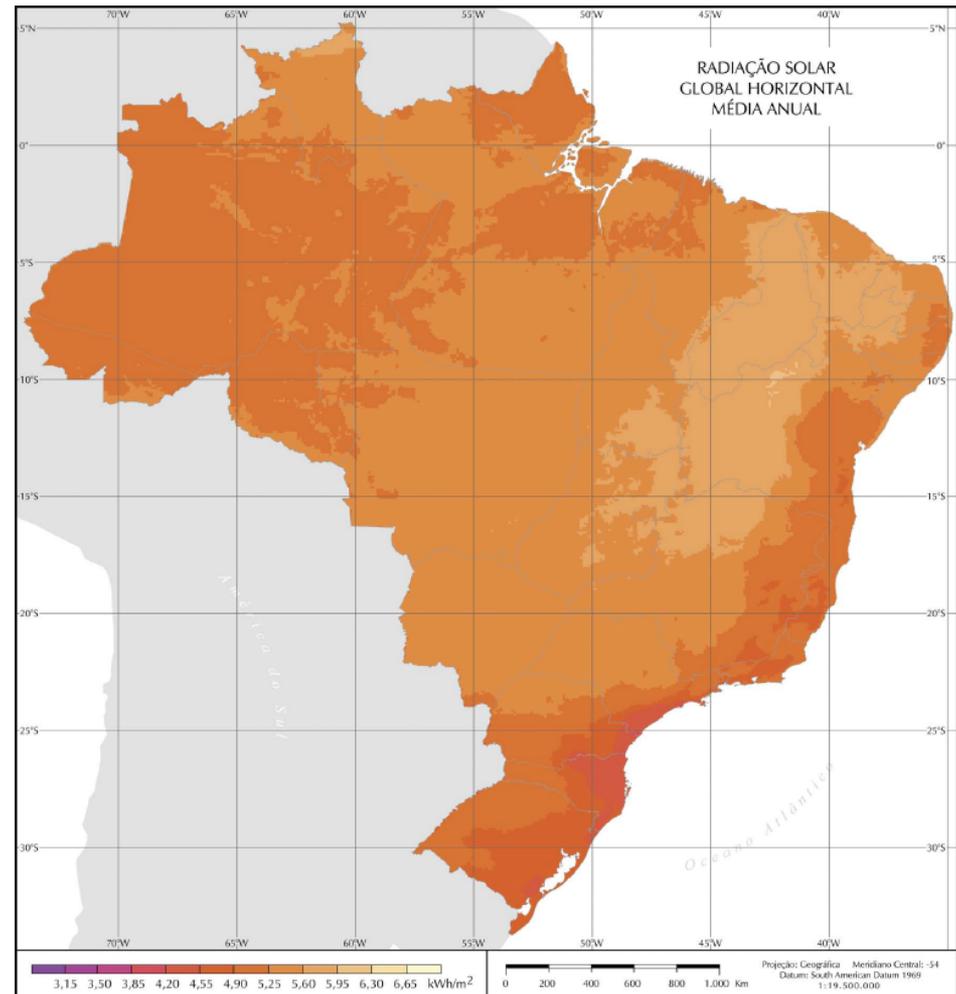
### ☀️ Produtividade - Y ( $Wh/Wp \times \text{Ano}$ ):

$$Y = HSP * 365 * PR$$

$$Y = HSP * 365 * PR$$

O fator PR (performance ratio): fator de perdas do sistema, por imprecisões na orientação e inclinação dos painéis.

### Radiação Global Horizontal – Média Anual



## 10.2 – Avaliação do Recurso Solar

A Figura 6.3 ajuda na compreensão da grandeza Horas de Sol Pleno.

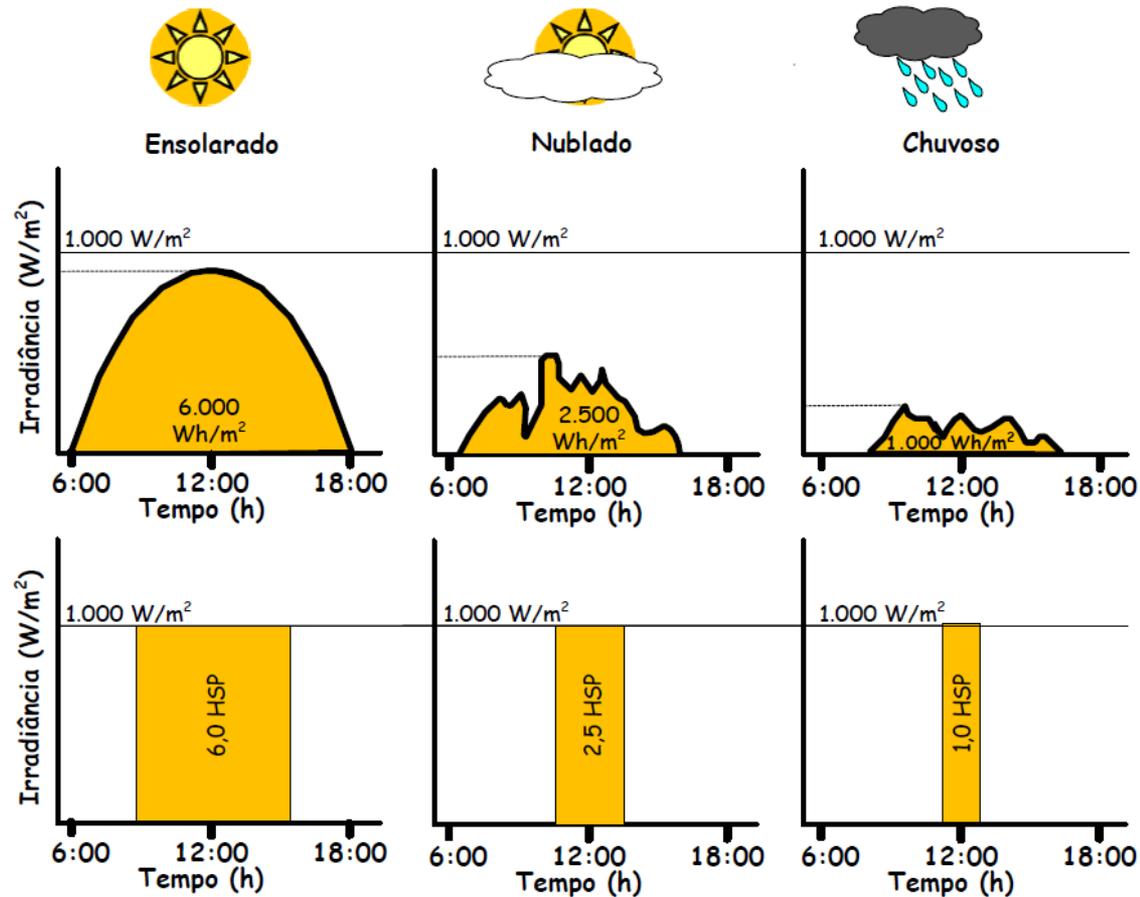


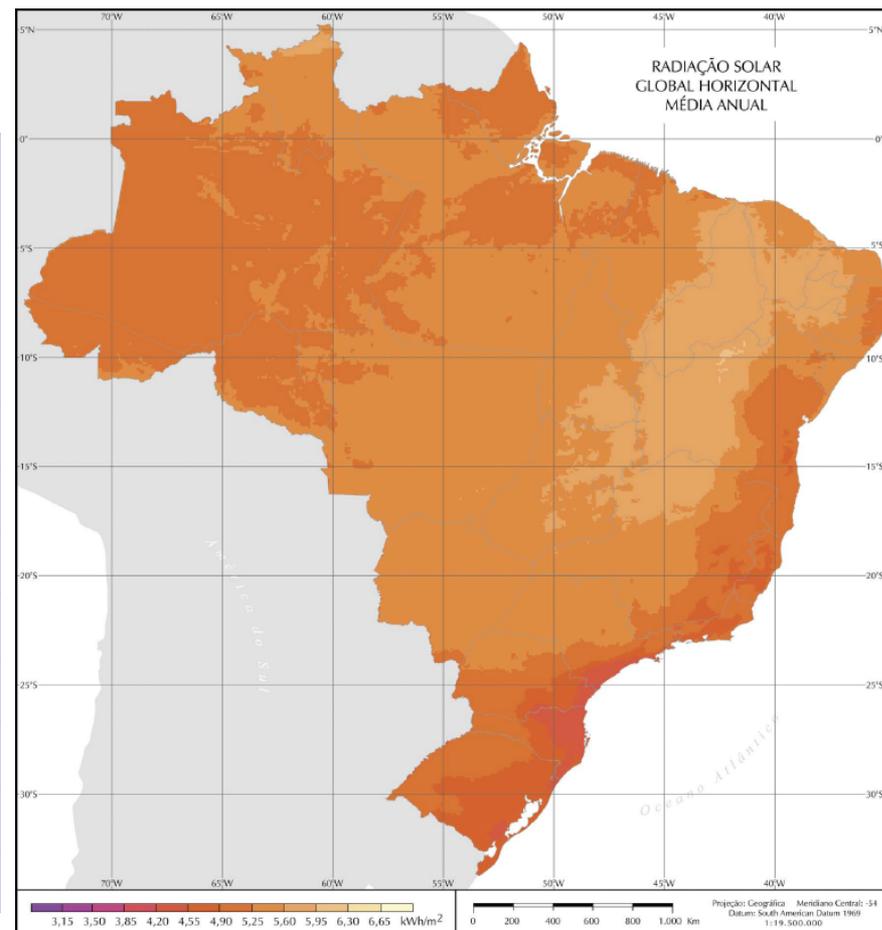
Figura 6.3 – Exemplo de perfis de radiação solar diária com valores equivalentes de HSP. Fonte: (PINHO et al., 2008).

## 10.2 – Avaliação do Recurso Solar

Com base na relação anterior podemos definir a seguinte tabela:

Radiação Solar Global Horizontal [ <i>kWh/m<sup>2</sup>.Dia</i> ]	PR considerado para a região	Produtividade FV [ <i>Wh/Wp.Ano</i> ]
3,85	0,75	1.053
4,2	0,75	1.149
4,55	0,75	1.245
4,9	0,75	1.341
5,25	0,75	1.437
5,6	0,7	1.430
5,95	0,7	1.520
6,3	0,7	1.609

PR - Performance Ratio



## 10.3 – Capacidade Instalada

$$Y = HSP * 365 * PR$$
$$Y = 4,7 * 0,75 * 365$$
$$Y = 1.286,6 kWh/kWp$$



$$\text{Energia/ano} = 2.004 kWh$$



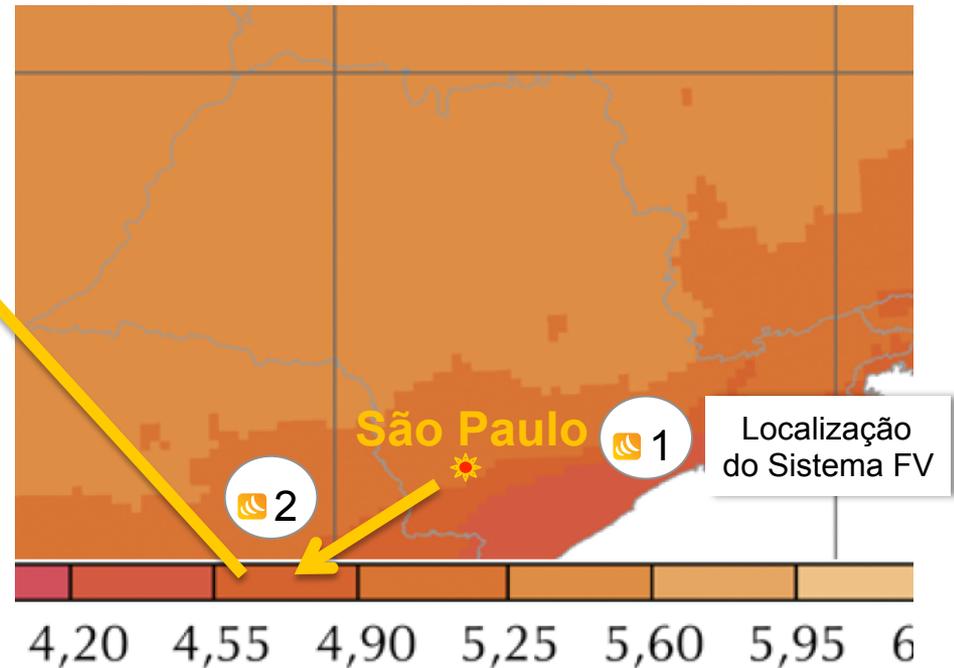
**Capacidade Instalada kWp**

$$= 2004 / 1.286,6$$



**Capacidade Instalada kWp**

$$= 1,56 kWp$$



Economia projetada de 100% da energia consumida

## 10.4 - Número de Módulos

1



**Capacidade Instalada kWp**

1,56 kWp

2

### Qual Módulo?

**Dados elétricos** (em condições de teste padrão (STC) radiação 1000 Watt/m<sup>2</sup> com espectro AM 1,5 na temperatura de célula de 25°C)

Tipo	Potência nominal P <sub>mp</sub>	Tensão nominal U <sub>mp</sub>	Corrente nominal I <sub>mp</sub>	Corrente de curto-circuito I <sub>sc</sub>	Tensão de curto-circuito U <sub>oc</sub>	Eficiência de módulo
AC-240P/156-60S	240 Wp	30,25 V	7,98 A	8,50 A	37,20 V	14,75 %
AC-245P/156-60S	245 Wp	30,36 V	8,13 A	8,67 A	37,50 V	15,06 %
← AC-250P/156-60S	250 Wp	30,70 V	8,18 A	8,71 A	37,80 V	15,37 %
AC-255P/156-60S	255 Wp	30,80 V	8,30 A	8,84 A	37,92 V	15,67 %

3

### Quantos Módulos?

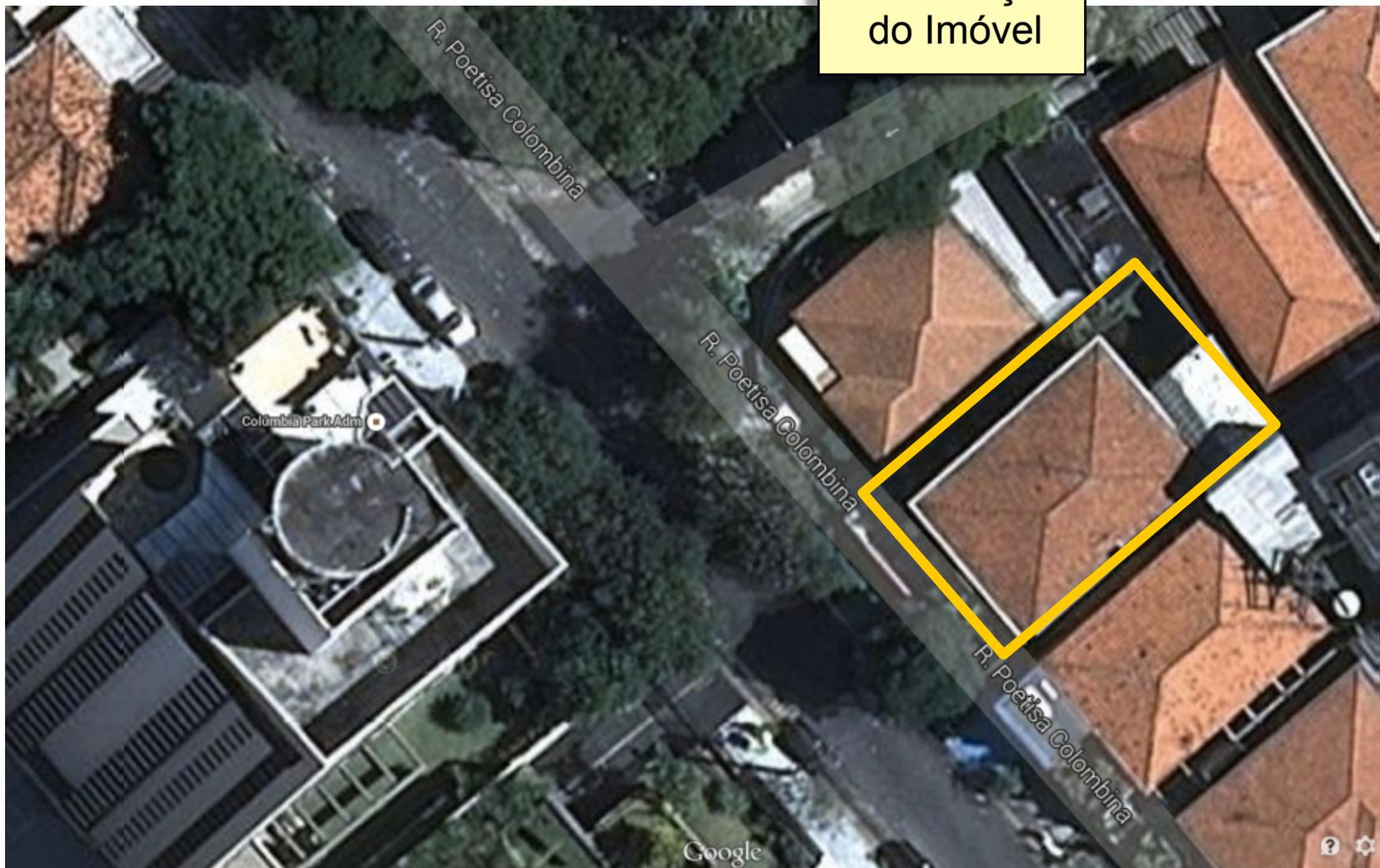
$N^{\circ} \text{Módulos} = 1560 / 250 \approx 7 \text{ módulos}$

# 11. ANÁLISE DO LOCAL E ENTORNO

- 11.1 – Local de Instalação
- 11.2 – Área Disponível
- 11.3 – Posicionamento (orientação)
- 11.4 – Posicionamento (inclinação)
- 11.5 – Condição de Instalação Real
- 11.6 – Análise de Sombreamento
- 11.7 – Condições Climáticas

## 11.1 – Local de Instalação

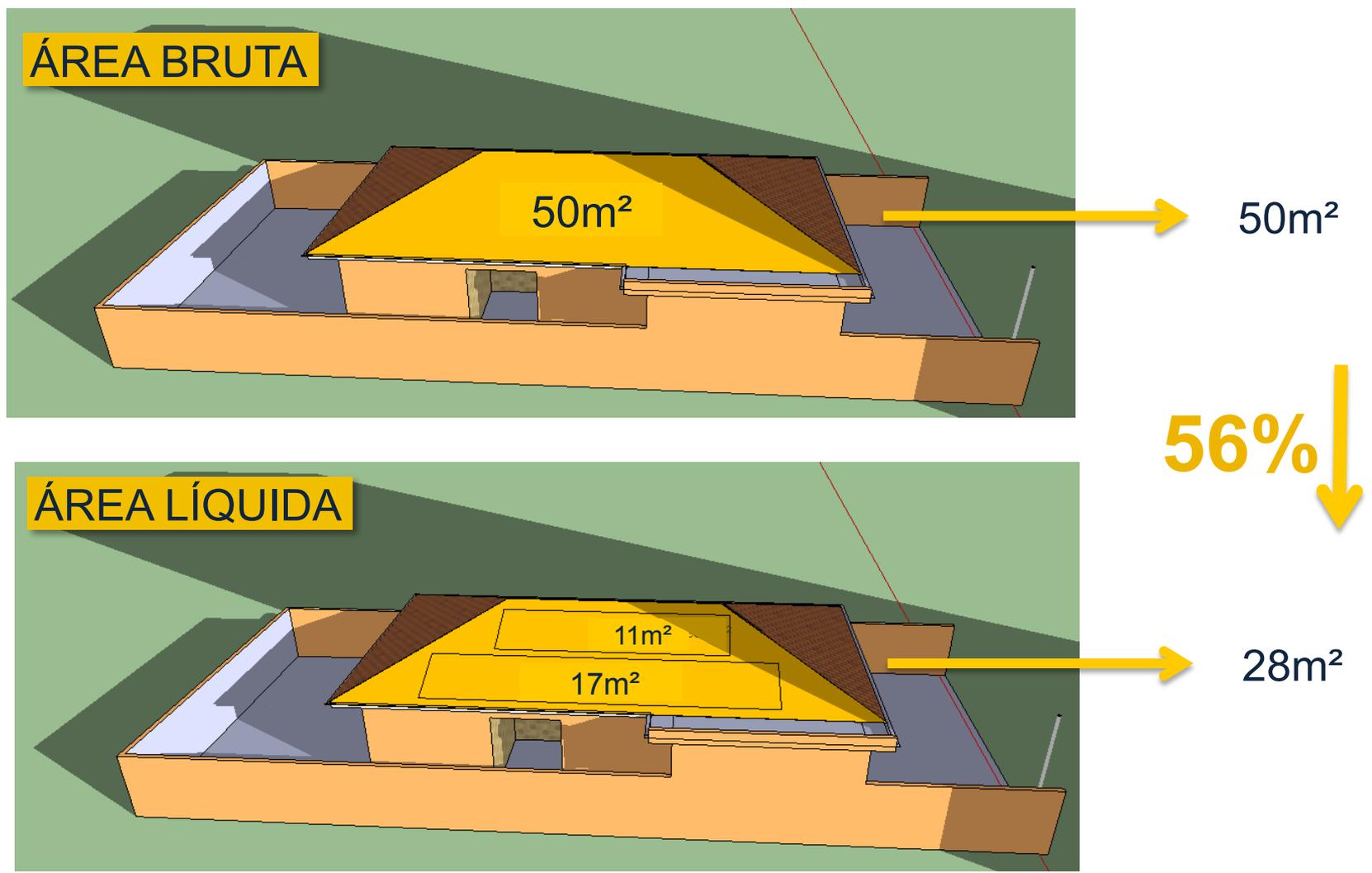
Identificação  
do Imóvel



## 11.2 - Área Disponível



# 11.2 - Área Disponível



## 11.2 - Área Disponível

- **Número máximo de módulos**

Área líquida disponível:  $28m^2$

Área de um módulo:  $1,64 \times 0,992 = 1,63m^2$

*Nº Máximo de Módulos =  $28 / 1,63 \approx 17$*

### Mecanical data

L x W x H

1640 x 992 x 40 mm

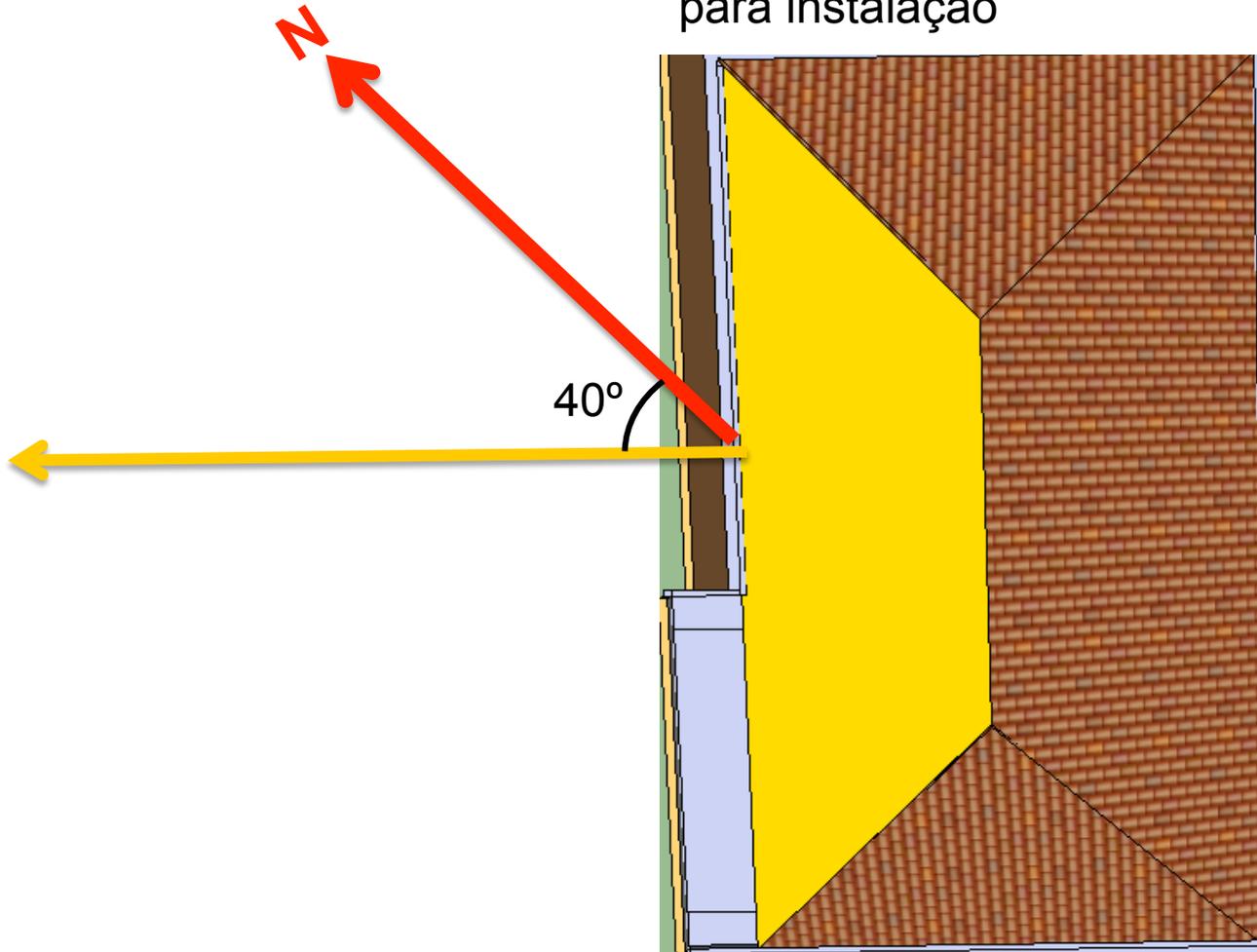
Weight

19,5 kg with frame

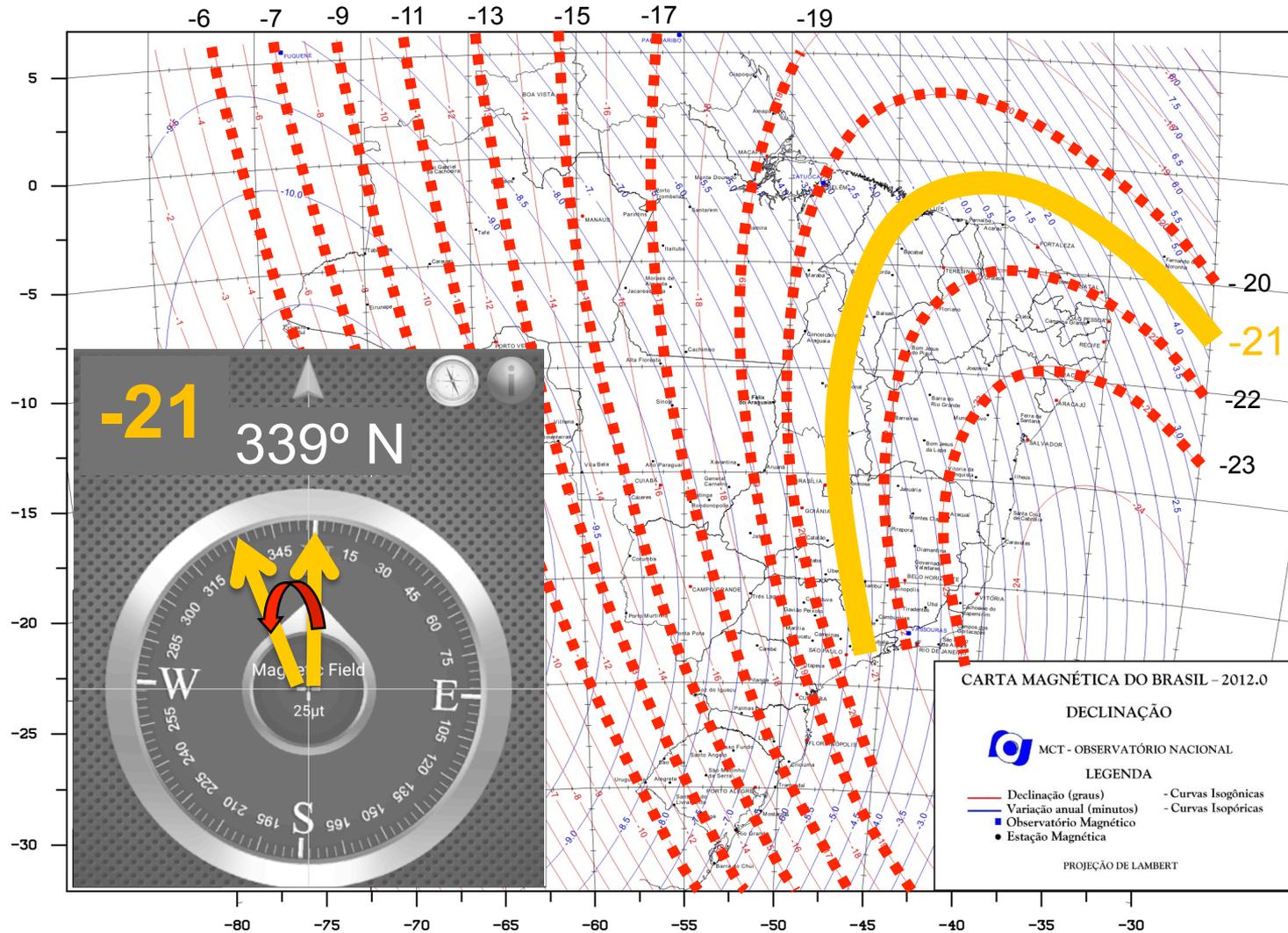
Vemos que é possível a instalação de 7 painéis.

## 11.3 – Posicionamento (orientação)

Área disponível  
para instalação



# 11.3 – Posicionamento (orientação)

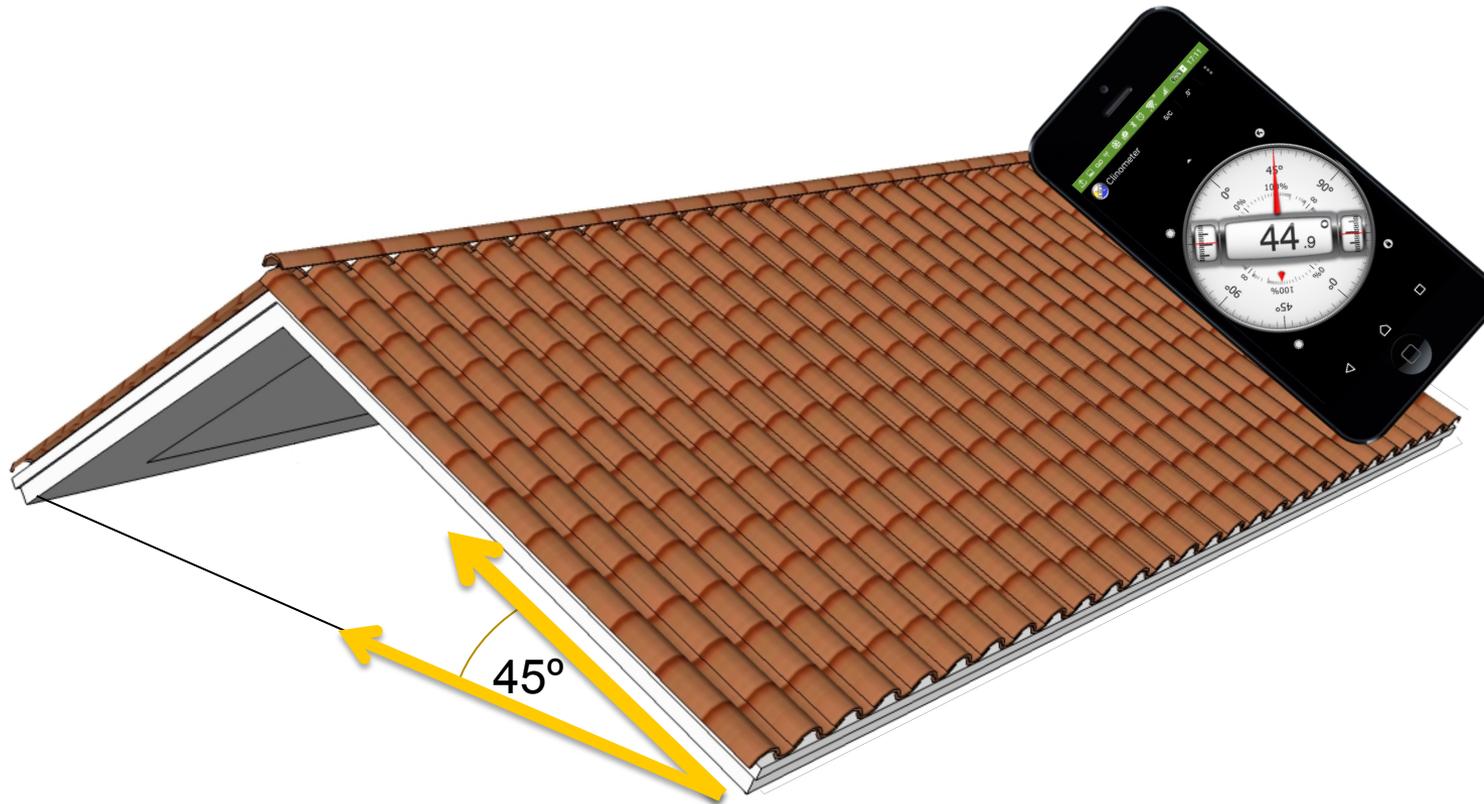


## 11.4 – Posicionamento (inclinação)

Valor ideal é igual ao da latitude local.

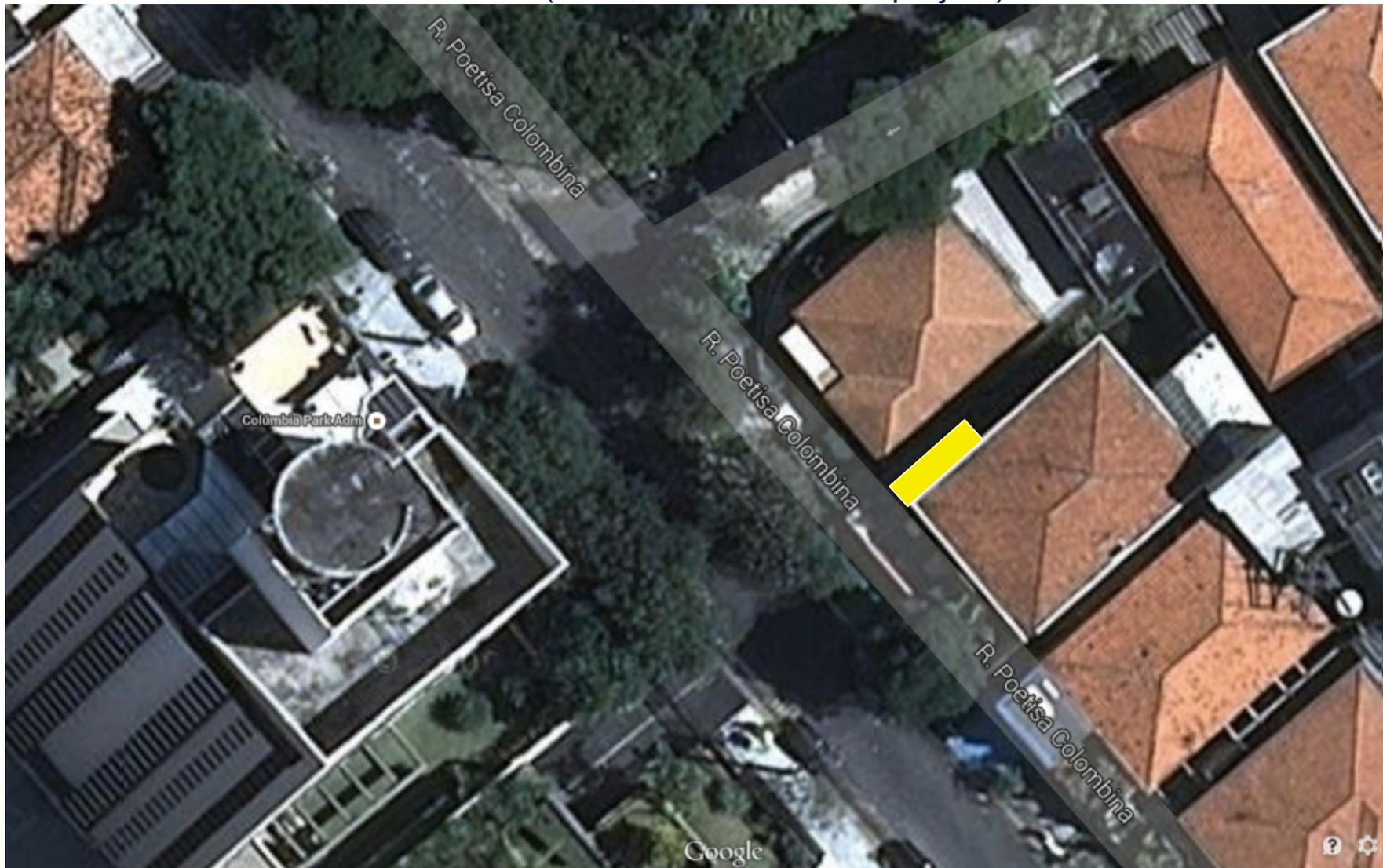
São Paulo – Latitude  $23.55^\circ$

Inclinação do telhado deve ser compensada com a inclinação da estrutura dos painéis, quando viável.

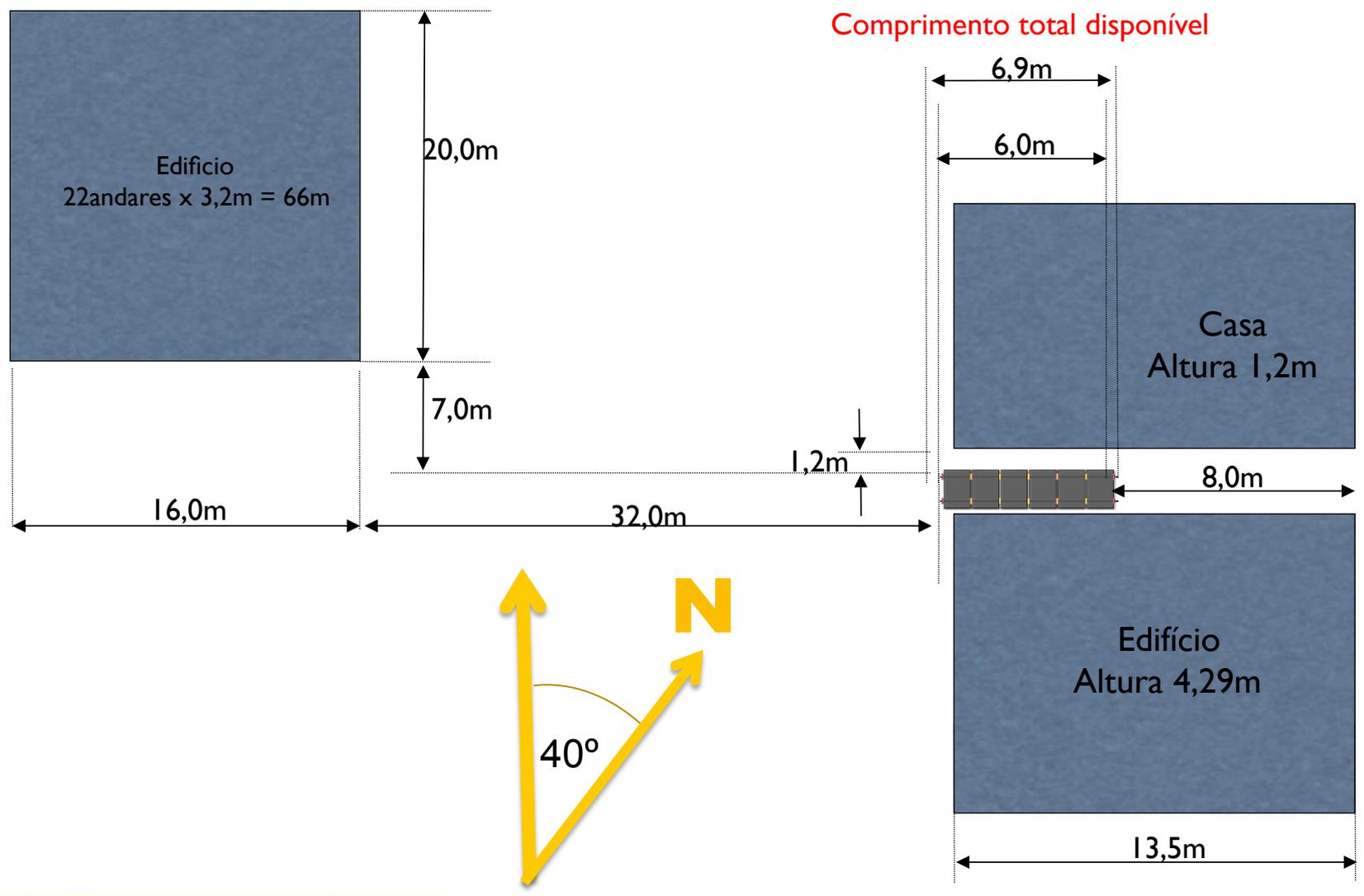


## 11.5 – Condição de Instalação Real

- Área Escolhida na Prática (devido à finalidade do projeto)



# 11.5 – Condição de Instalação Real



## 11.5 – Condição de Instalação Real

- Número Máximo de Módulos

Comprimento total disponível (mostrado no slide anterior) é limitado por um portão e uma parede: 6,9m

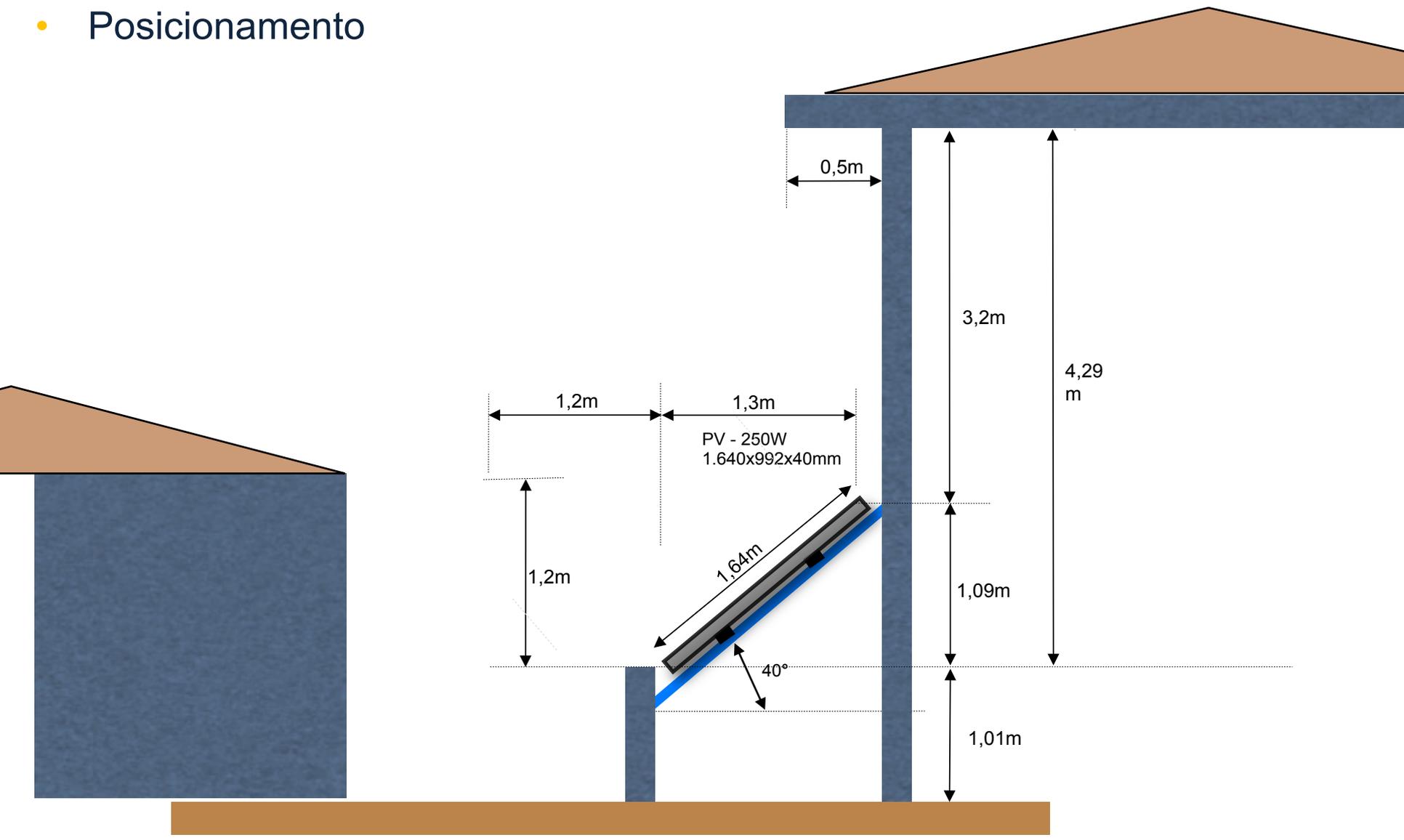
Comprimento de 1 painel: 0,992m

$$N^{\circ} \text{ Máximo de Módulos} = 6,9 / 0,992 = 6,956 \approx 6$$

Logo, a quantidade de painéis calculada anteriormente deve ser reduzida.

# 11.5 – Condição de Instalação Real

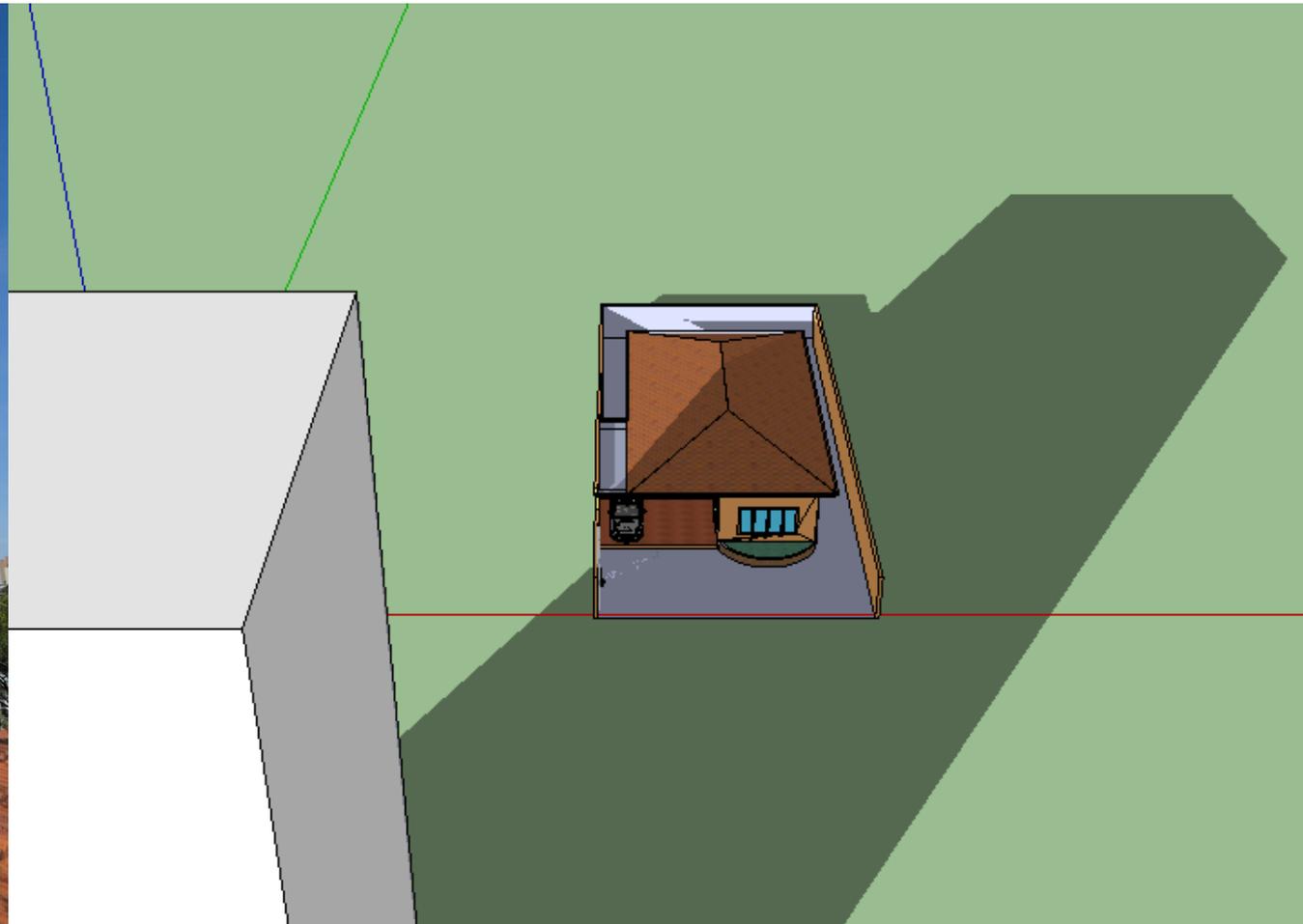
- Posicionamento



## 11.6 - Análise de Sombreamento

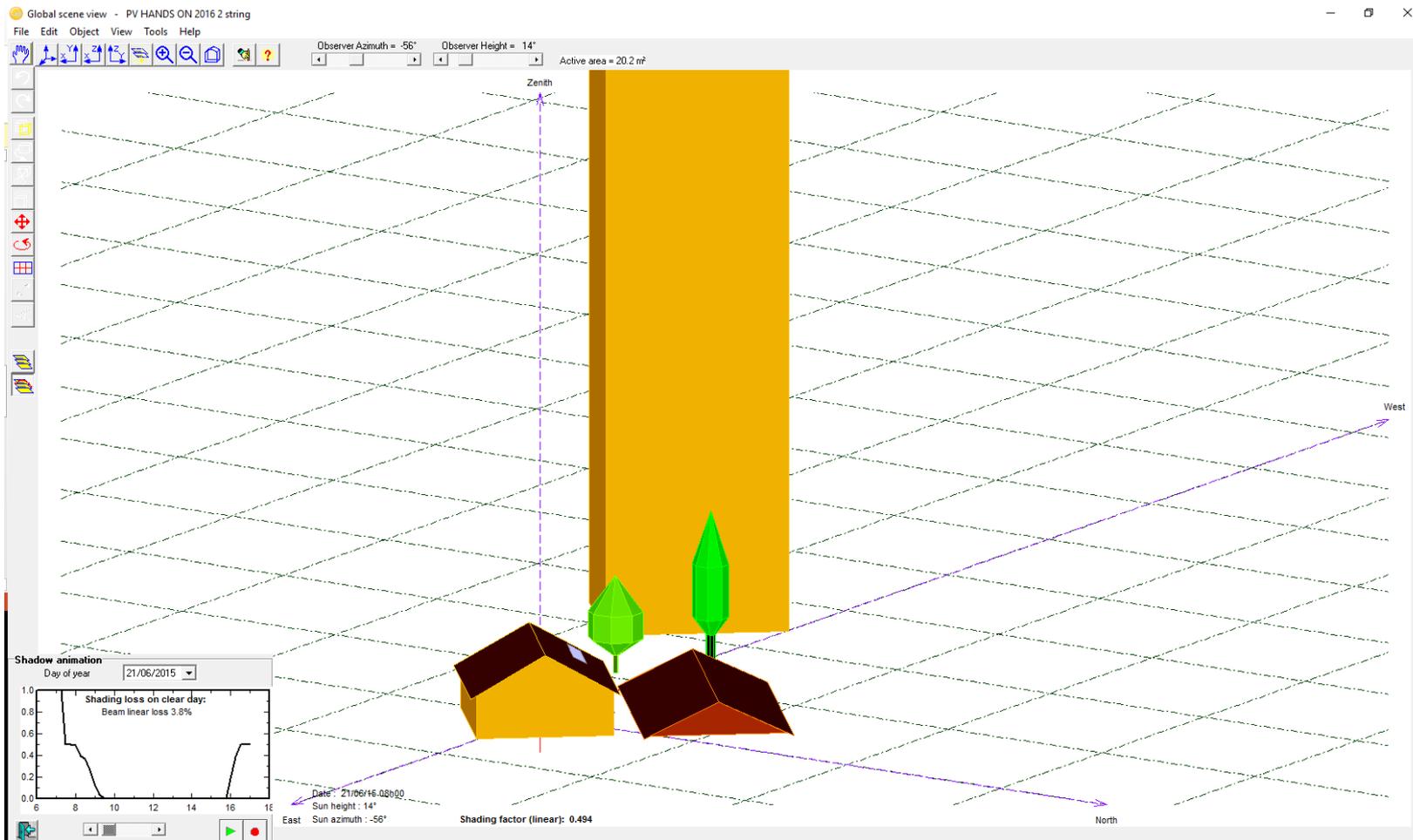


## 11.6 - Análise de Sombreamento



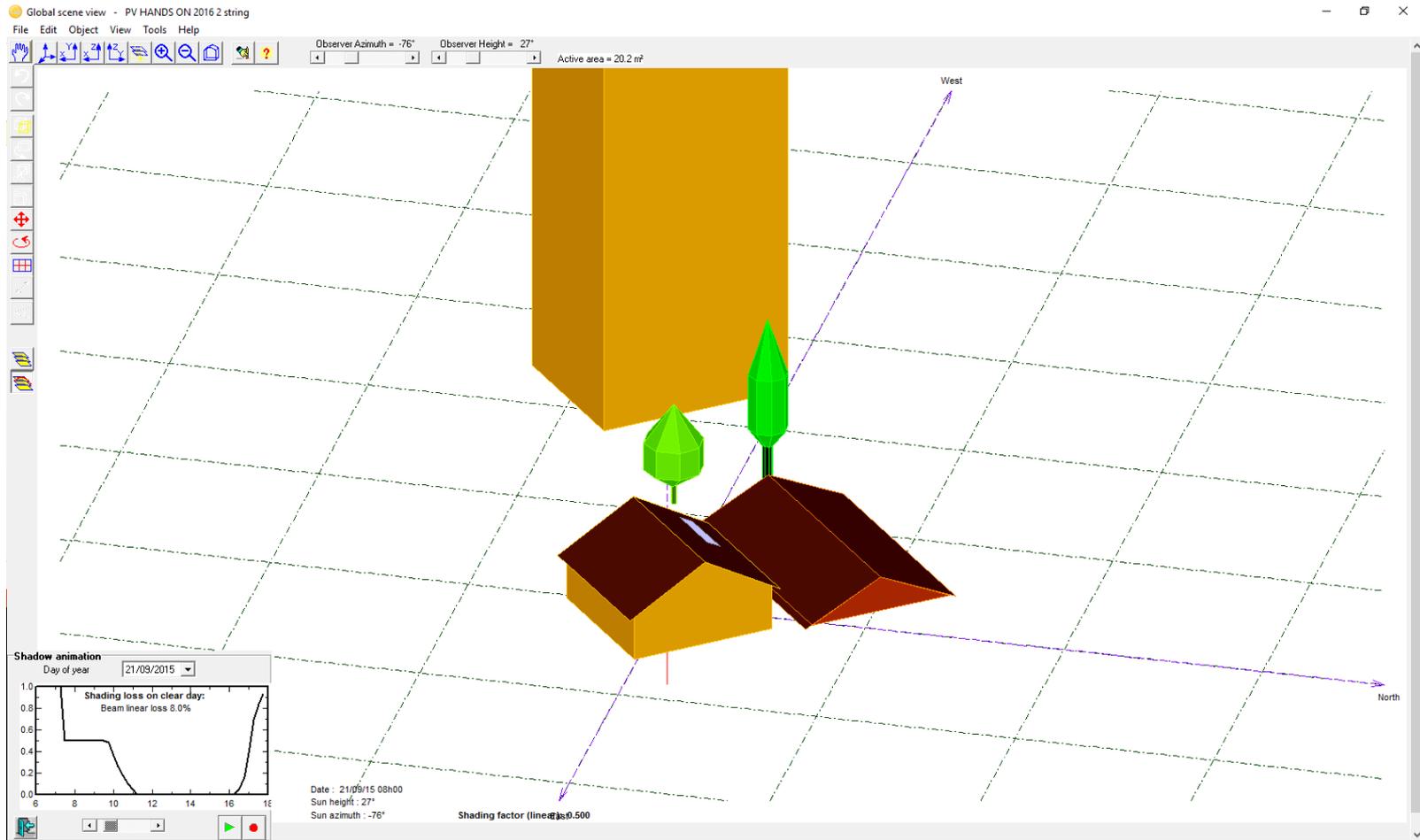
# 11.6 - Análise de Sombreamento

21 de Junho  
08:00h



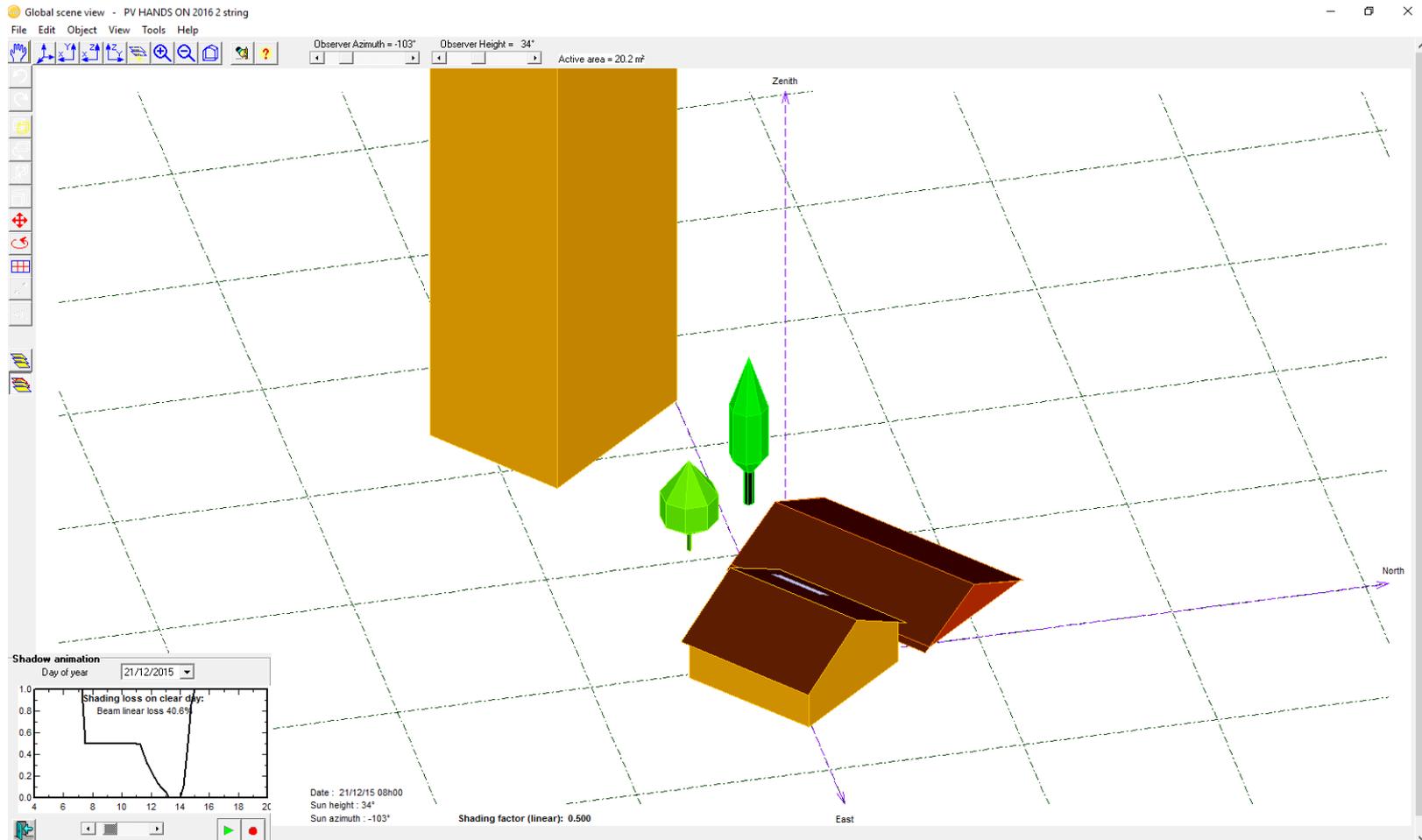
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Setembro 08:00h



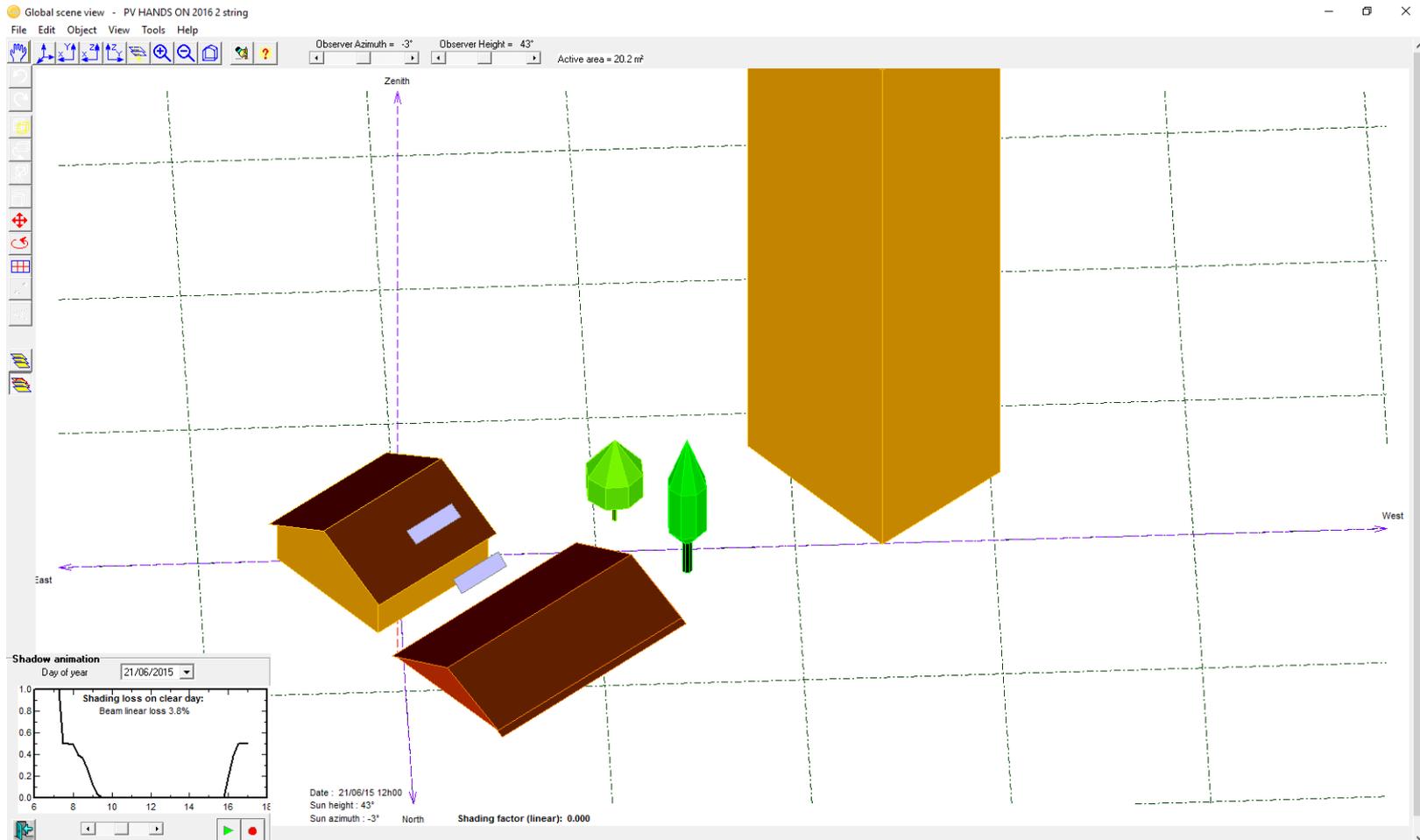
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Dezembro 08:00h



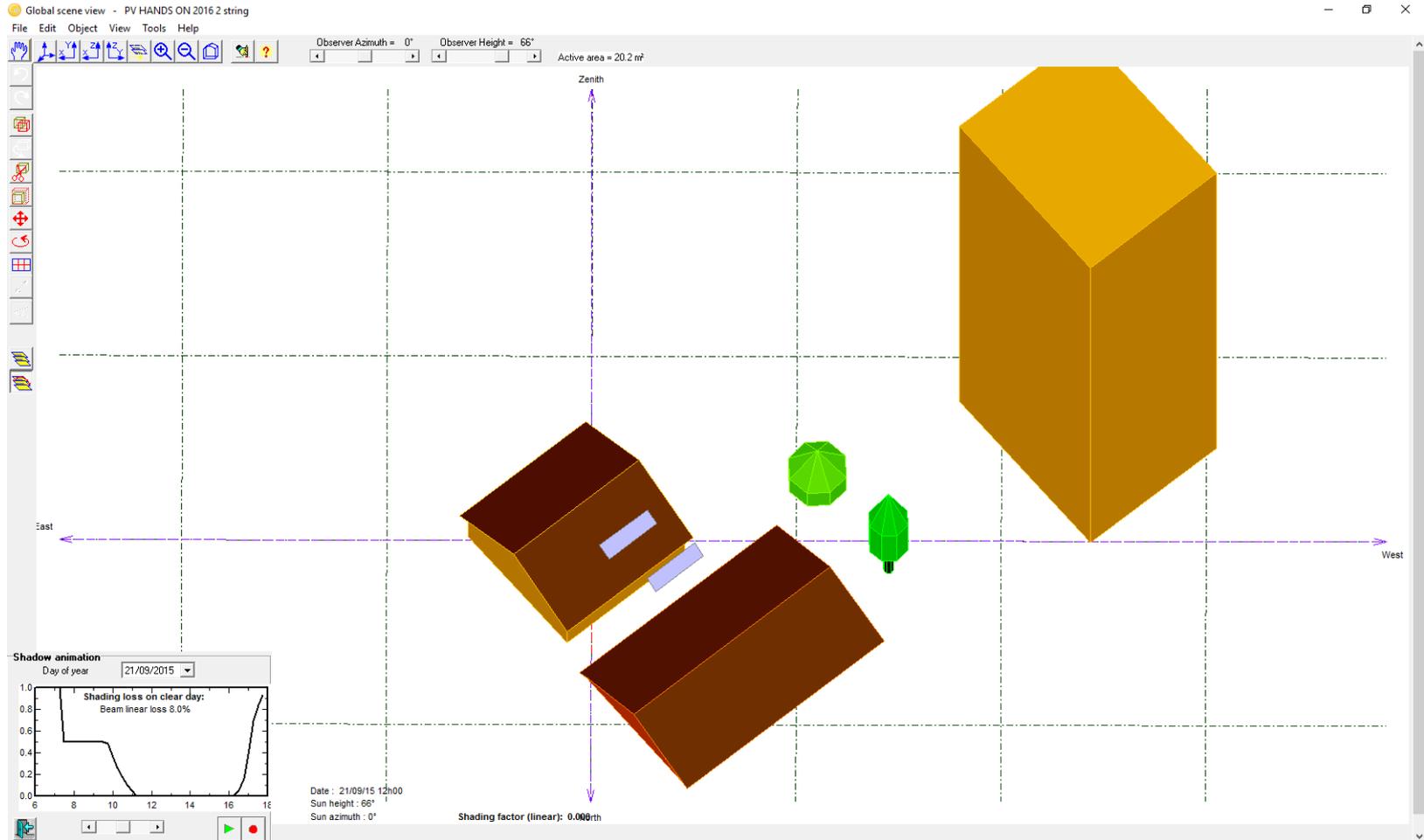
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Junho 12:00h



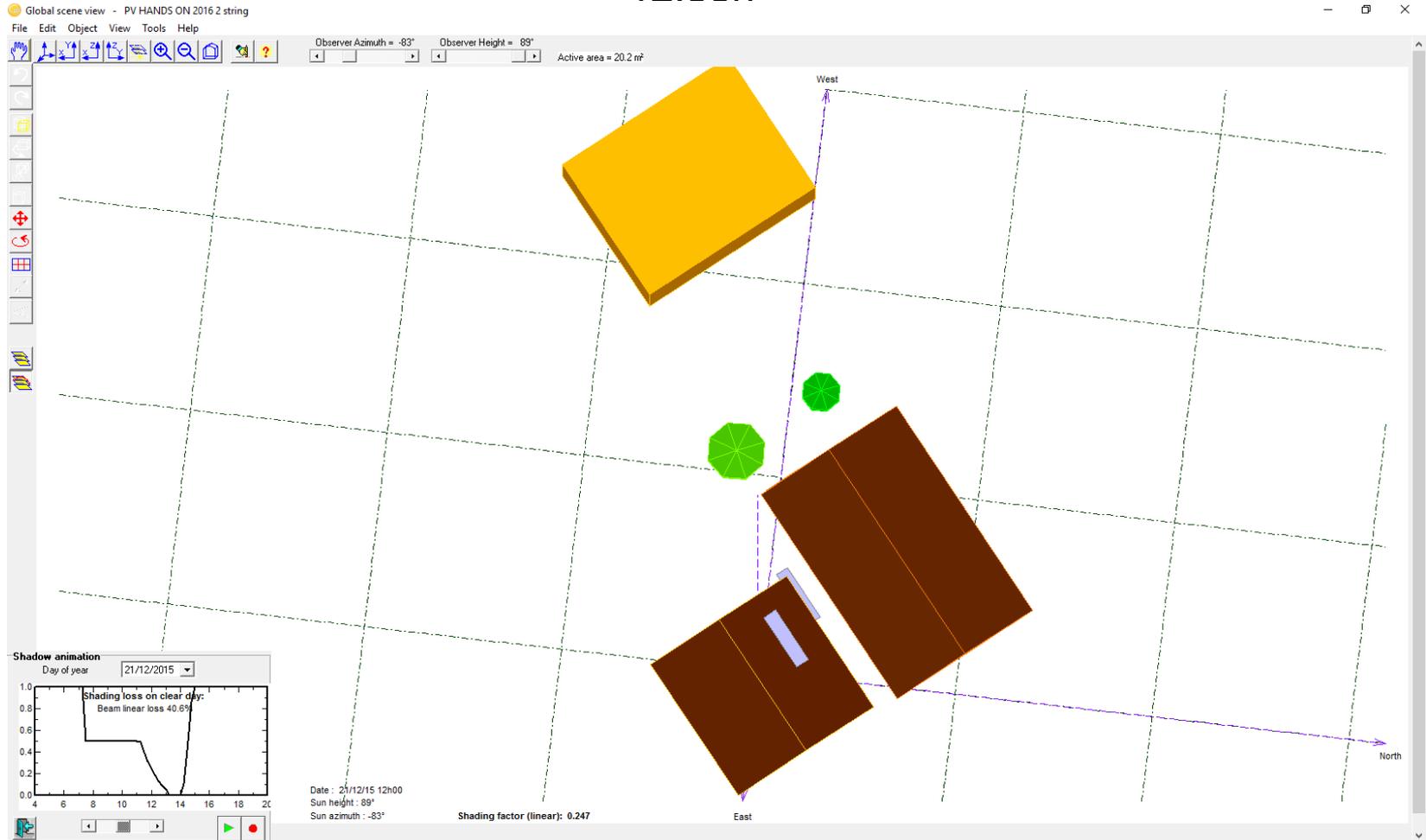
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Setembro 12:00h



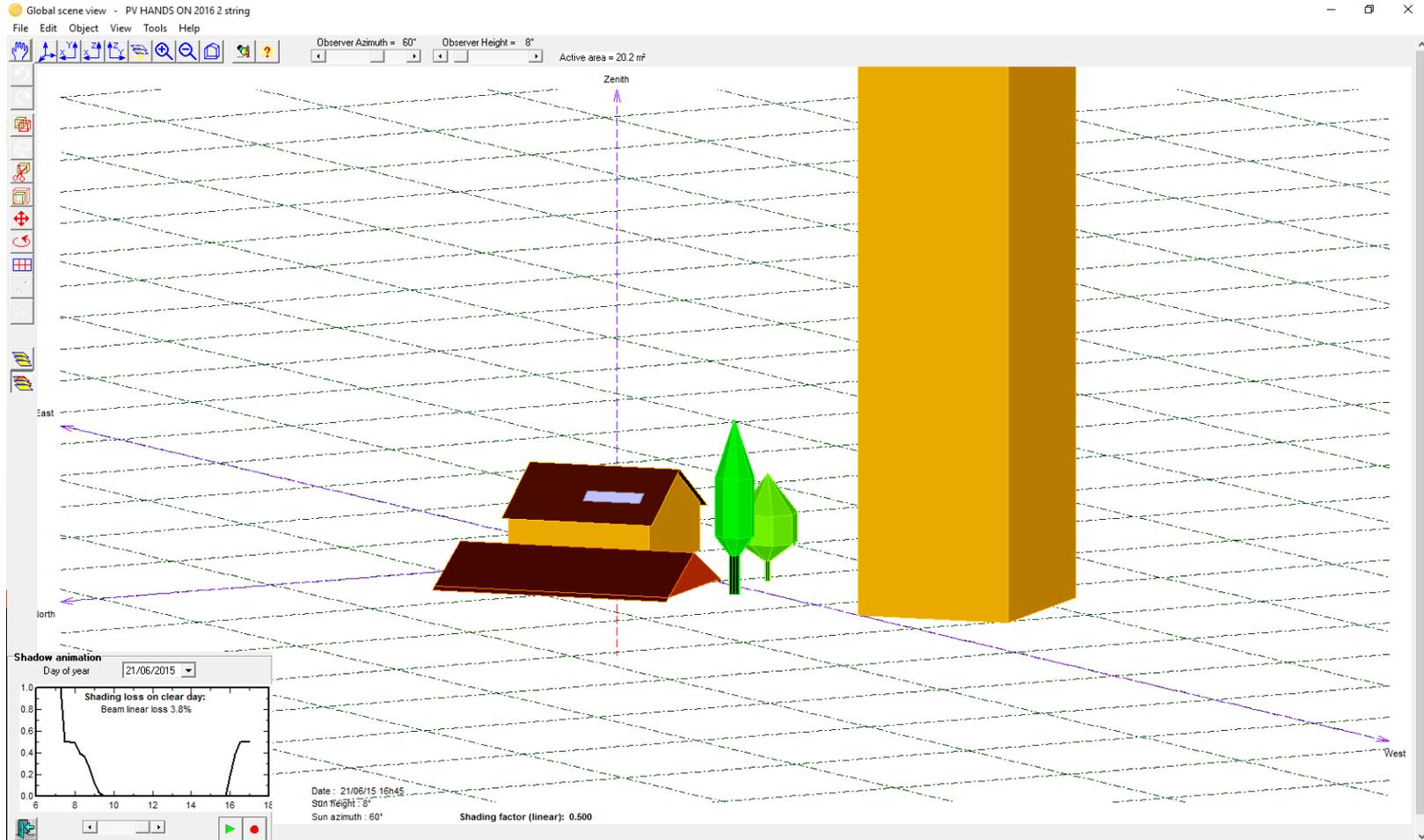
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Dezembro 12:00h



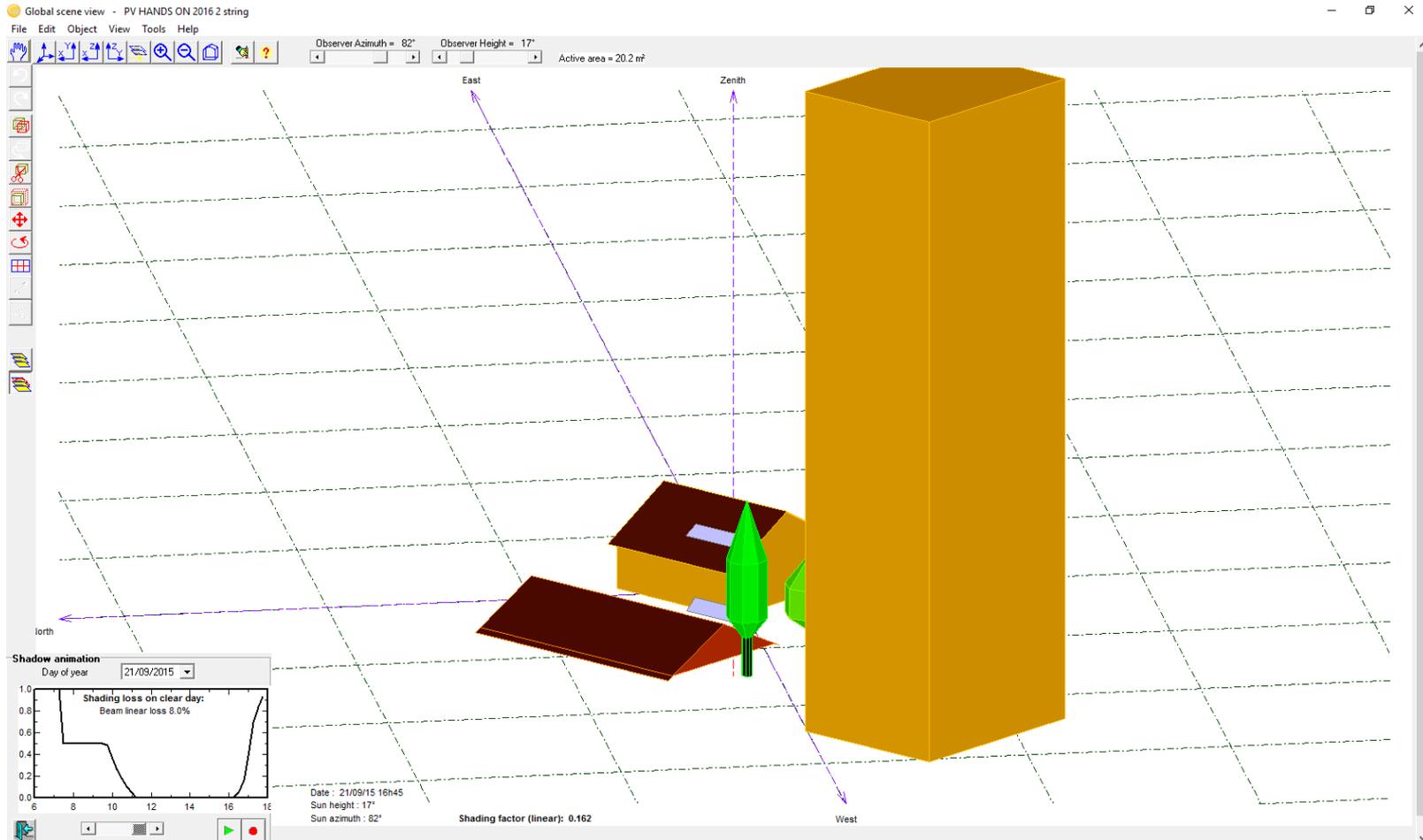
# 11.6 - Análise de Sombreamento

21 de Junho  
16:45h



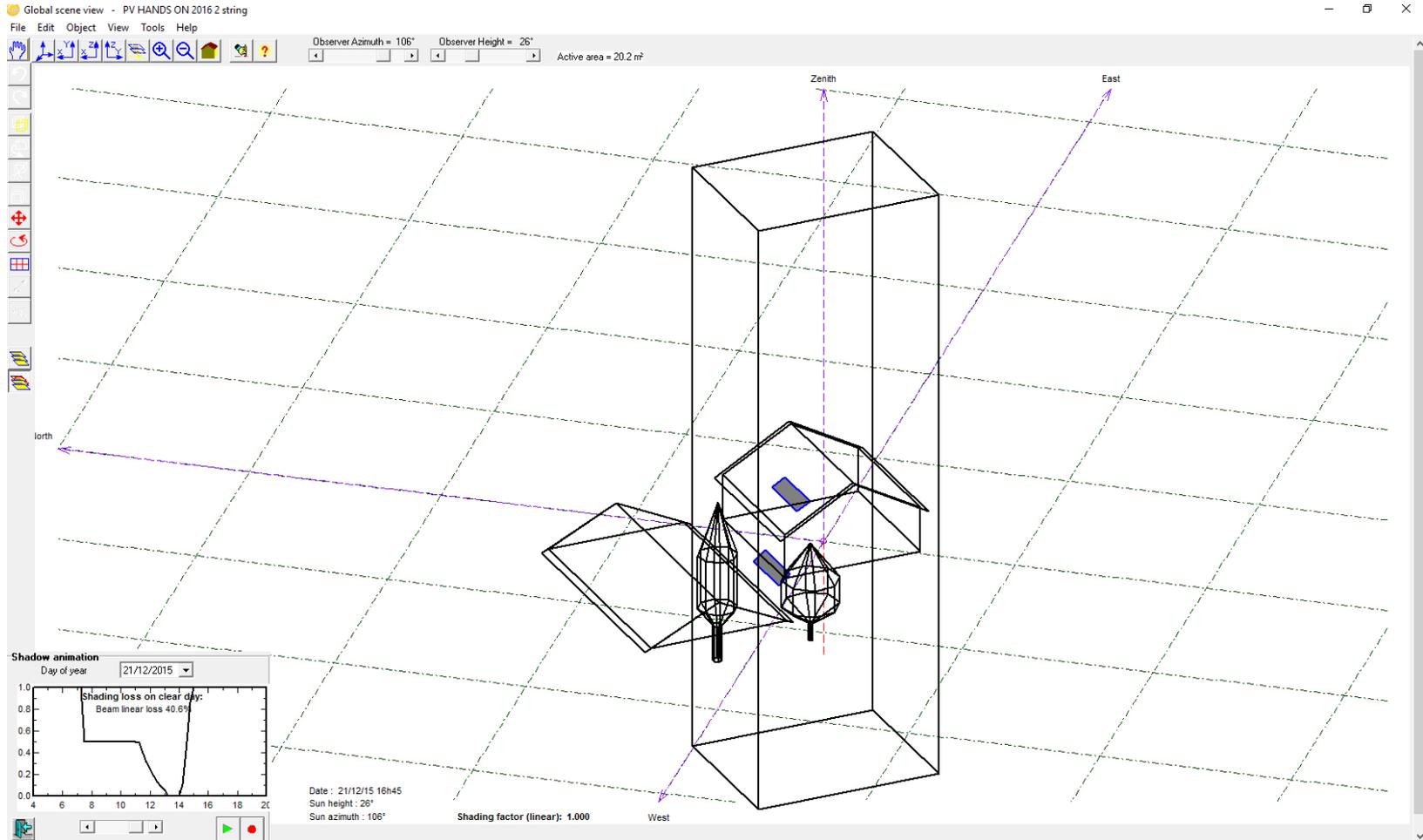
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Setembro 16:45h



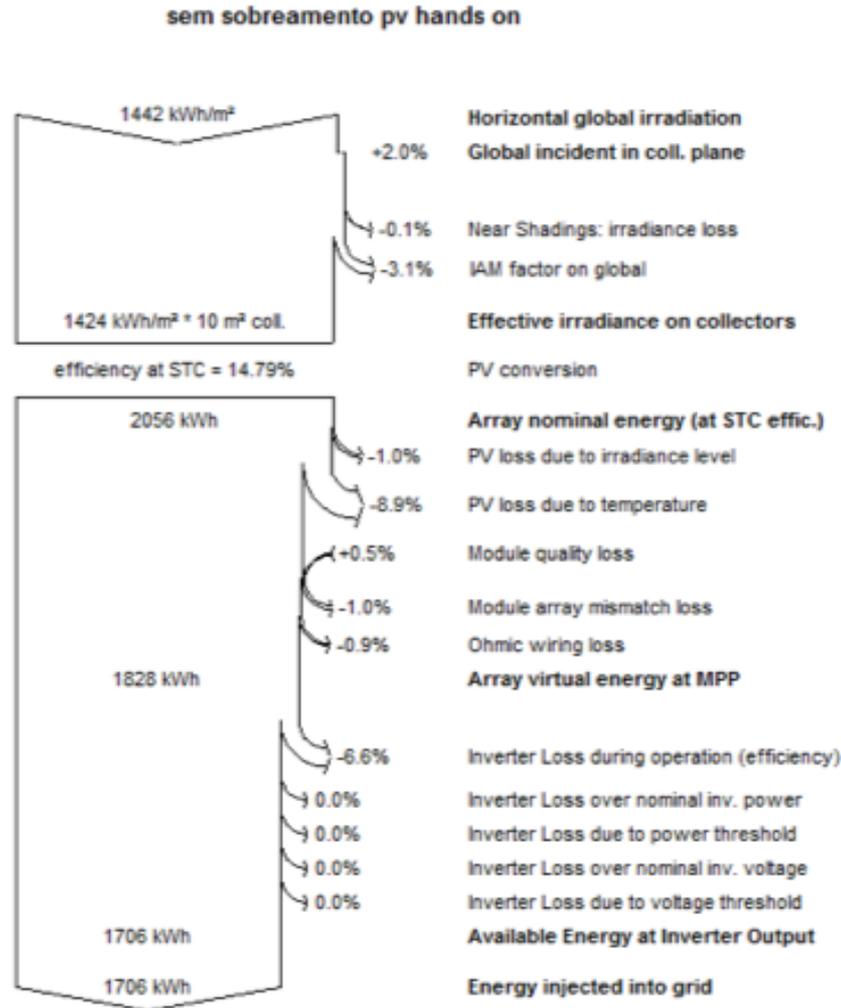
# 11.6 - Análise de Sombreamento

## 21 de Dezembro 16:45h



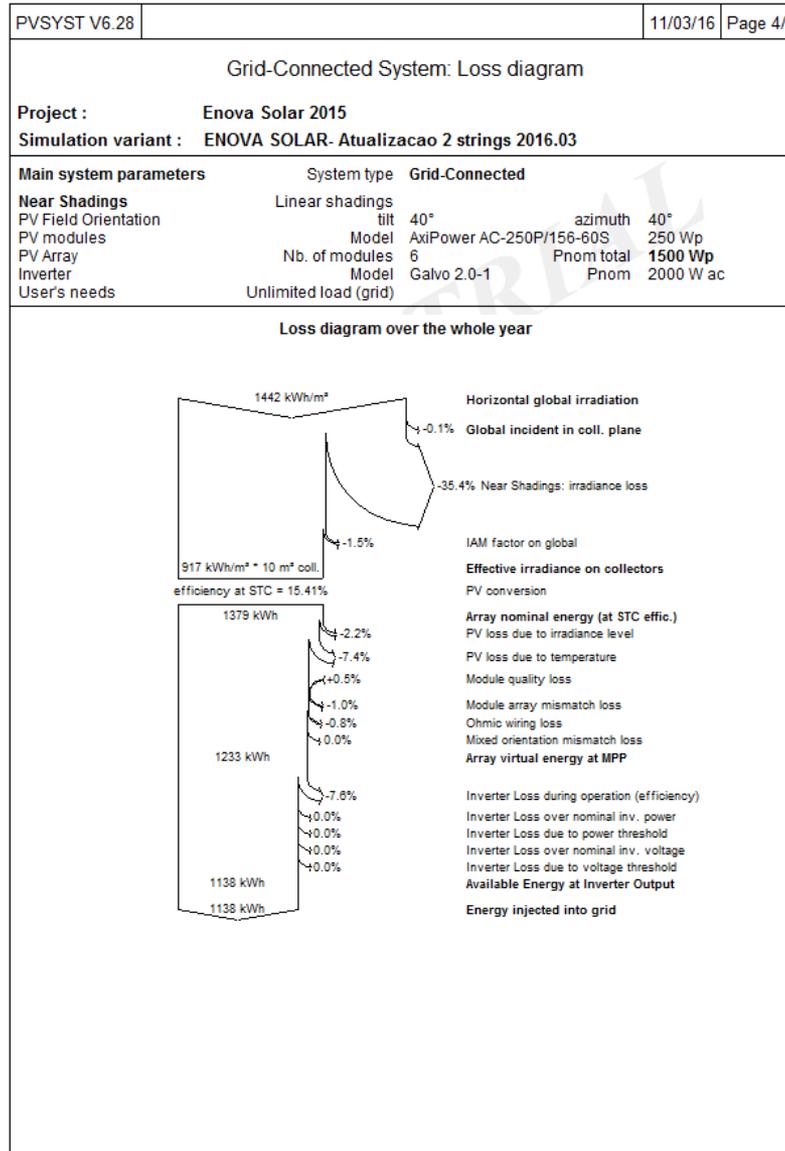
# 11.6 - Análise de Sombreamento

Simulação sem sombreamento



# 11.6 Análise de Sombreamento

Simulação com  
sombreamento



## 11.7 - Condições Climáticas

Dados climatológicos históricos obtidos nos últimos 15 anos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia):

Temperatura Máxima [°C]	Temperatura Mínima [°C]
37,8	4,1

- Coeficientes de temperatura dos painéis:

### Temperature coefficients

Voltage Uoc	-0,33 %/K
Current Isc	0,06 %/K
Output Pmpp	-0,44 %/K

# 12. DIMENSIONAMENTO

- ☞ 12.1 - Dimensionamento do Inversor
- ☞ 12.2 - Compatibilidade com a Rede
- ☞ 12.3 - Quantidade de Módulos por String
- ☞ 12.4 - Estrutura
- ☞ 12.5 - Diagrama Unifilar
- ☞ 12.6 - Condutores
- ☞ 12.7 - Fusíveis
- ☞ 12.8 - Disjuntores
- ☞ 12.9 - DPS (Dispositivo de Proteção contra Surto)
- ☞ 12.10 - Diagrama Multifilar
- ☞ 12.11 - Aterramento
- ☞ 12.12 - Previsão de Geração
- ☞ 12.13 - Expansão do Sistema

## 12.1 – Dimensionamento do Inversor

- Tensões máxima e mínima de saída dos painéis:

**Dados elétricos** (em condições de teste padrão (STC) radiação 1000 Watt/m<sup>2</sup> com espectro AM 1,5 na temperatura de célula de 25°C)

Tipo	Potência nominal P <sub>mpp</sub>	Tensão nominal U <sub>mpp</sub>	Corrente nominal I <sub>mpp</sub>	Corrente de curto-circuito I <sub>sc</sub>	Tensão de curto-circuito U <sub>oc</sub>	Eficiência de módulo
AC-240P/156-60S	240 Wp	30,25 V	7,98 A	8,50 A	37,20 V	14,75 %
AC-245P/156-60S	245 Wp	30,36 V	8,13 A	8,67 A	37,50 V	15,06 %
AC-250P/156-60S	250 Wp	30,70 V	8,18 A	8,71 A	37,80 V	15,37 %
AC-255P/156-60S	255 Wp	30,80 V	8,30 A	8,84 A	37,92 V	15,67 %



### 1 Cálculo Limite Superior de Tensão

$$V_{max} = N^{\circ} \text{painéis} \times Voc \downarrow \text{ajust}$$

$$Voc \downarrow \text{ajust} = Voc \times (1 + (T_{min} - 25) \times C_{temp} \downarrow Voc)$$

$$V_{max} = 6 \times 40,4$$

$$Voc \downarrow \text{ajust} = 37,8 \times (1 + (4,1 - 25) \times (-0,33\% / K))$$

$$V_{max} = 242,4V$$

$$Voc \downarrow \text{ajust} = 40,4V$$

## 12.1 – Dimensionamento do Inversor

- Tensões máxima e mínima de saída dos painéis:

**Dados elétricos** (em condições de teste padrão (STC) radiação 1000 Watt/m<sup>2</sup> com espectro AM 1,5 na temperatura de célula de 25°C)

Tipo	Potência nominal P <sub>mpp</sub>	Tensão nominal U <sub>mpp</sub>	Corrente nominal I <sub>mpp</sub>	Corrente de curto-circuito I <sub>sc</sub>	Tensão de curto-circuito U <sub>oc</sub>	Eficiência de módulo
AC-240P/156-60S	240 Wp	30,25 V	7,98 A	8,50 A	37,20 V	14,75 %
AC-245P/156-60S	245 Wp	30,36 V	8,13 A	8,67 A	37,50 V	15,06 %
AC-250P/156-60S	250 Wp	30,70 V	8,18 A	8,71 A	37,80 V	15,37 %
AC-255P/156-60S	255 Wp	30,80 V	8,30 A	8,84 A	37,92 V	15,67 %



### Cálculo Limite Inferior de Tensão

$$V_{min} = N^{\circ} \text{painéis} \times V_{mpp \downarrow ajust}$$

$$V_{mpp \downarrow ajust} = V_{mpp} \times (1 + (T_{max} - 25) \times C_{temp \downarrow V_{mpp}})$$

$$V_{max} = 6 \times 24,9$$

$$V_{mpp \downarrow ajust} = 30,7 \times (1 + (37,8 + 30 - 25) \times (-0,44\% / K))$$

$$V_{min} = 6 \times 24,9 = 149,4V$$

$$V_{mpp \downarrow ajust} = 24,9V$$

## 12.1 – Dimensionamento do Inversor

- Corrente máxima e potência nominal de saída:

**Dados elétricos** (em condições de teste padrão (STC) radiação 1000 Watt/m<sup>2</sup> com espectro AM 1,5 na temperatura de célula de 25°C)

Tipo	Potência nominal P <sub>mpp</sub>	Tensão nominal U <sub>mpp</sub>	Corrente nominal I <sub>mpp</sub>	Corrente de curto-circuito I <sub>sc</sub>	Tensão de curto-circuito U <sub>oc</sub>	Eficiência de módulo
AC-240P/156-60S	240 Wp	30,25 V	7,98 A	8,50 A	37,20 V	14,75 %
AC-245P/156-60S	245 Wp	30,36 V	8,13 A	8,67 A	37,50 V	15,06 %
AC-250P/156-60S	250 Wp	30,70 V	8,18 A	8,71 A	37,80 V	15,37 %
AC-255P/156-60S	255 Wp	30,80 V	8,30 A	8,84 A	37,92 V	15,67 %

$$P_{mpp} = N^{\circ} \text{ painéis} \times 250$$

$$P_{mpp} = 6 \times 250 = 1500$$

$$I_{max} = N^{\circ} \text{ strings} \times I_{sc}$$

$$I_{max} = 1 \times 8,71 = 8,71 A$$

- Condições de Conexão à Rede:

$$V_{inversor} = 230 - 240 V$$

$$Frequência = 60 Hz$$

## 12.1 – Dimensionamento do Inversor

- Inversor escolhido para a instalação: Fronius Galvo 2.0kW
- Compatibilidade de dados:

INPUT DATA	Fronius Galvo 2.0-1
Max. input current ( $I_{dc\ max}$ )	17.8 A
Max. array short circuit current	26.8 A
Min. input voltage ( $U_{dc\ min}$ )	120 V
Feed-in start voltage ( $U_{dc\ start}$ )	140 V
Nominal input voltage ( $U_{dc,r}$ )	260 V
Max. input voltage ( $U_{dc\ max}$ )	420 V
MPP voltage range ( $U_{mpp\ min} - U_{mpp\ max}$ )	120 - 335 V
Number of MPP trackers	1
Number of DC connections	3

	Inversor	Painéis	
Vmax [V]	420	 1	242,4 ✓
Vmin [V]	120	 2	149,4 ✓
I <sub>max</sub> [A]	26,8		8,71 ✓
Pot. Nominal [W]	2000		1500 ✓

## 12.2 - Compatibilidade com a Rede

Medidor 14713507 Fator Multiplicador 0 Classe/Subclasse Resid/Resid Faturamento Monofásico Tipo de Tarifa B1\_RESID

Tensão Nominal 120/240 (BT) V Tensão Mínima 110/221 V Tensão Máxima 126/252 V

**Errado**

Padrão de entrada bifásico a 240V

### Saída do inversor:

DADOS DE SAÍDA	
Saída Nominal	2.000 W
Potência de saída máx.	2.000 VA
Corrente de saída max.	9.7 A
Grid de conexão	1~NPE 230 V
Tensão de saída min.	180 V
Tensão de saída max	270 V
Frequencia	50/60 Hz
Faixa de frequencia	45 - 60 Hz

Nível da tensão e saída é adequado

Tensões máximas e mínimas podem ser ajustadas

## 12.3 - Quantidade de Módulos por String

### 1 Quantidade máxima de módulos

$$V_{oc\downarrow ajustado} = 37,8 \times (1 + (4,1 - 25) \times (-0,33\%/K)) = 40,4V$$

$$Qtde\ Max = V_{dc\ max\downarrow inversor} / V_{oc\downarrow ajustado} = 420 / 40,4 \approx 10$$

$$V_{mpp\downarrow ajustado} = 30,7 \times (1 + (37,8 + 30 - 25) \times (-0,44\%/K)) = 24,9V$$

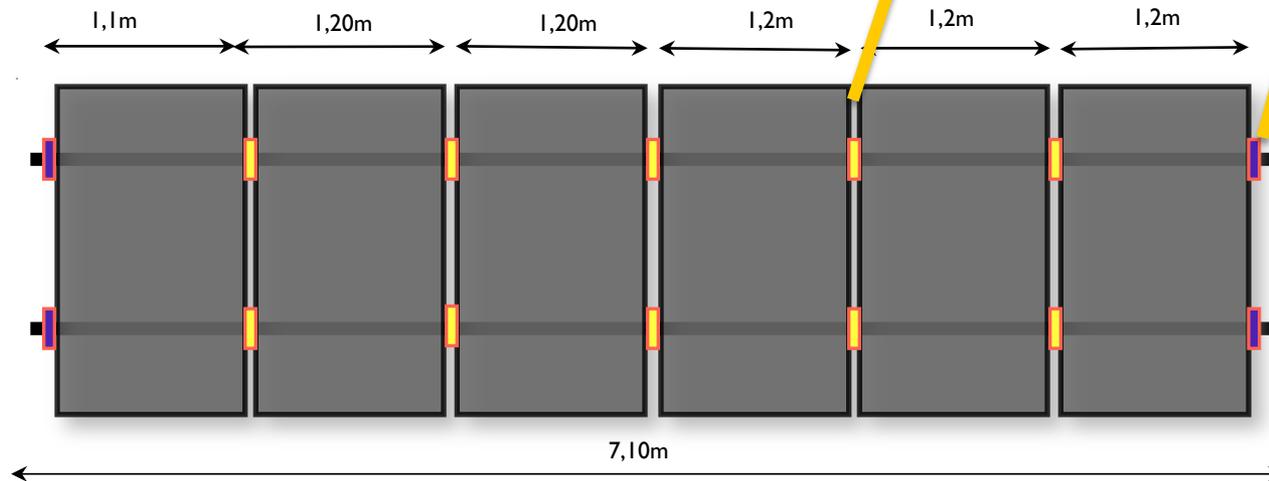
### 2 Quantidade mínima de módulos

$$Qtde\ Min = V_{mpp\ min\downarrow inversor} / V_{mpp\downarrow ajustado} = 120 / 24,9 \approx 5$$

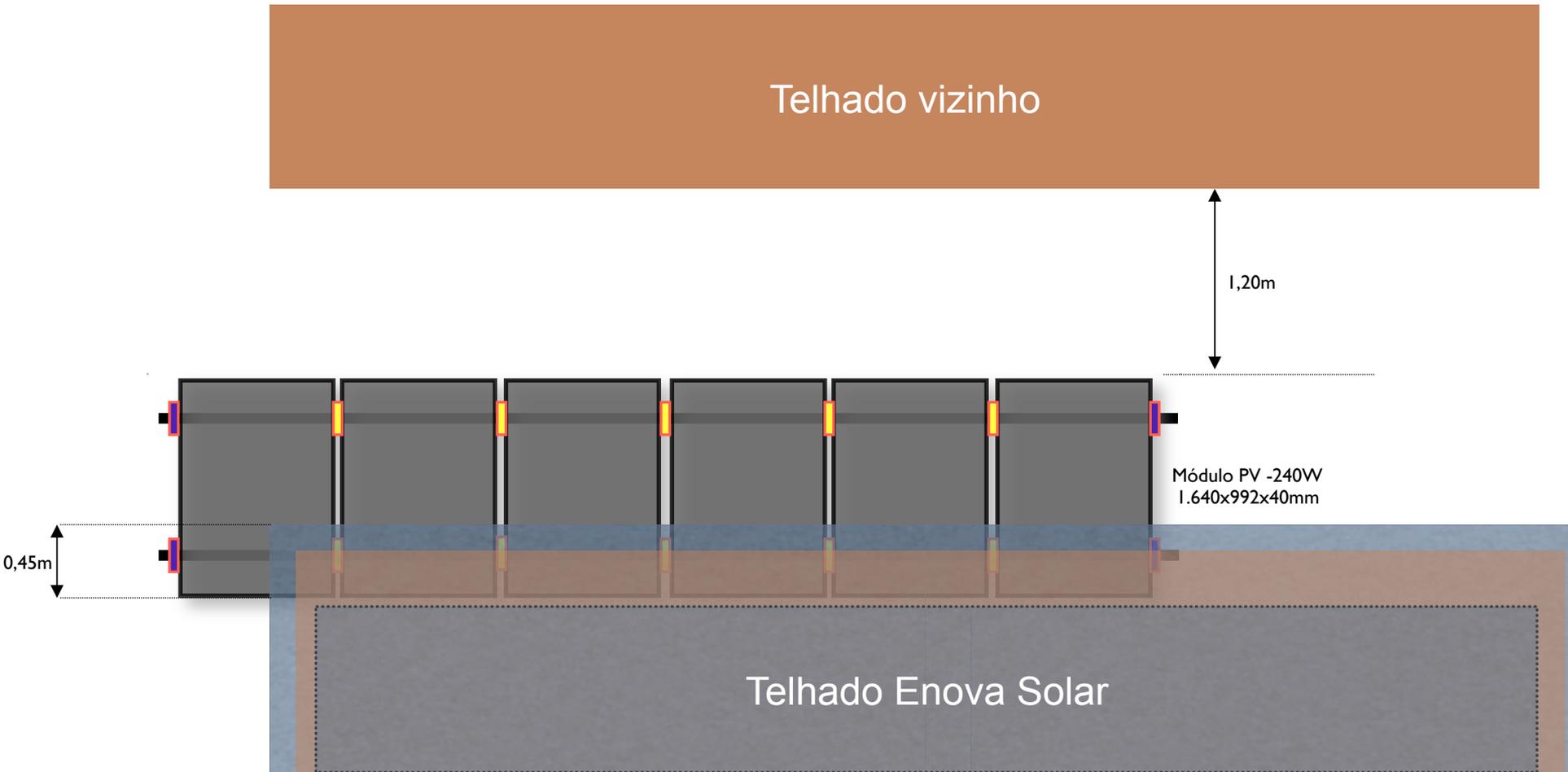
- Poderia ter sido utilizado um inversor com potência nominal menor, no entanto, optou-se pelo que permitiria uma expansão do sistema.

# 12.4 - Estrutura

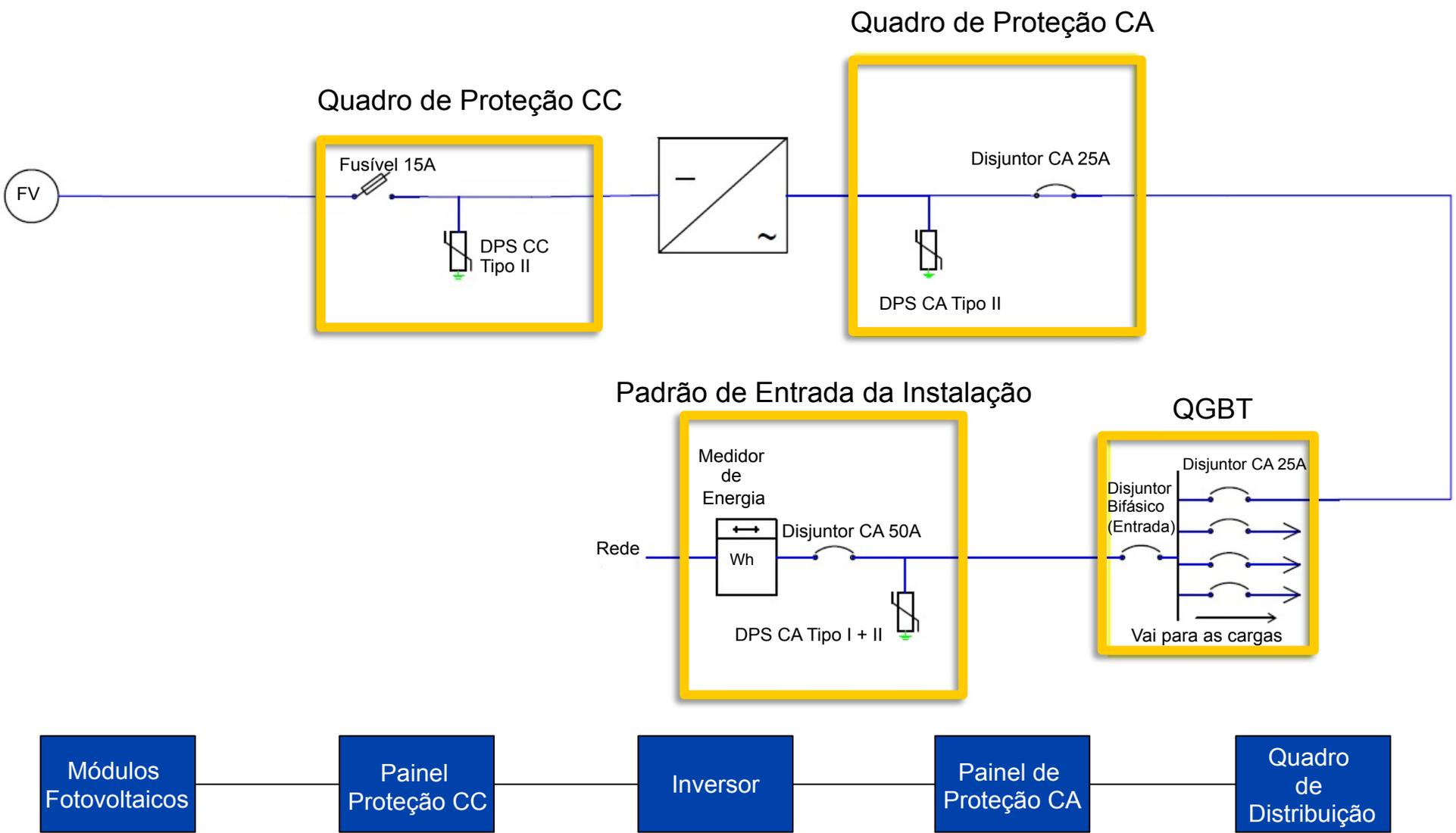
Bill of Materials			
Especificação	Leg	Un	Qtde
Trilho Alumínio	■	m	12,4
End Clamp + Parafusos	■	pc	4
Middle Clamp + Parafusos	■	pc	10



## 12.4 - Estrutura



# 12.5 - Diagrama Unifilar



## 12.6 - Condutores

Podemos dividir o circuito do gerador fotovoltaico em 4 trechos:



(I) Cabos em eletroduto (Temp. Ambiente: 50°C)

(II) Cabos em eletroduto: (1 circuito bifásico + Terra; Temp. Ambiente: 30°C)

(III) Cabos em eletroduto: (1 circuito bifásico + Terra; Temp. Ambiente: 30°C)

(IV) Cabos em eletroduto: (1 circuito bifásico + Terra; Temp. Ambiente: 30°C)

## 12.6 - Condutores

### • NBR-5410

Conforme o critério de corrente

$$I_{projeto} = I_{circuito} / ( FCT \times FCNC )$$

Onde:

- $I_{circuito}$  = corrente do circuito
- FCT = Fator de correção de temperatura
- FCNC = Fator de correção para número de circuitos

Tabela 40 — Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não-subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76

Tabela 42 — Fatores de correção aplicáveis a condutores agrupados em feixe (em linhas abertas ou fechadas) e a condutores agrupados num mesmo plano, em camada única

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre leito, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

### Trecho I (Corrente Contínua)

$$I_{circuito} = 8,71A$$

$$FCT = 0,71 (50^{\circ}C)$$

$$FCNC = 1,0$$

(1 circuito com 2 condutores carregados)

## 12.6 - Condutores

- NBR-5410**

$$I_{projeto(l)} = 8,71 / ( 0,71 \times 1 ) = 12,27A$$

$$I_{projeto(l)} = 12,27A$$

Seção nominal mínima: 1mm<sup>2</sup>

NBR 5410 diz que circuitos de força não podem ter menos de 2,5mm<sup>2</sup>

Seção mínima: 2,5mm<sup>2</sup>

Seção adotada: 4mm<sup>2</sup> ( disponibilidade )

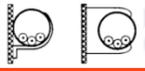
Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência <sup>1)</sup>
1	 Face interna	Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A1
2	 Face interna	Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante <sup>2)</sup>	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçador desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçador desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2

Tabela 36 — Capacidades de condução de corrente, em ampères, para os métodos de referência A1, A2, B1, B2, C e D

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm <sup>2</sup>	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39

# 12.6 - Condutores

## 2) Conforme o Critério de Queda de Tensão

Distância Percorrida: 15 metros => Queda de Tensão

Bitola do Cabo: 2,5mm<sup>2</sup>

$$\Delta V = 2 \times I \times L \times R_{ccc} = 2 \times 8,71 \times 0,015 \times 7,7$$

$$\therefore \Delta V = 2V$$

Queda de Tensão (%):  $2V/120V = 1,6\%$

Onde,

$\Delta V$  = variação de tensão em V

I = Corrente de projeto

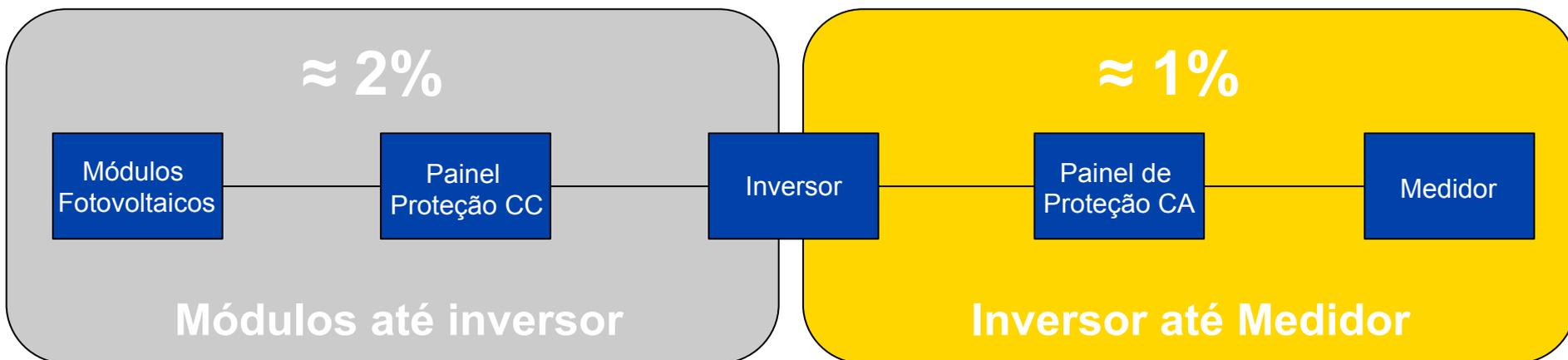
L = Comprimento dos cabos em km

R<sub>cc</sub> = Resistência do cabo em corrente contínua em Ohms/km

Typ Type	Bestell-Nr. Order No.	Verpackungseinheit Packaging unit			Leiterschnitt Conductor cross section	Leiter-Ø Conductor Ø	Außen-Ø Outer-Ø	Litzenaufbau: Anzahl x Ø (mm) Strand design: Number x Ø (mm)	Bemessungsstrom <sup>1)</sup> Rated current <sup>1)</sup>	Leiterwiderstand/20 °C Conductor resistance/20 °C
		Loses Gebinde Bound together	Karton Cardboard box	Einwegspule (max.) Spool						
			m	St. à/pcs. at	mm <sup>2</sup>	mm	mm		A	Ω/km
FLEX-SOL-XL 2,5	62.7426-001*	...			2,5	2,05	5,1	50xØ0,25	41	7,7
FLEX-SOL-XL 2,5	62.7426-110*		150 m		2,5	2,05	5,1	50xØ0,25	41	7,7
FLEX-SOL-XL 2,5	62.7426-910*			700 m	2,5	2,05	5,1	50xØ0,25	41	7,7
FLEX-SOL-XL 4,0	62.7427-001*	...			4,0	2,6	5,8	56xØ0,3	55	4,75
FLEX-SOL-XL 4,0	62.7427-110*		100 m		4,0	2,6	5,8	56xØ0,3	55	4,75
FLEX-SOL-XL 4,0	62.7427-910*			500 m	4,0	2,6	5,8	56xØ0,3	55	4,75
FLEX-SOL-XL 6,0	62.7428-001*	...			6,0	3,2	7,0	84xØ0,3	70	3,39
FLEX-SOL-XL 6,0	62.7428-110*		75 m		6,0	3,2	7,0	84xØ0,3	70	3,39
FLEX-SOL-XL 6,0	62.7428-910*			400 m	6,0	3,2	7,0	84xØ0,3	70	3,39
FLEX-SOL-XL 10	62.7429-001*	...			10	4,3	8,2	140xØ0,3	98	1,91
FLEX-SOL-XL 10	62.7429-110*		50 m		10	4,3	8,2	140xØ0,3	98	1,91
FLEX-SOL-XL 10	62.7429-910*			200 m	10	4,3	8,2	140xØ0,3	98	1,91

## 12.6 - Condutores

Valores aceitáveis para a queda de tensão nos cabos:



Portanto, confirma-se que a queda é suficiente para se manter uma boa operação do sistema de inversores, sendo inferior a 2% do valor de tensão mínima.

## 12.6 - Condutores

### Trecho III (Corrente Alternada)

#### 1) Critério de corrente

Tensão máxima: 253V

Icircuito = 9,7A (máxima saída do inversor)

FCT = 1 (30°C)

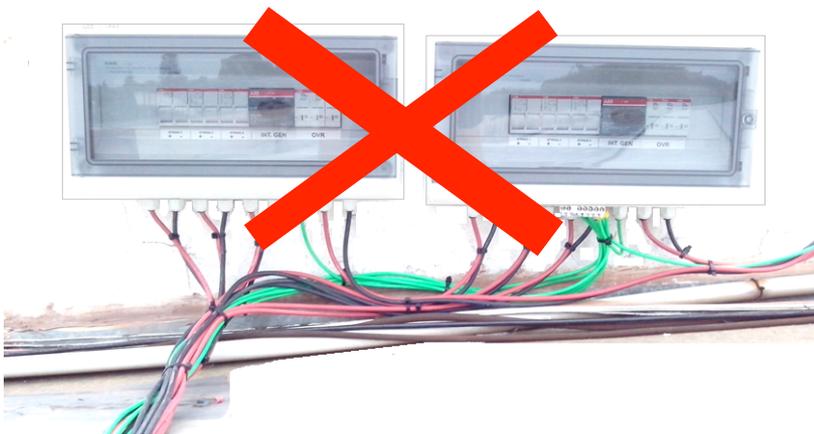
FCNC = 1 (1 circuito carregado – 2 condutores carregados)

Portanto,

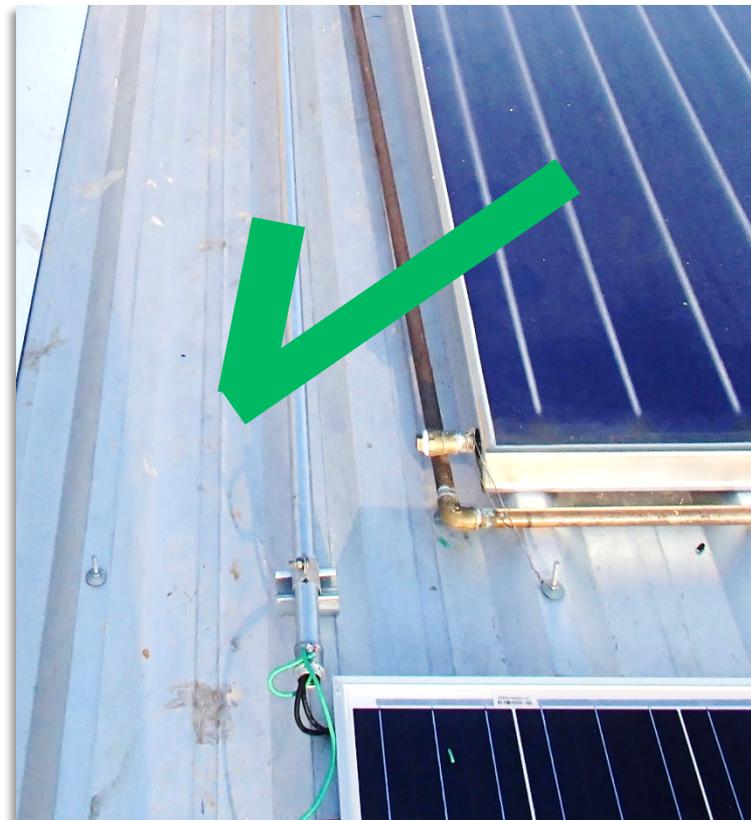
$$I_{projeto(III)} = 9,7A / (FCT \times FCNC) = 9,7/1 \times 1 = 9,7A$$

Como a corrente é menor do que a encontrada para o trecho I a utilização de cabos com seção nominal de 4mm<sup>2</sup> também será suficiente para os trechos III e IV.

## 12.6 - Condutores



## 12.6 - Condutores



## 12.6 - Condutores

Neste projeto, optou-se por utilizar os cabos da Multi-Contact específicos para aplicação solar, modelo FLEX-SOL-XL 4,0. Os cabos a serem utilizados terão 5,8mm de diâmetro externo ( $26,4\text{mm}^2$  de área seccional).

No trecho I optou-se por passar com os 3 condutores por dentro do eletroduto, totalizando uma área de:

$$A_{\text{cabos}(I)} = 3 \times 26,4\text{mm}^2 = 79,2\text{mm}^2$$

ABNT NBR 5410 - Soma das áreas dos condutores não deve superar 40% da área útil do eletroduto, no caso de existirem 3 ou mais condutores dentro deste.

Para atender o requisito de 40% de área ocupada dentro do conduíte, precisaremos de um eletroduto com pelo menos  $198\text{mm}^2$  de área seccional interna. Isso nos leva à escolha de eletrodutos com 3/4" de diâmetro externo, o que atenderá a estes requisitos.

## 12.7 - Fusíveis

### Lado CC

Seguindo os cálculos anteriores, os dispositivos de proteção contra sobrecorrente, no lado CC, deverão suportar uma tensão de:

$$V_{max} = N_{paineis} \times V_{adj} = 6 \times 40,4V = 242,4V$$

De acordo com a IEC 62548, a corrente nominal de atuação do dispositivo deverá respeitar:

$$I_{fusível} \geq 1,5 \times I_{sc}$$

$$I_{fusível} \leq 2,4 \times I_{sc}$$

$$13 \geq I_{fusível} \leq 20,9$$

De acordo com os valores disponíveis no mercado foi selecionado fusível com corrente nominal de 15A.

Deve-se atentar à relação entre a corrente nominal do fusível e a corrente máxima

## 12.8 - Disjuntores

$$\text{NBR 5410} - I \downarrow B \leq I \downarrow n \leq I \downarrow Z$$

Onde:  $I_B$  é a corrente de projeto do circuito

$I_n$  é a corrente nominal do disjuntor

$I_Z$  é a corrente máxima suportada pelo condutor

Lado CA

$$I_B = 9,7\text{A}$$

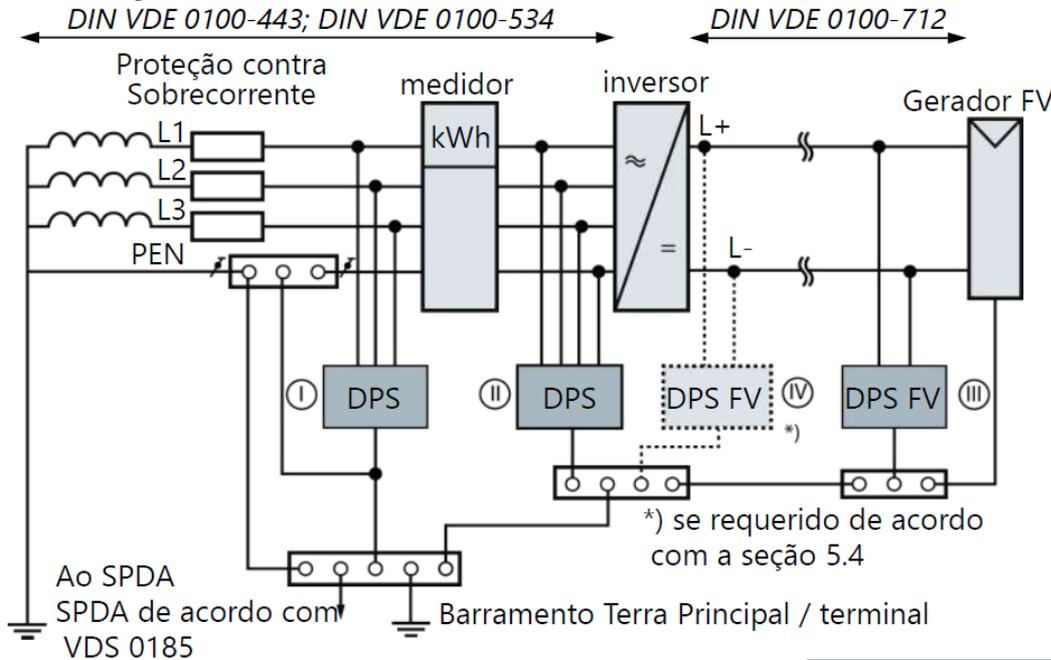
$$I_Z = 32\text{A}$$

$$9,7 \leq I \downarrow n \leq 32$$

De acordo com os produtos disponíveis no Mercado foram escolhidos disjuntores com corrente nominal de 25A.

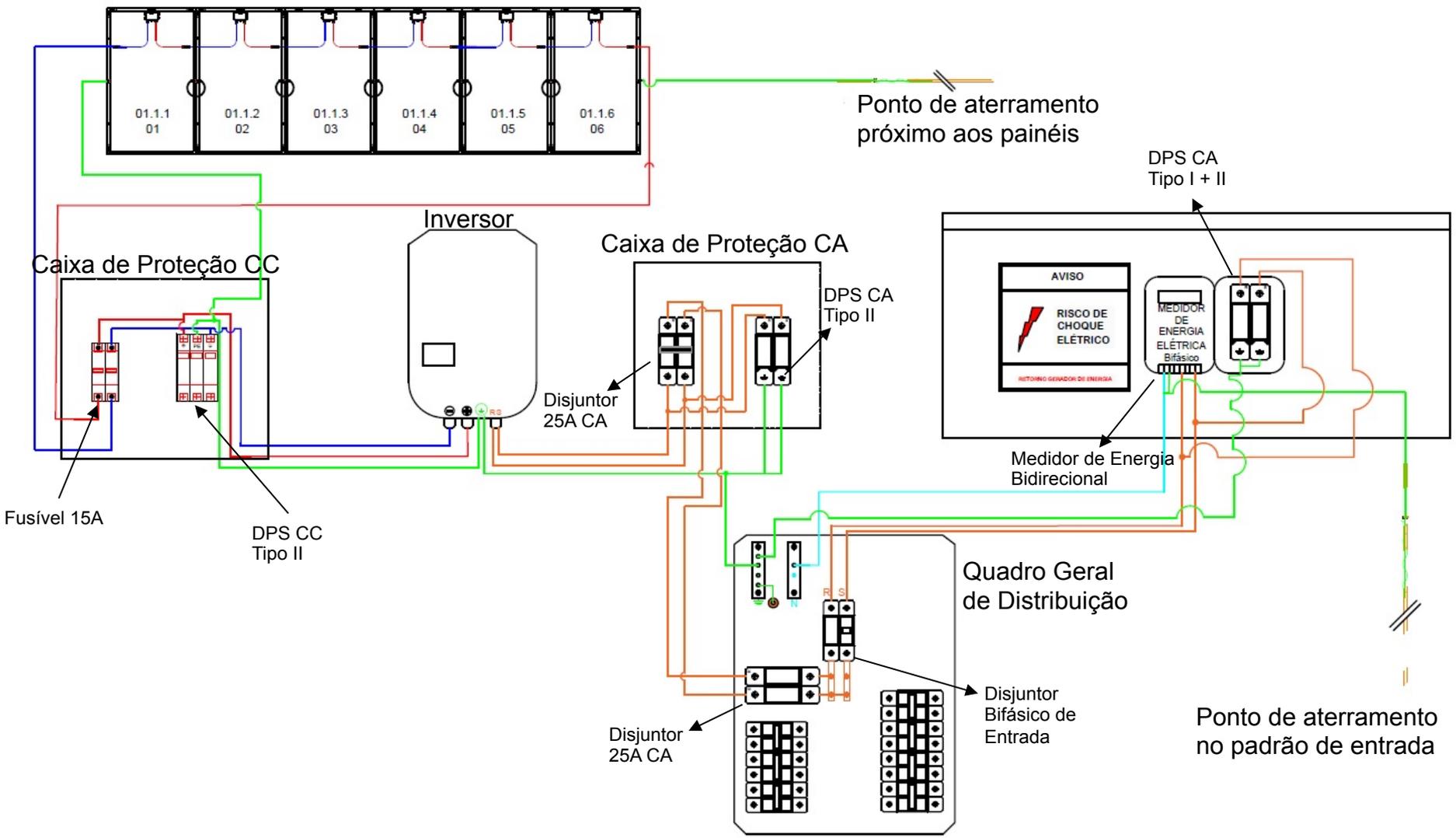
# 12.9 - DPS

## Orientação normas Internacionais:



Situação	Ligação Equipotencial	DPS "I" na instalação FV	DPS "II" na instalação FV	DPS "III" e "IV" na instalação FV
<b>A</b> Instalação de DPS em uma estrutura <b>sem SPDA externo</b>	6 mm <sup>2</sup> *	DPS Tipo 2 EN 61643-11 *	DPS Tipo 2 EN 61643-11 *	DPS Tipo 2 EN 50539-11
<b>B</b> Instalação de DPS em uma estrutura <b>com SPDA externo e distância de separação é respeitada</b>	6 mm <sup>2</sup>	DPS Tipo 1 EN 61643-11	DPS Tipo 2 EN 61643-11 *	DPS Tipo 2 EN 50539-11
<b>C</b> Instalação de DPS em uma estrutura <b>com SPDA externo e distância de separação NÃO É respeitada</b>	16 mm <sup>2</sup>	DPS Tipo 1 61643-11	DPS Tipo 1 EN 61643-11 *	DPS Tipo 1 EN 50539-11

# 12.10 – Diagrama Multifilar



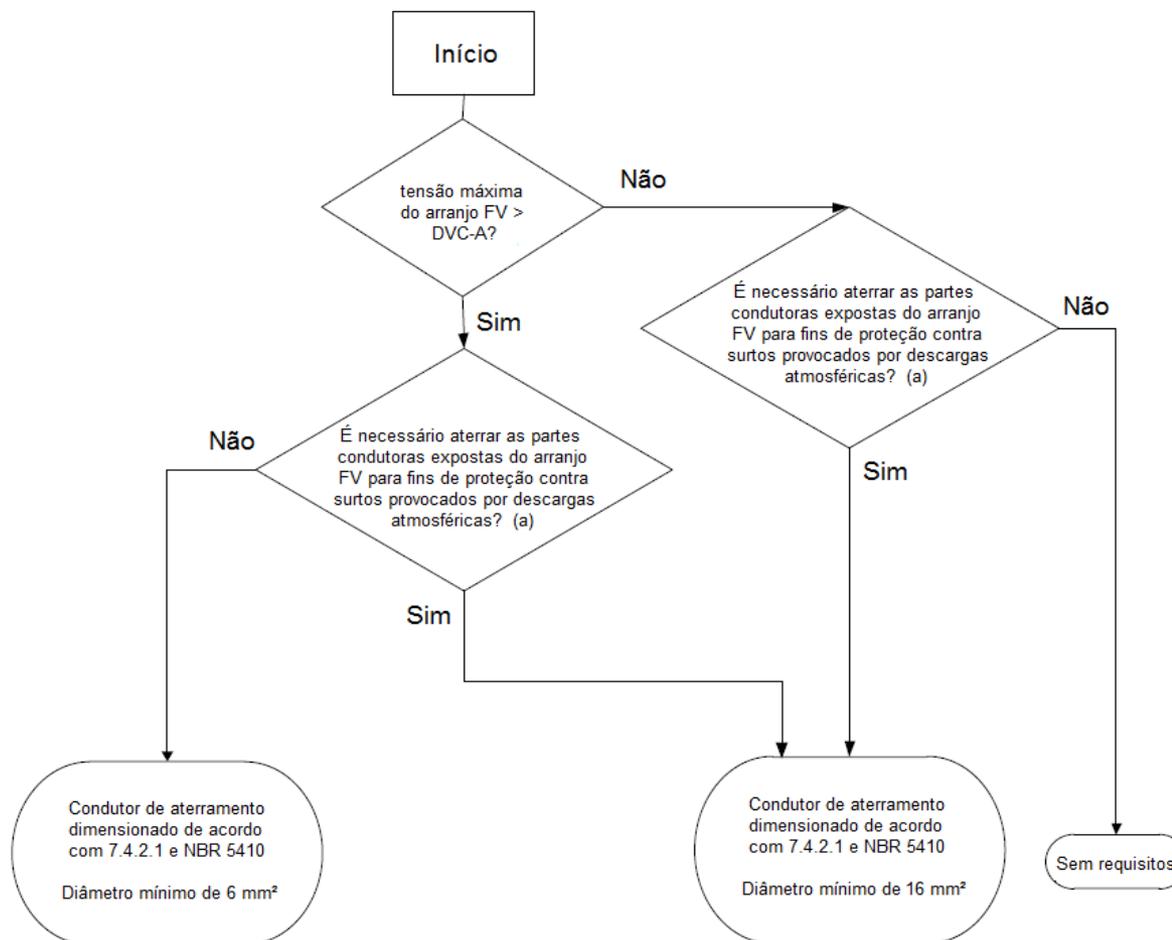
## 12.11 - Aterramento

Lado CC:

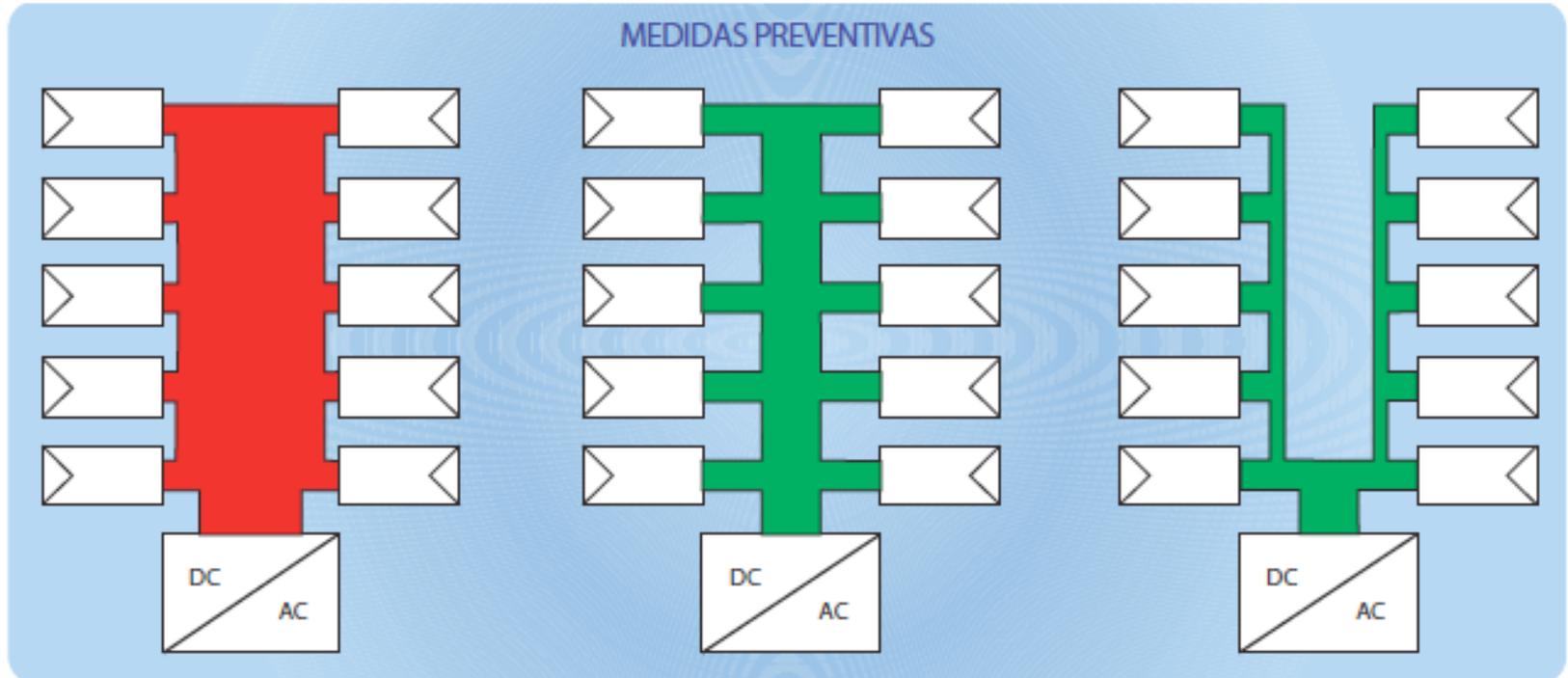
Norma internacional – IEC

A faixa de tensão DVC-A  
compreende o intervalo  
 $V \leq 60V$

Seguindo esta norma, as  
unidades de geração  
distribuídas geralmente  
utilizam condutor de  
aterramento com seção  
de  $6\text{mm}^2$



## 12.11 - Aterramento



## 12.11 - Aterramento

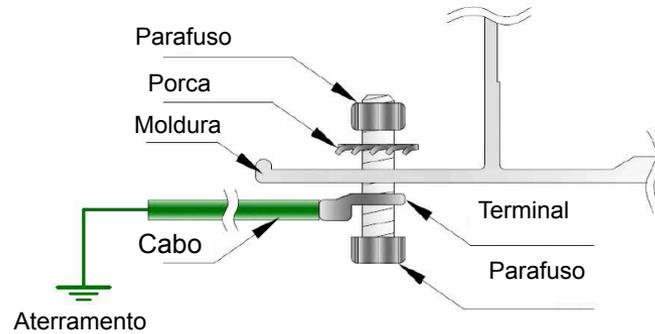
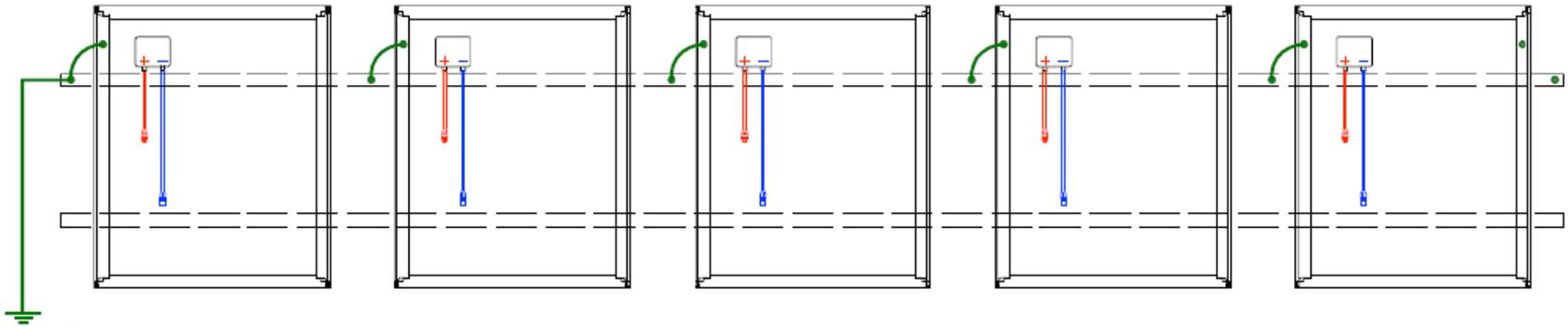
Lado CA:

Norma ABNT NBR 5410

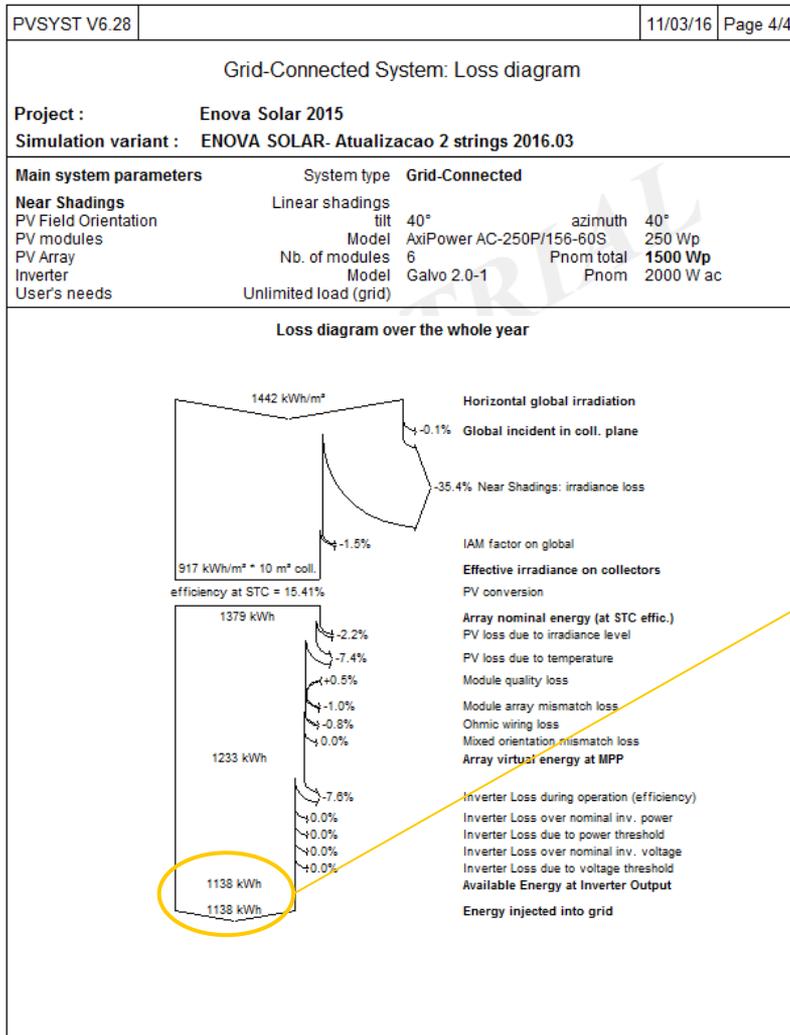
Seção dos condutores de fase S mm <sup>2</sup>	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm <sup>2</sup>
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

Como a seção dos condutores CA da instalação é de 4mm<sup>2</sup>, podemos utilizar condutores de aterramento com a mesma grossura para o trecho CA.

## 12.11 - Aterramento



# 12.12 – Previsão de Geração



*Egerada* ano = 1138 kWh

$P_{media} = 1138 * 1000 / 365 * 24$

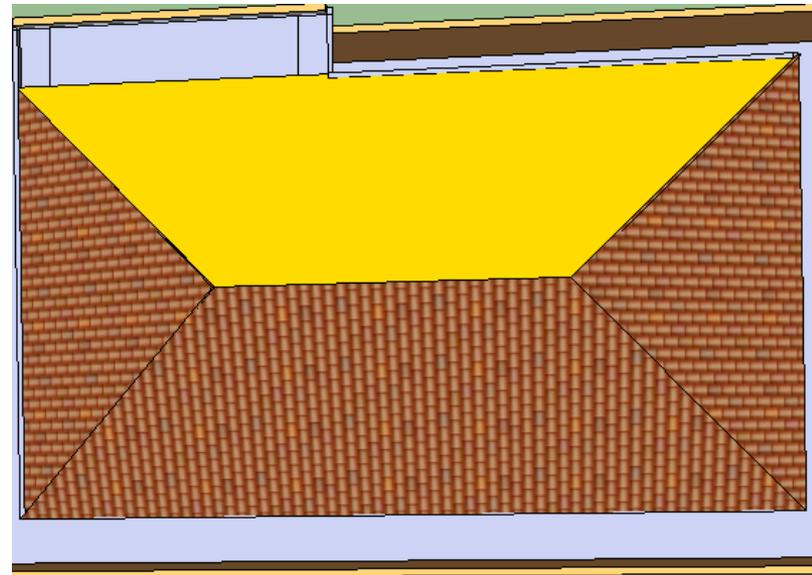
$P_{media} = 129.91 W$

$FC_{medio} = 129.91 / 1500 \approx 8,7\%$

Fator de capacidade reduzido devido, principalmente, às perdas por sombreamento

## 12.13 – Expansão do Sistema

- Energia gerada anual muito abaixo da meta inicial:
  - Economia de 100% - 2.604kWh/Ano
  - Energia gerada prevista – 1138kWh/Ano
- Inversor é capaz de suportar outros módulos:
  - Potência Máx Inversor – 2kW
  - Potência Instalada – 1,5kW
- Grande área disponível não utilizada



## 12.13 – Expansão do Sistema

- String adicional
  - 6 módulos AC-250P/156-60S
  - Posicionados no telhado em fileira única



## 12.13 – Expansão do Sistema

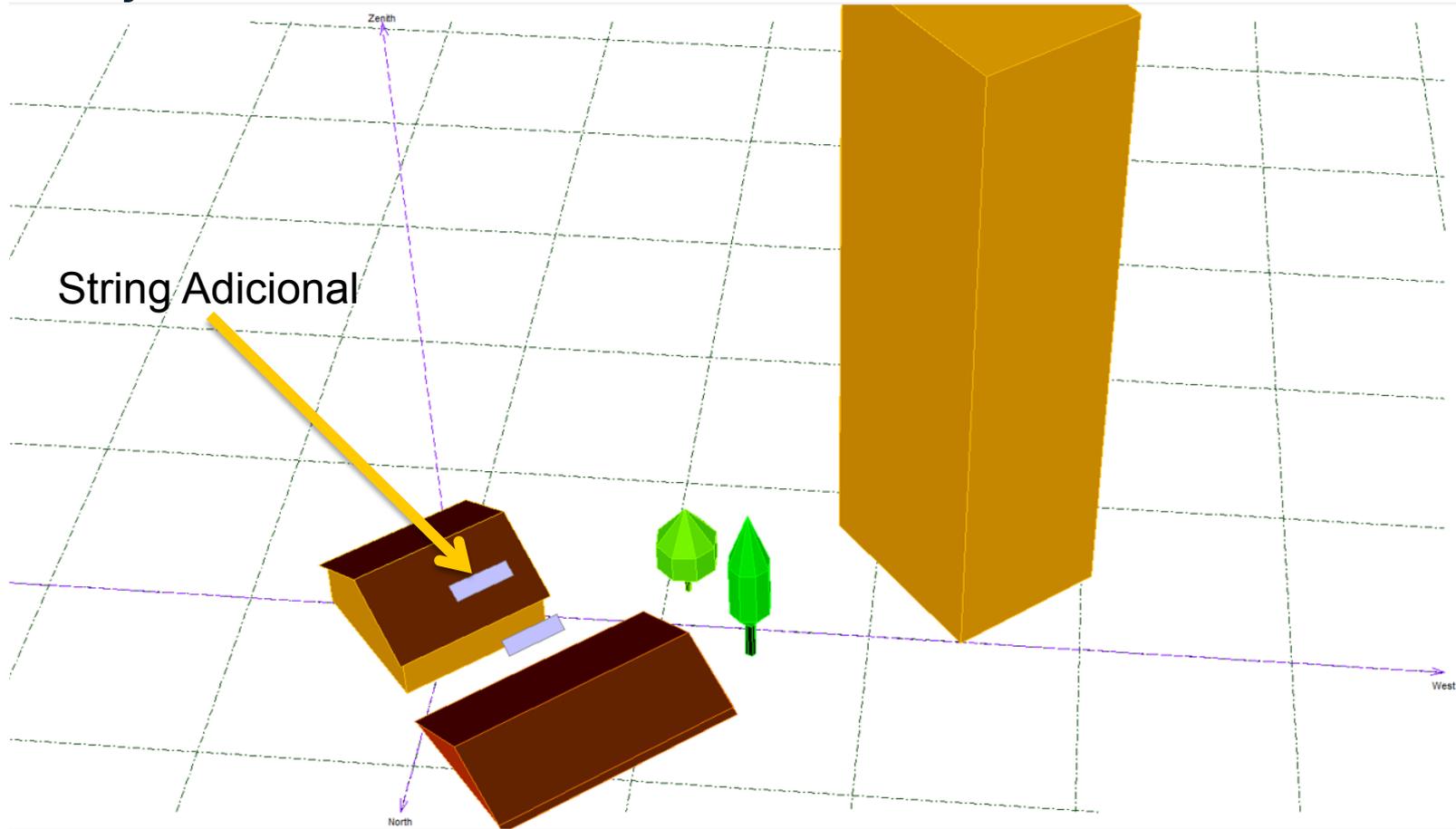


## 12.13 – Expansão do Sistema

- Módulos conectados ao mesmo inversor já existente
- Necessária a adaptação do quadro de proteção CC
- Potência instalada do sistema superdimensionada em relação ao inversor
  - Capacidade instalada superdimensionada em 50%: Módulos – 3000Wp  
Inversor – 2000W
- A simulação do sistema prevê uma perda em energia gerada pelos painéis fotovoltaicos de 3,6% devido à limitação da potência máxima do inversor.
- No entanto, nesta configuração teremos um período maior em que o inversor opera próximo à sua potência máxima.
- Energia total gerada é maior do que no caso de usarmos apenas 2kWp de capacidade instalada.

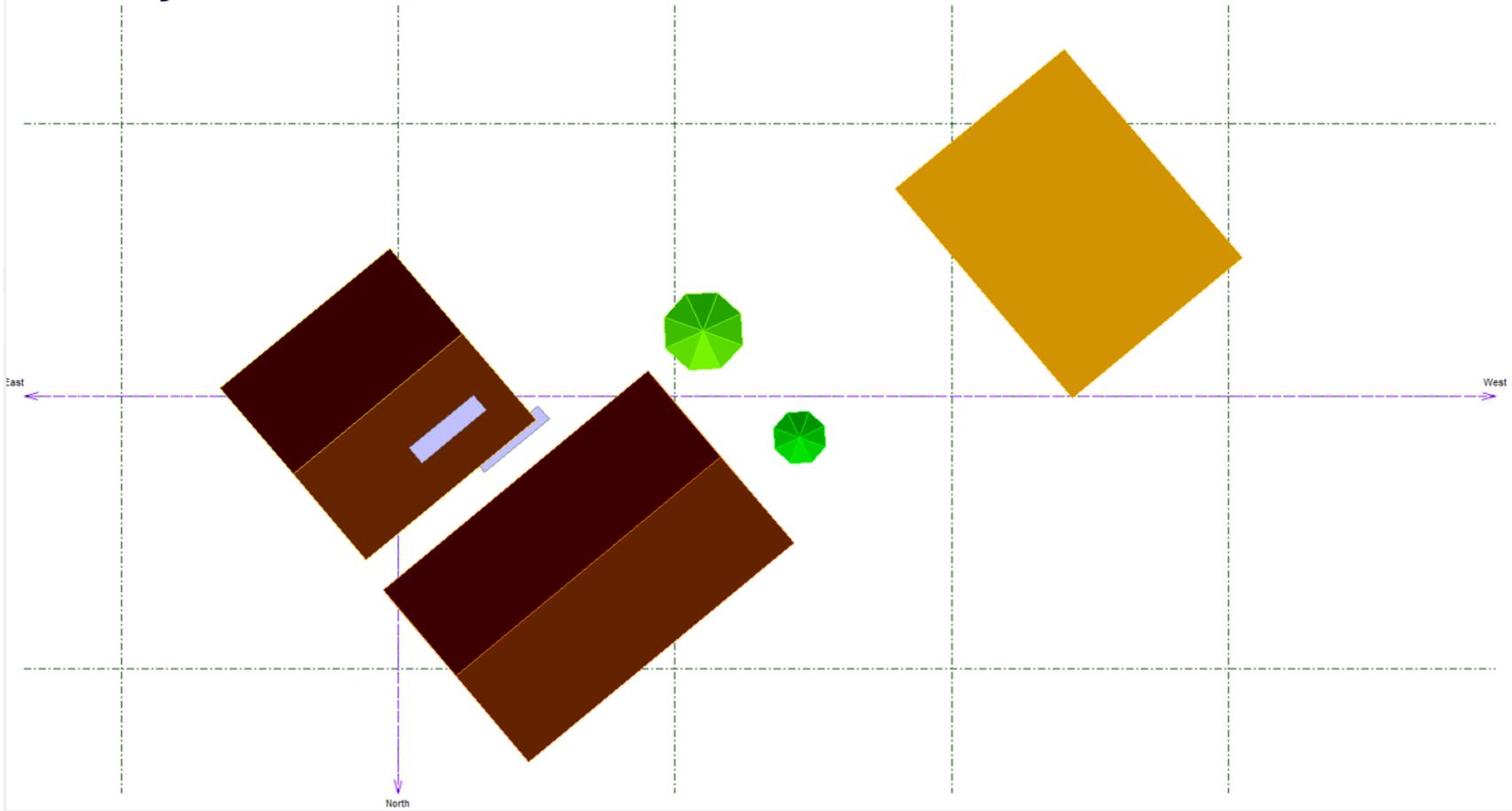
## 12.13 – Expansão do Sistema

- Simulação



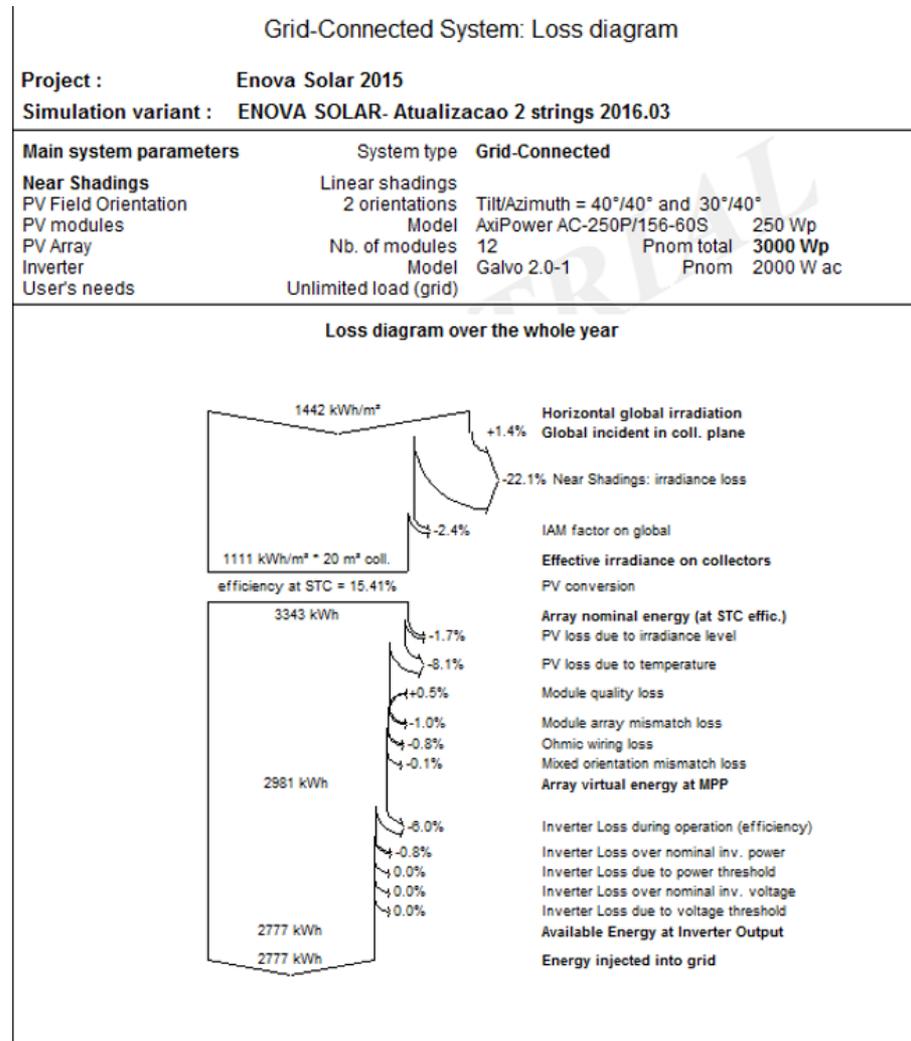
## 12.13 – Expansão do Sistema

- Simulação



# 12.13 – Expansão do Sistema

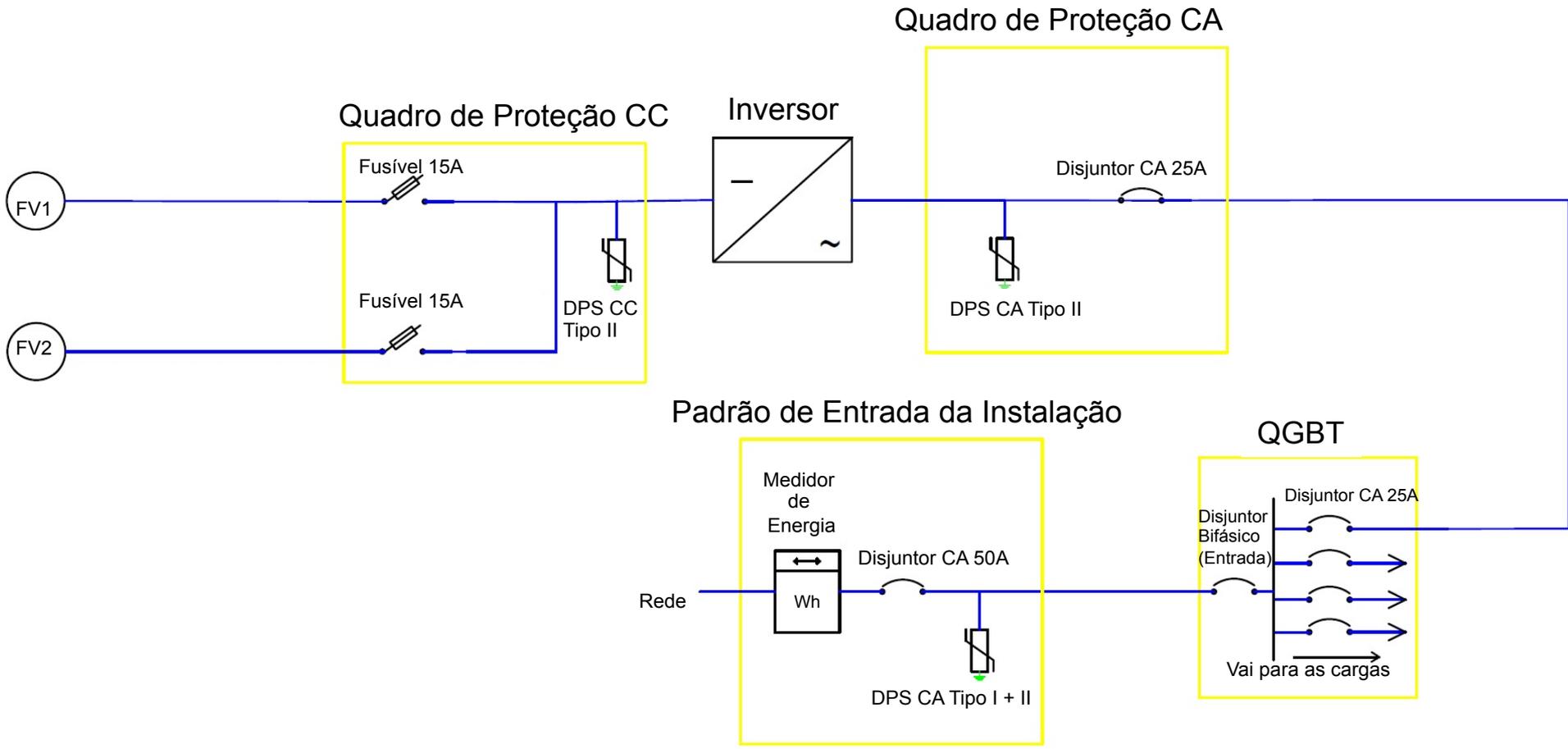
- Simulação



A simulação do sistema comprovou a viabilidade da expansão

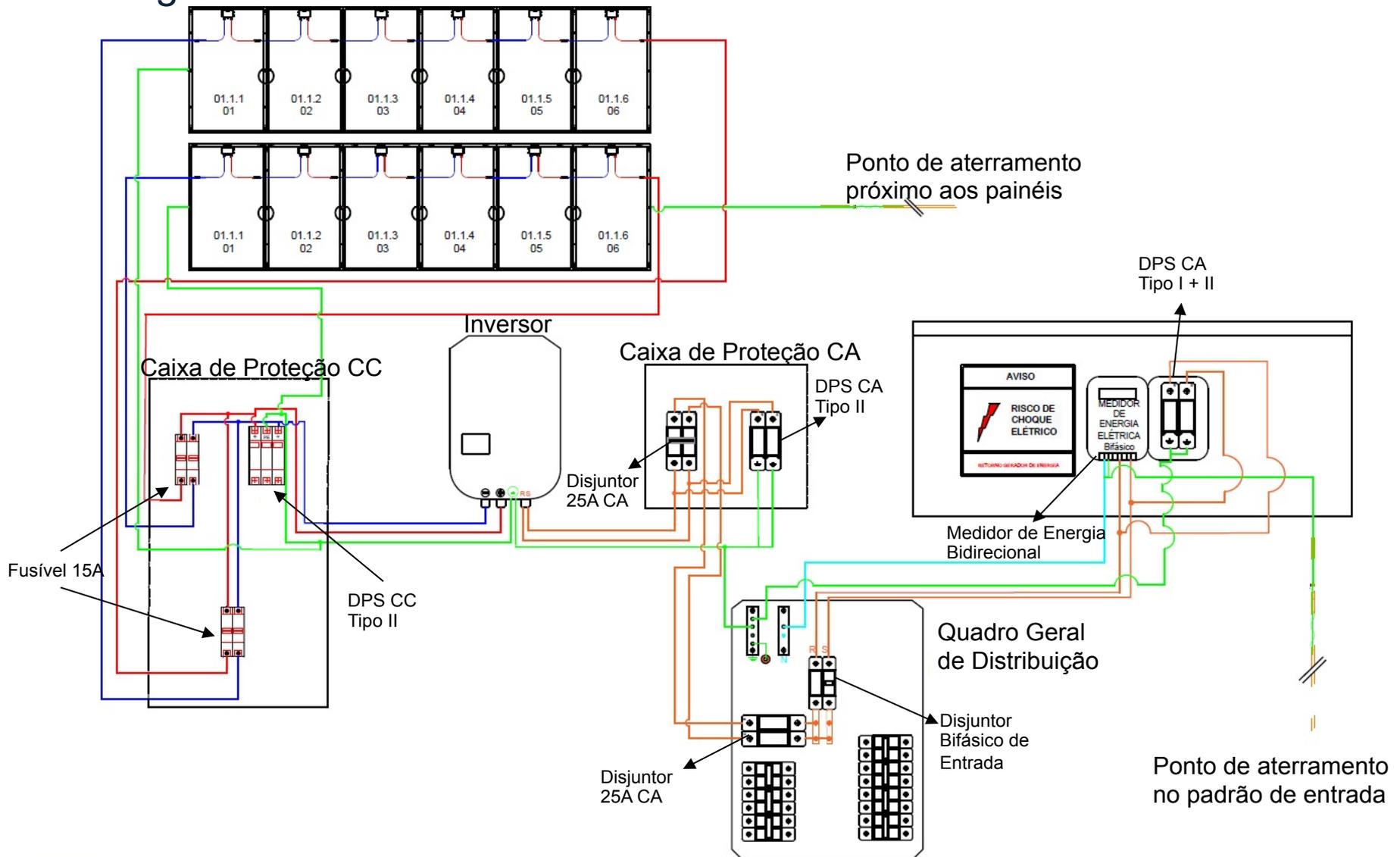
# 12.13 – Expansão do Sistema

- Diagrama unifilar



## 12.13 – Expansão do Sistema

- Diagrama Multifilar



# 13. PROCEDIMENTOS DE SEGURANÇA

- ☞ 13.1 – Trabalho em Altura
  - ☞ 13.1.1 – Principais Causas de Acidentes
  - ☞ 13.1.2 – Norma Regulamentadora – NR35
  - ☞ 13.1.3 – Equipamentos de Segurança – EPI's e EPC's
  - ☞ 13.1.4 – Içamento de Materiais
- ☞ 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
  - ☞ 13.2.1 – Causas de Acidentes
  - ☞ 13.2.2 – Norma Regulamentadora – NR10
  - ☞ 13.2.3 - Medidas de Proteção Coletiva
  - ☞ 13.2.4 – Procedimento de Desenergização e Re-energização
  - ☞ 13.2.5 - Zonas de Trabalho
  - ☞ 13.2.3 - Equipamentos de Segurança – EPI's e EPC's

## 13.1 – Trabalho em Altura

### • Principais Causas de Acidentes

- ❏ Içamento inadequado;
- ❏ Rompimento de telhas;
- ❏ Escorregamento (Calçados inadequados)
- ❏ Ofuscamento por reflexo do sol;
- ❏ Falta de sinalização e isolamento no piso inferior;
- ❏ Mal súbito do funcionário
- ❏ Acessos precários e/ou sem a devida proteção;
- ❏ Excesso de confiança;
- ❏ Não uso ou uso incorreto de EPI's;
- ❏ Descumprimento e/ou desconhecimento dos padrões de execução;



## 13.1 – Trabalho em Altura

- **Principais Causas de Acidentes**



## 13.1 – Trabalho em Altura

- **Norma Regulamentadora – NR35**

### **Definição:**

Qualquer atividade realizada acima de 2 metros de altura.

### **Objetivo:**

Garantir a segurança e saúde dos trabalhadores.

### **Capacitação e Treinamento:**

Obrigatório treinamento, teórico e prático, com carga horária mínima de 8hs, reciclagem a cada 2 anos.

### **Aplicação:**

Instaladores, supervisores, engenheiros, técnicos e profissionais atuantes na instalação fotovoltaica em qualquer trabalho que se enquadre dentro da NR 35.

## 13.1 – Trabalho em Altura

- **Norma Regulamentadora – NR35**

A NR- 35 exige que todo trabalho em altura deve ser precedido de Análise de Risco, constando dentre outros, os seguintes itens:

- ☞ Local de execução dos serviços (condições e acesso)
- ☞ Isolamento e sinalização;
- ☞ Materiais e equipamentos;
- ☞ Pontos de ancoragem;
- ☞ Condições meteorológicas;
- ☞ Definição de trajetos;
- ☞ EPC's > EPI's
- ☞ Não armazenar materiais sobre o telhado
- ☞ Sistema de comunicação (rádio);
- ☞ Materiais e procedimentos de primeiros socorros;

### MODELO DE APR – Análise Preliminar de Riscos

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR		
ATIVIDADE:	Nº:	
DATA:	HORA:	LOCAL:
ETAPAS DA TAREFA	RISCO	MEDIÇÃO DE CONTROLE
TRABALHADORES ENVOLVIDOS		
NOME	CARGO	REG./MATR.
RESPONSÁVEL	ASS.	

**35.4.7** As atividades de trabalho em altura não rotineiras devem ser **previamente autorizadas mediante Permissão de Trabalho**.

**35.4.7.1** Para as atividades não rotineiras as medidas de controle devem ser evidenciadas na Análise de Risco e na Permissão de Trabalho.

**35.4.8** A Permissão de Trabalho deve ser emitida, aprovada pelo responsável pela autorização da permissão, disponibilizada no local de execução da atividade e, ao final, encerrada e arquivada de forma a permitir sua rastreabilidade.

**35.4.8.1** A Permissão de Trabalho deve conter:

- a) os requisitos mínimos a serem atendidos para a execução dos trabalhos;
- b) as disposições e medidas estabelecidas na Análise de Risco;
- c) a relação de todos os envolvidos e suas autorizações.

## 13.1 – Trabalho em Altura

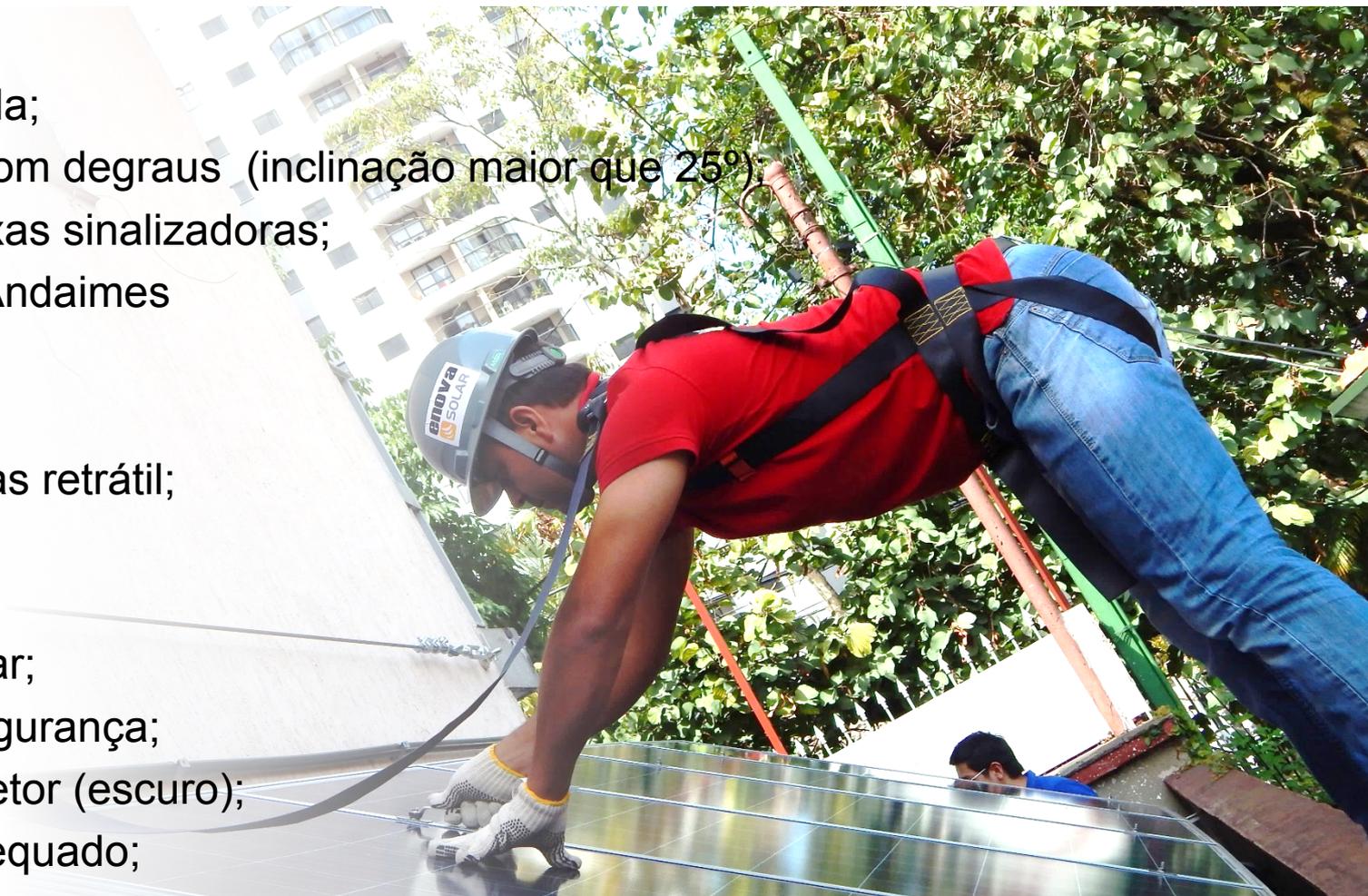
- **Equipamentos de Segurança**

### EPC'S

- ☑ Linha de Vida;
- ☑ Passarela com degraus (inclinação maior que 25°);
- ☑ Cones e faixas sinalizadoras;
- ☑ Escadas e Andaimes

### EPI'S

- ☑ Trava-quedas retrátil;
- ☑ Capacete;
- ☑ Luva;
- ☑ Protetor solar;
- ☑ Cinto de Segurança;
- ☑ Óculos protetor (escuro);
- ☑ Calçado adequado;
- ☑ Calça;



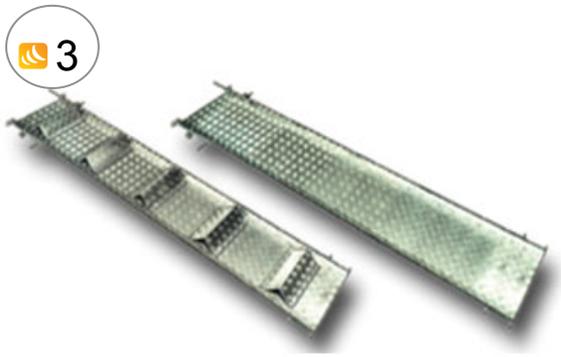
## 13.1 – Trabalho em Altura

- **EPIs**

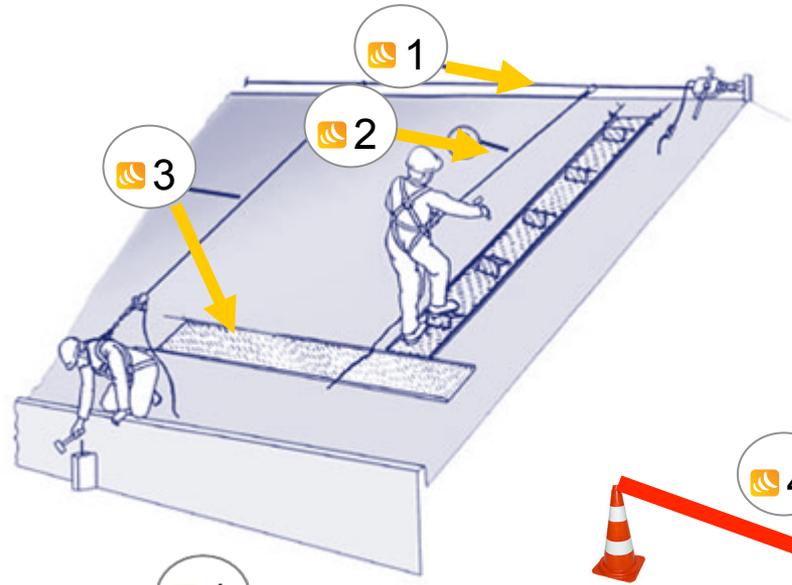
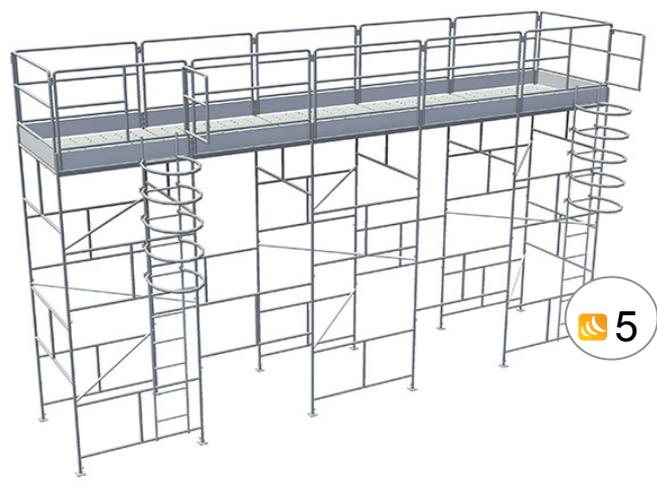
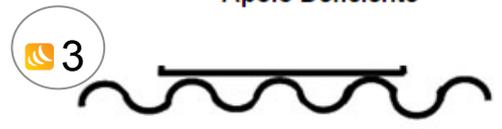


# 13.1 – Trabalho em Altura

- EPCs



Tábuas  
Apoio Deficiente

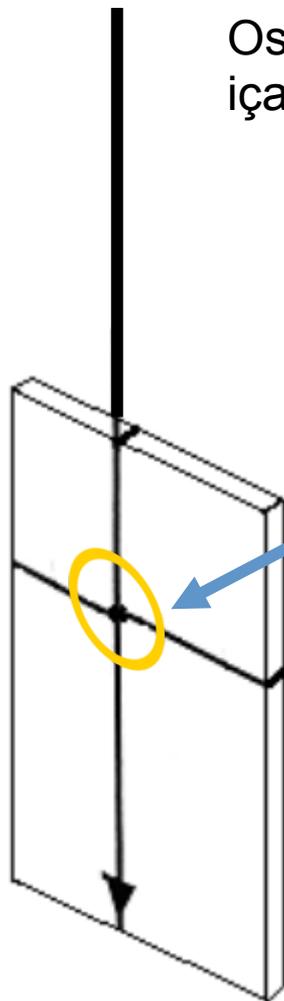


- 1 Linha de vida
- 2 Trava-quedas retrátil
- 3 Passarelas para apoio em telhados ondulados e com inclinação > 25°
- 4 Sinalização
- 5 Andaime / Escada

## 13.1 – Trabalho em Altura

- **Içamento de Materiais**

Os coletores devem ser suspensos individualmente, por meio de içamento conforme ilustração abaixo:



Nó no cruzamento das amarras acima do centro de gravidade, mantendo o módulo na posição vertical.

## 13.1 – Trabalho em Altura

- **NR35 - Responsabilidades**

**Cabe ao empregador** realizar treinamento periódico bienal e sempre que ocorrer quaisquer das seguintes situações:

- ☞ mudança nos procedimentos de trabalho;
- ☞ evento que indique a necessidade de novo treinamento;
- ☞ retorno de afastamento (período superior a 90 dias);
- ☞ mudança de empresa;

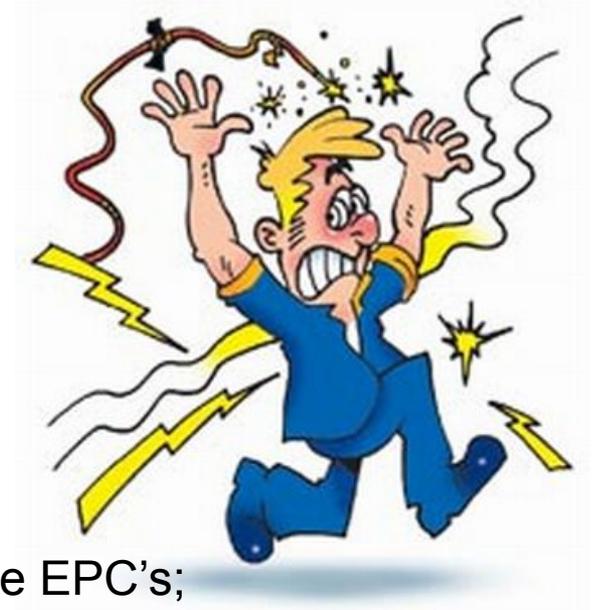
**Cabe aos trabalhadores:**

- ☞ cumprir as disposições legais;
- ☞ colaborar com o empregador na implementação das disposições;
- ☞ interromper suas atividades exercendo o direito de recusa, sempre que constatarem evidências de riscos graves e iminentes para sua segurança e saúde ou a de outras pessoas, comunicando imediatamente o fato a seu superior hierárquico;

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

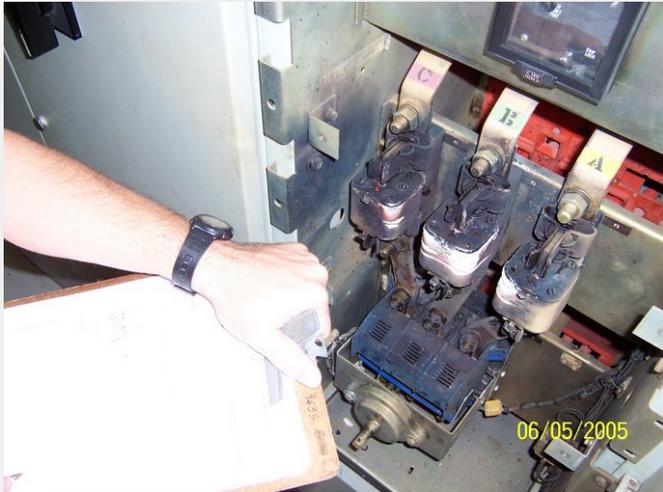
### • Principais Causas de Acidentes

- ☞ Fios elétricos desencapados;
- ☞ Equipamentos com defeito;
- ☞ Curto-circuito;
- ☞ Manutenção do sistema com circuito energizado;
- ☞ Utilização incorreta de equipamentos;
- ☞ Não utilização de equipamentos de proteção – EPI's e EPC's;
- ☞ Excesso de confiança do operador;
- ☞ Falta de comunicação;
- ☞ Falta de sinalização;
- ☞ Aterramento incorreto.



## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Causas de Acidentes**



## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Norma Regulamentadora – NR10**



### **Definição:**

Qualquer atividade que envolva interação, direta ou indireta, com instalações elétricas: geração, transmissão, distribuição e consumo, incluindo as etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção das instalações elétricas, e quaisquer trabalhos realizados nas suas proximidades.

### **Objetivo:**

Garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem com instalações e realizam serviços em eletricidade.

### **Aplicação:**

Instaladores, supervisores, engenheiros, técnicos e profissionais atuantes na instalação fotovoltaica em qualquer trabalho que se enquadre dentro da NR 10.

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Norma Regulamentadora – NR10**

**Capacitação e Treinamento:** obrigatórios para todos os profissionais com trabalhos com eletricidade os seguintes treinamentos:

- ☞ **Curso Básico** - Segurança em instalações e serviços com eletricidade, com carga horária de 40 horas, para todos os trabalhadores.
- ☞ **Curso Complementar** - Segurança no Sistema Elétrico de Potência (SEP) e em suas proximidades, com carga horária de 40 horas, para os profissionais que exercem atividades no Sistema Elétrico de Potência ou em suas proximidades.
- ☞ Todos os trabalhadores devem passar por um treinamento de reciclagem bienalmente.

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Norma Regulamentadora – NR10**

### Conceitos

**Extra Baixa Tensão:** Tensão não superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

**Baixa Tensão:** Tensão superior a 50 volts em corrente alternada ou 120 volts em corrente contínua e igual ou inferior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

**Alta Tensão:** Tensão superior a 1000 volts em corrente alternada ou 1500 volts em corrente contínua, entre fases ou entre fase e terra.

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Norma Regulamentadora – NR10**

### **Seccionamento de Circuitos**

Dispositivos de Seccionamento em *Circuitos Energizados*:

- ☞ Disjuntor;
- ☞ Chave Seccionadora com câmara de extinção de arco elétrico.\*

Dispositivos de Seccionamento em *Circuitos Desenergizados*:

- ☞ Disjuntor;
- ☞ Chave Seccionadora;
- ☞ Chave Fusível;

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

### Vídeo - Seccionamento de Circuitos com Dispositivos Incorretos



## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

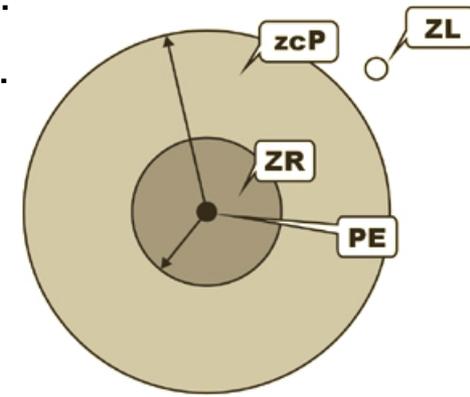
- Zonas de Trabalho**

**Zona de Risco (ZR):** Restrita a trabalhadores autorizados e com a adoção de técnicas, instrumentos e equipamentos apropriados ao trabalho.

**Zona Controlada (ZC):** Restrita a trabalhadores autorizados.

**Zona Livre (ZL):** Não restrita.

**PE:** Ponto de Instalação Energizado.



Faixa de tensão Nominal da instalação elétrica em kV	Rr- Raio de delimitação entre zona de risco e controlada em metros	Rc- Raio de delimitação entre zona controlada e livre em metros
<1	0,20	0,70

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Medidas de Proteção Coletiva**

**Desenergização Elétrica:** Desligamento do circuito elétrico conforme procedimento da NR-10.

**Proteção Coletiva Preventiva:** Isolação das partes vivas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação, bloqueio do religamento automático, aterramento.

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Procedimento de Desenergização**

- ☞ seccionamento;
- ☞ impedimento de re-energização;
- ☞ constatação da ausência de tensão;
- ☞ instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- ☞ proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- ☞ instalação da sinalização de impedimento de re-energização;

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Procedimento de Energização**

- ☞ Retirada das ferramentas, utensílios e equipamentos;
- ☞ Retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de re-energização;
- ☞ Remoção do aterramento temporário, da equipotencialização e das proteções adicionais;
- ☞ Remoção da sinalização de impedimento de re-energização;
- ☞ Destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento;

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Equipamentos de Segurança – EPIs e EPCs**

- ☞ Sendo as medidas de proteção coletiva tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados EPI's.
- ☞ Vestimentas de trabalho devem levar em conta a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.
- ☞ É vedado o uso de adornos pessoais.

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- **Equipamentos de Segurança – EPIs e EPCs**

- ☞ Luvas Isolantes;

- ☞ Botas;

- ☞ Calça;

- ☞ Camisa de manga longa;

- ☞ Óculos;

- ☞ Capacete;

- ☞ Cones;

- ☞ Fitas sinalizadoras;

- ☞ Placas de sinalização;

- ☞ Bloqueios mecânicos com trava;

## 13.2 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

- Equipamentos de Segurança – EPIs e EPCs



# 14. INSTALAÇÃO

- 📄 14.1 - Montagem
- 📄 14.2 - Ferramentas
- 📄 14.3 - Comissionamento
- 📄 14.4 - Operação e Manutenção

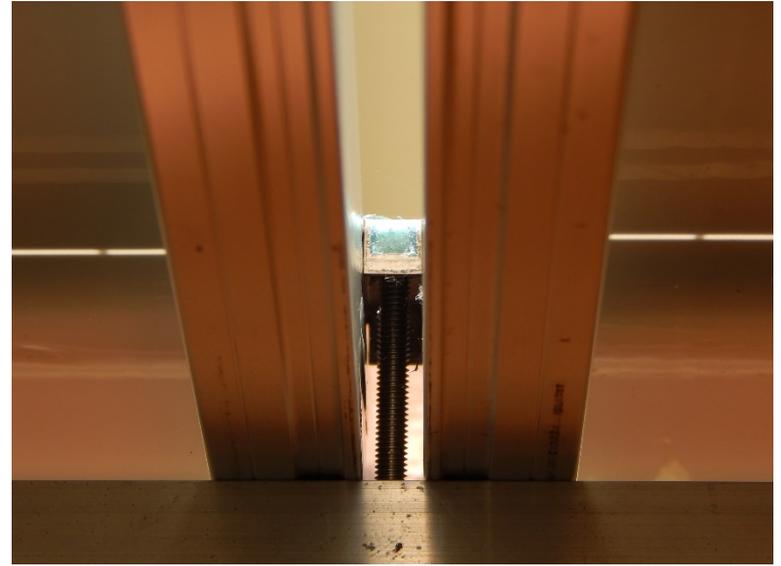
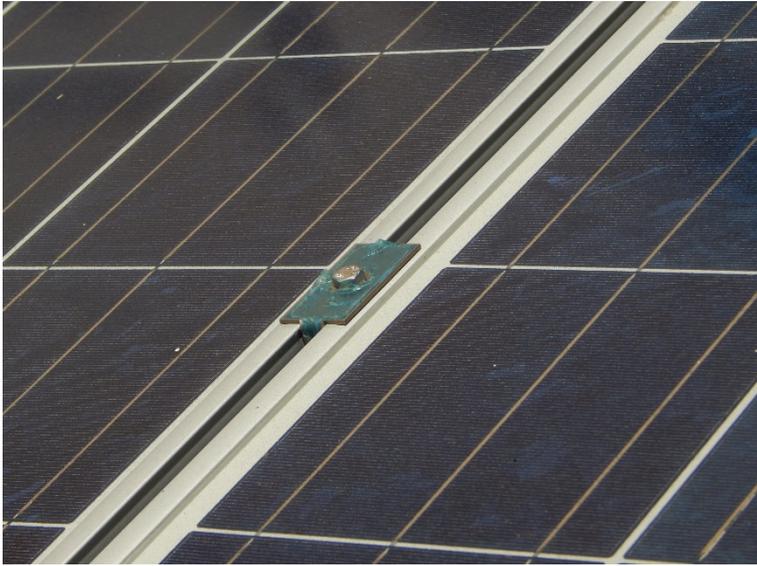
## 14.1 - Montagem



## 14.1 - Montagem



## 14.1 - Montagem



## 14.1 - Montagem



## 14.2 - Ferramentas

### • Checklist



Furadeira/Parafusadeira



Fita Isolante



Fita Autofusão



Giz de Linha



Alicate de Crimpagem



Alicate Decapador



Nível



Conectores para Painéis FV



Chave Estrela



Multímetro



Trena



Alicates



Chaves Fenda/Philips



Parafusos, Porcas, Arruelas



Buchas de Fixação



Escada



Fita Hellerman



Bússola

## 14.3 - Comissionamento

### Pontos de destaque:

- Verificação dos níveis de tensão
- Verificação da presença de poeira/sujeira nos equipamentos
- Ausência de danos físicos nos equipamentos
- Testes de continuidade
  - Aterramento das estruturas
  - Detecção de curtos circuitos
- Testes de operação dos equipamentos de proteção
- Verificação da função de anti-ilhamento do inversor
- Identificação dos elementos

## 14.4 - Operação e Manutenção

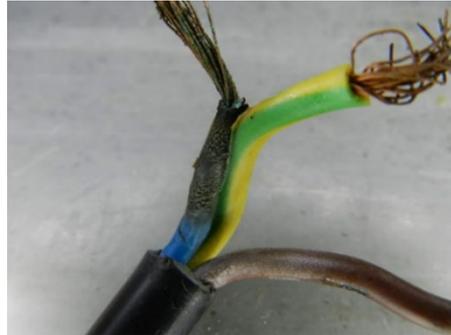
Manutenção de Sistemas Fotovoltaicos On Grid			
Elemento	Verificações	Periodicidade	
		<5kW	>5kW
Cabeamento	Revisão do estado do cabeamento. Inspeção das ligações e terminais. Teste das quedas de tensão no lado DC. Análise do cabeamento de proteção à terra.	12 meses	6 meses
Estado dos módulos e estrutura	Situação face ao projeto inicial. Limpeza e verificar a presença de danos que afetem a segurança e proteções. Revisão de danos na estrutura de suporte. Verificar o estado de deterioração devido aos agentes ambientais.	12 meses	6 meses
Inversores	Analisar o estado de funcionamento. Estado dos indicadores luminosos/visor e alarmes.	12 meses	6 meses
Equipamentos de segurança e proteção	Verificação dos terminais, caixa de medição e haste de aterramento. Teste do funcionamento dos interruptores de corte. Teste do funcionamento dos disjuntores. Verificação do estado dos fusíveis.	12 meses	6 meses

Fonte: Curso Técnico Instalador de Energia Solar Fotovoltaica (adaptado).

## 14.4 - Operação e Manutenção

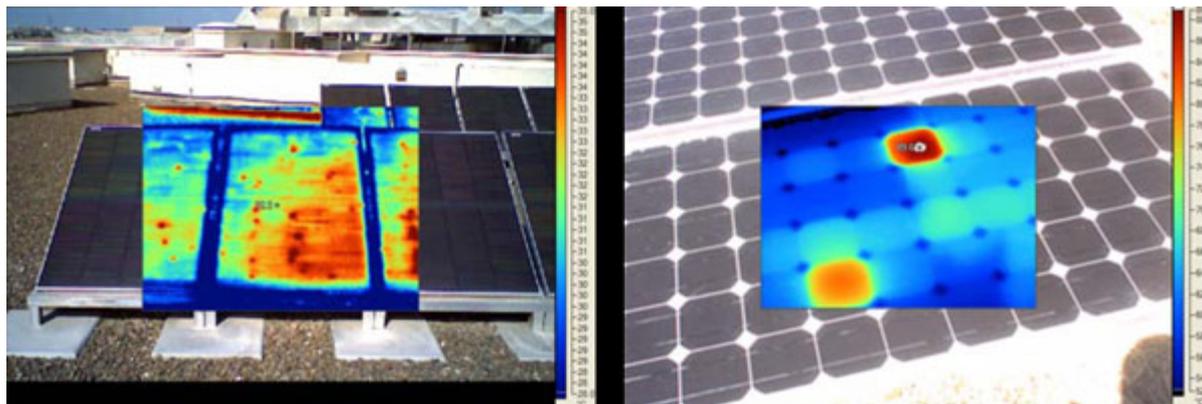
### • **Cabeamento**

- Inspeção Visual:
  - Desgaste
  - Temperatura
  - Exposição ao Sol
- Medição:
  - Detecção de Curtos Circuitos
- Queda de Tensão:
  - $\Delta V \leq 2\%$  - DC
  - $\Delta V \leq 1\%$  - AC



## 14.4 - Operação e Manutenção

- **Módulos e Estruturas**
- Sujeira sobre os módulos:
  - Compromete a capacidade de geração do sistema
  - Pode contribuir para o surgimento de hot spots que reduzem a capacidade de geração do painel e o danificam permanentemente.
- Avaliação da temperatura na superfície dos módulos



## 14.4 - Operação e Manutenção

- **Inversor**

- ☑ Limpeza do equipamento
- ☑ Avaliação do funcionamento dos sinais luminosos
- ☑ Vida útil – 10 a 15 anos:
  - ☑ Inversores devem se trocados antes do fim da vida útil dos módulos (25 anos ou mais)



## 14.4 - Operação e Manutenção

- **Dispositivos de Proteção**
  - ☑ Verificação dos níveis de tensão
  - ☑ Testes de continuidade
  - ☑ Avaliação de danos nos equipamentos
  - ☑ Verificação da capacidade de interrupção de corrente dos disjuntores

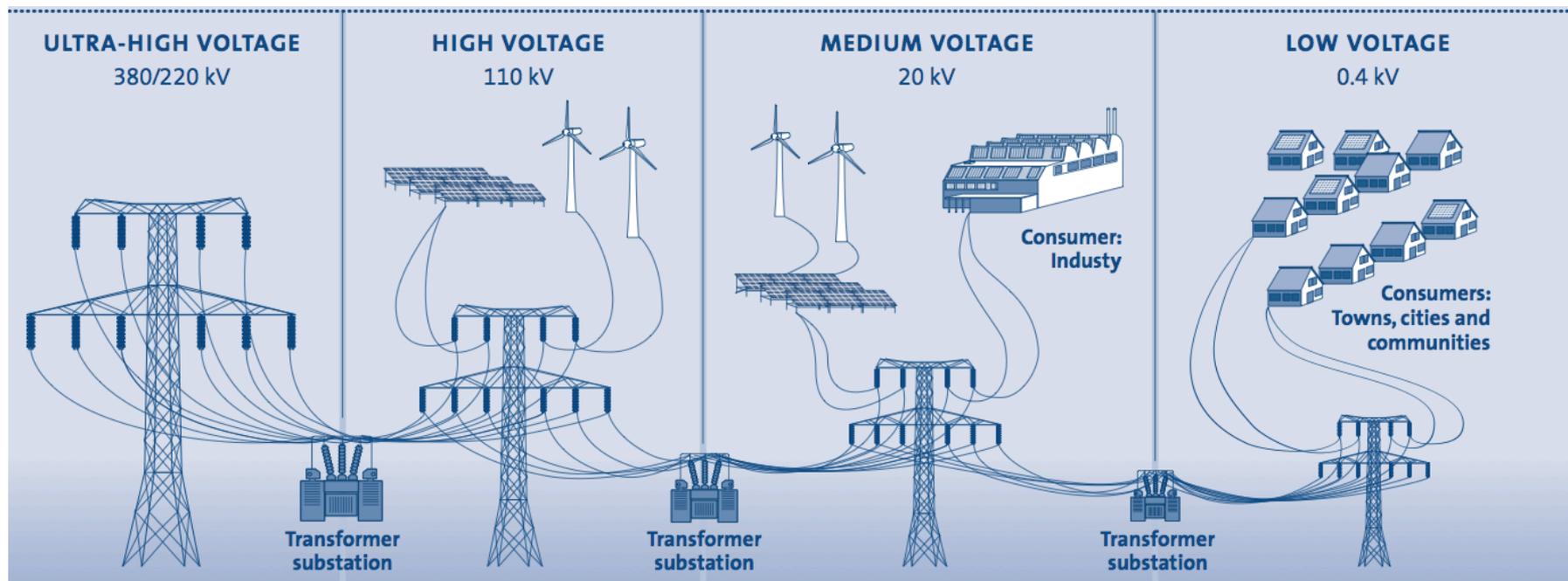


# 15. CONEXÃO À REDE

- ☞ 15.1 - Critérios de Classificação da Instalação
- ☞ 15.2 - Adequação à Rede Local
- ☞ 15.3 - Elementos de Proteção Exigidos
- ☞ 15.4 - Aspectos Regulatórios
- ☞ 15.5 - Etapas para Acesso à Rede
- ☞ 15.6 - Exigências das Distribuidoras

## 15.1 - Critérios de Classificação da Instalação

Nível de Tensão x Potência Instalada (a ser definido pela concessionária):



Baixa tensão: até 1.000V

Média tensão: de 1.000V até 72.500V

Alta tensão: de 72.500V até 242.000V

Extra-alta tensão: acima de 242.000V

## 15.1 - Critérios de Classificação da Instalação

Potência instalada	Nível de tensão
< 10 kW	Baixa Tensão (BT), monofásico, bifásico ou trifásico
10 a 100 kW	Baixa Tensão (BT), trifásico
101 a 500 kW	Baixa Tensão (BT) ou Média Tensão (MT), ambos trifásicos
501 kW a 1 MW	Média Tensão (MT), trifásico

Fonte: CPFL

Mini ou Microgeração:

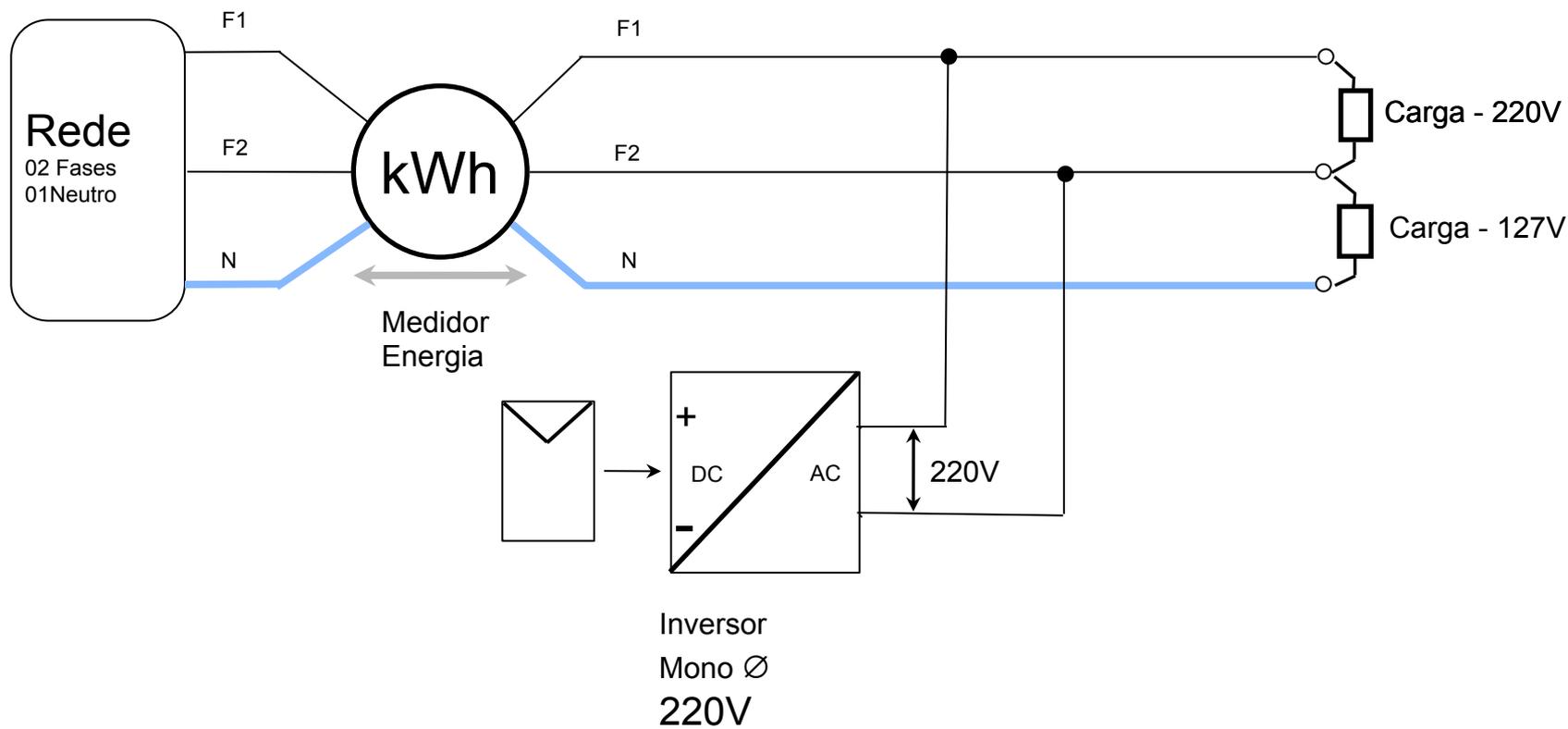
	Potência Instalada [kW]
Microgeração Distribuída	$PI \leq 75$
Minigeração Distribuída	$75 \leq PI \leq 5000$

Fonte: REN 687 (alteração da REN 482)

## 15.2 - Adequação à Rede Local

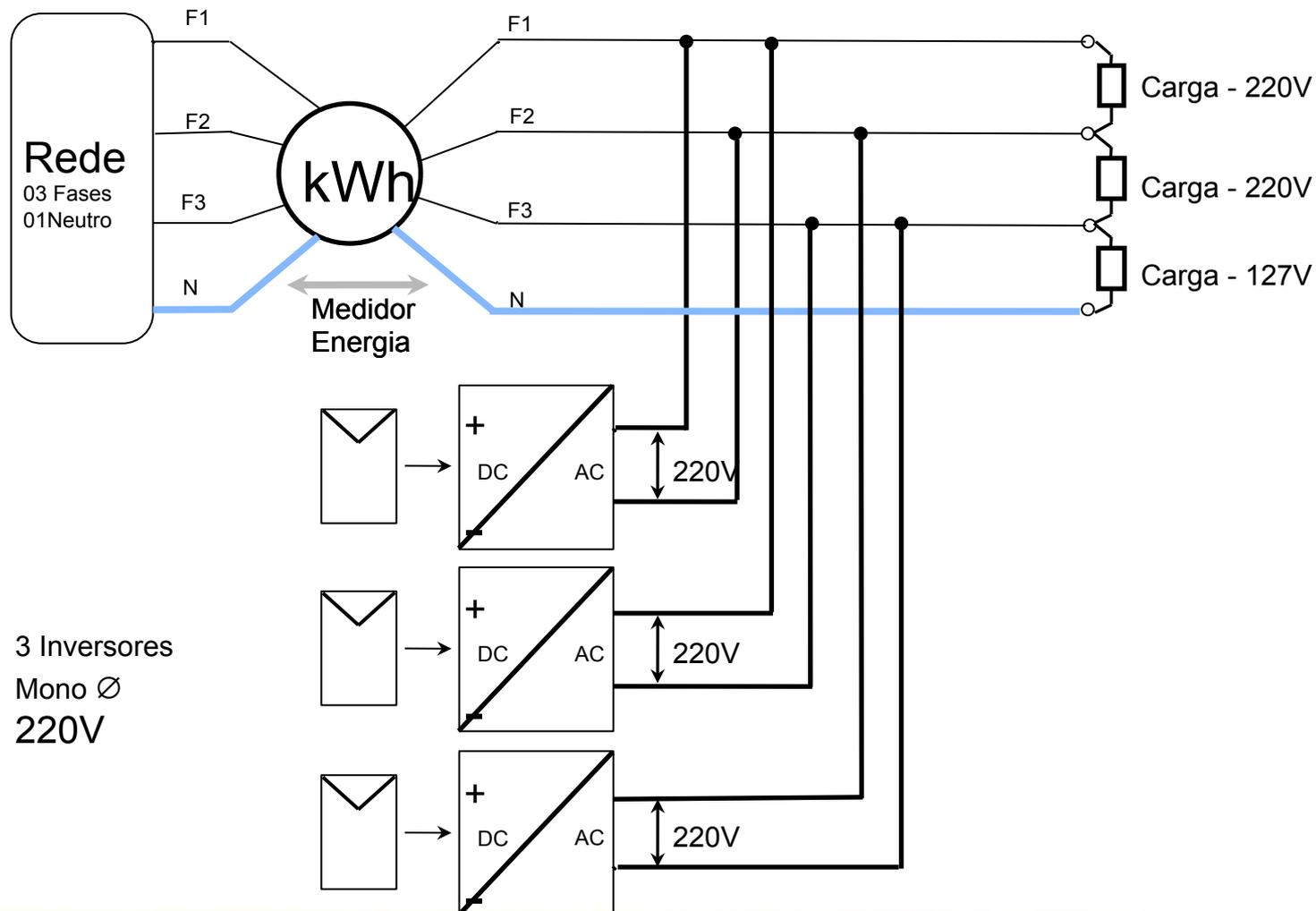
Níveis de tensão BT: Trifásico: 380V/220V e 220V/127V – Monofásico: 230/115V

Rede Bifásica: Inversor Monofásico - 220V



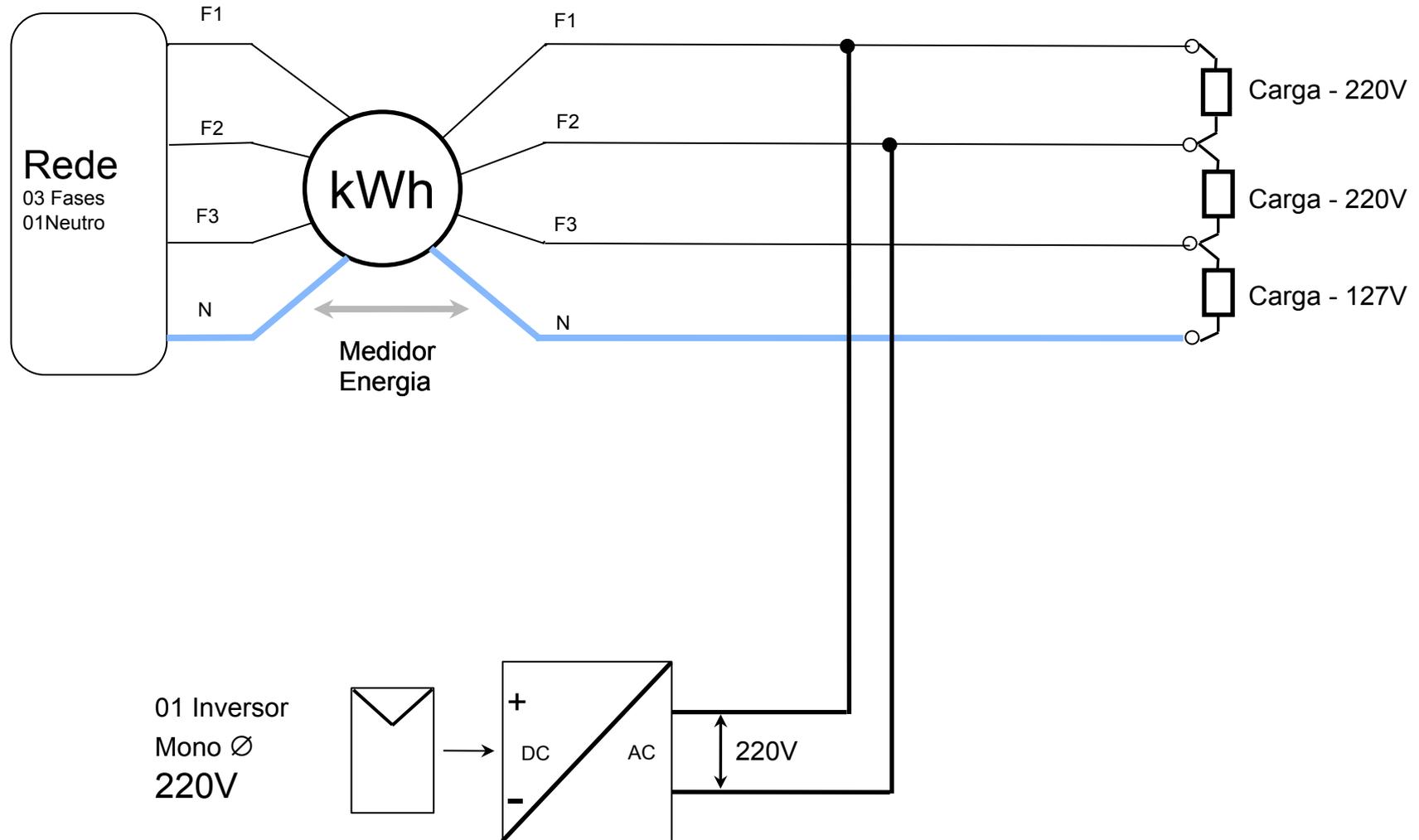
## 15.2 - Adequação à Rede Local

### Rede Trifásica: Inversores Monofásicos - 220V ( Conexão Delta )



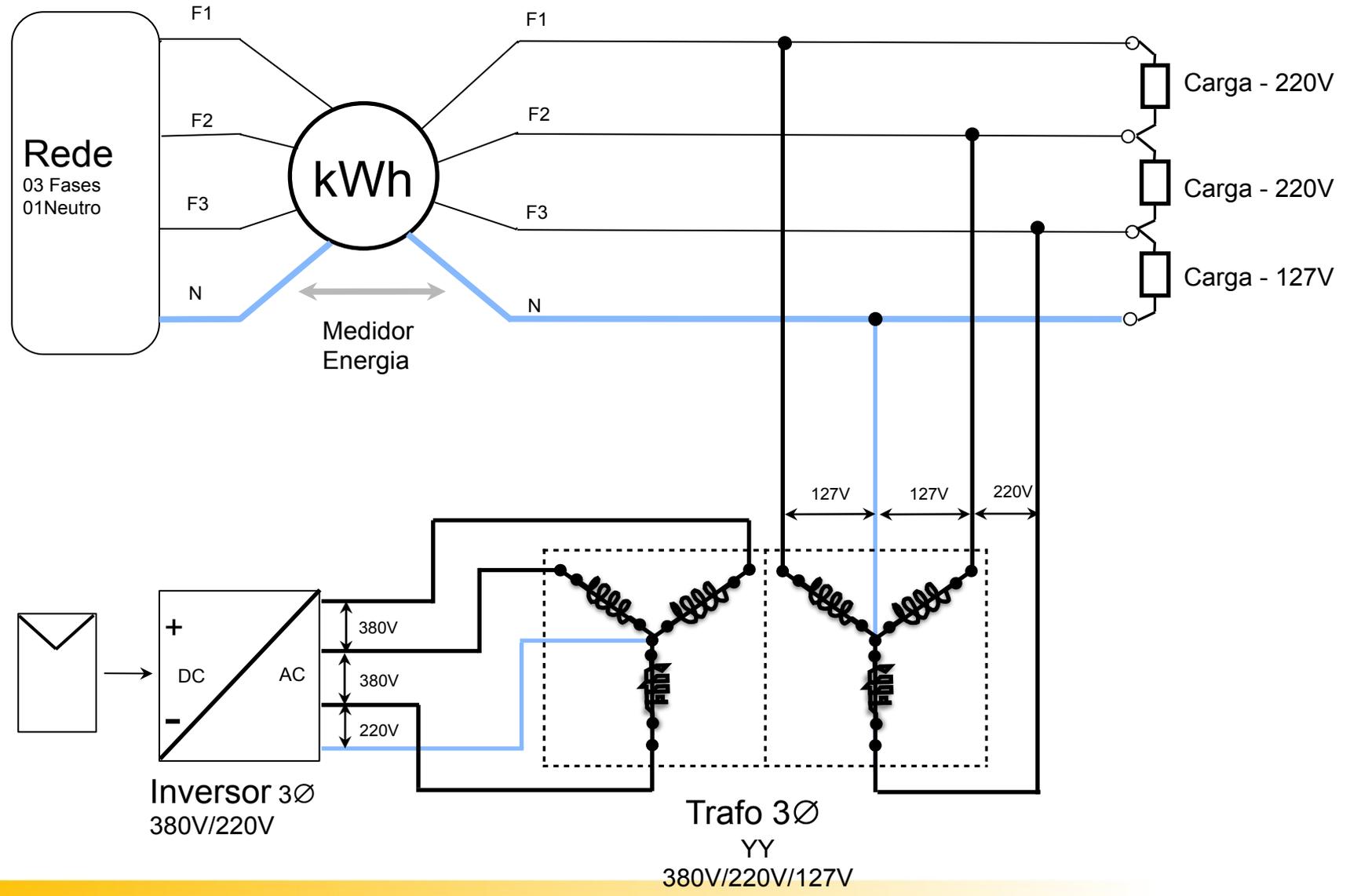
## 15.2 - Adequação à Rede Local

### Rede Trifásica: Inversor Monofásico - 220V



# 15.2 - Adequação à Rede Local

Rede Trifásica: Inversor Trifásico 380V + Trafo YY - 220V/127V



## 15.3 - Elementos de Proteção Exigidos

Funções desempenhadas pelo inversor

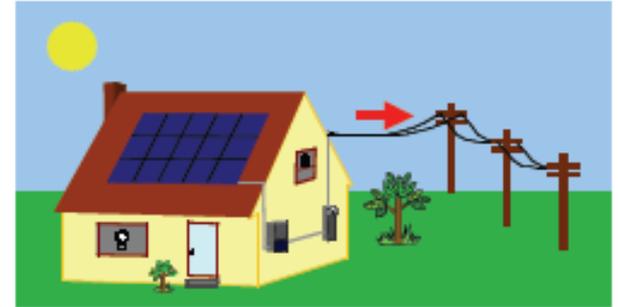
EQUIPAMENTO	Potência Instalada		
	Menor ou igual a 75 kW	Maior que 75 kW e menor ou igual a 500 kW	Maior que 500 kW e menor ou igual a 5 MW
Elemento de desconexão (1)	Sim	Sim	Sim
Elemento de interrupção (2)	Sim	Sim	Sim
Transformador de acoplamento(3)	Não	Sim	Sim
Proteção de sub e sobretensão	Sim (4)	Sim (4)	Sim
Proteção de sub e sobrefrequência	Sim (4)	Sim (4)	Sim
Proteção contra desequilíbrio de corrente	Não	Não	Sim
Proteção contra desbalanço de tensão	Não	Não	Sim
Sobrecorrente direcional	Não	Sim	Sim
Sobrecorrente com restrição de tensão	Não	Não	Sim
Relé de sincronismo	Sim(5)	Sim(5)	Sim(5)
Anti-ilhamento	Sim(6)	Sim(6)	Sim(6)
Medição	Sistema de Medição Bidirecional (7)	Medidor 4 Quadrantes	Medidor 4 Quadrantes

- 1) Chave seccionadora visível e acessível que a acessada usa para garantir a desconexão da central geradora durante manutenção em seu sistema, exceto para microgeradores e minigeradores que se conectam à rede através de inversores, conforme item 4.4 desta Seção.
- 2) Elemento de interrupção automático acionado por proteção para microgeradores distribuídos e por comando e/ou proteção para minigeradores distribuídos.
- 4) Não é necessário relé de proteção específico, mas um sistema eletroeletrônico que detecte tais anomalias e que produza uma saída capaz de operar na lógica de atuação do elemento de interrupção.
- 7) O sistema de medição bidirecional deve, no mínimo, diferenciar a energia elétrica ativa consumida da energia elétrica ativa injetada na rede.

## 15.4 - Aspectos Regulatórios

### Net metering

- ☑ Sistema de compensação de energia elétrica
- ☑ Apura-se a energia Gerada e Consumida
- ☑ Geram-se créditos para o excedente
- ☑ Não permitido o comércio de créditos
- ☑ Crédito pode ser consumido por filiais, caso atendidos por mesma distribuidora
- ☑ Créditos podem ser repartidos entre múltiplas unidades consumidoras caso elas estejam na mesma propriedade (condomínios)



Gera-se Energia durante períodos com insolação

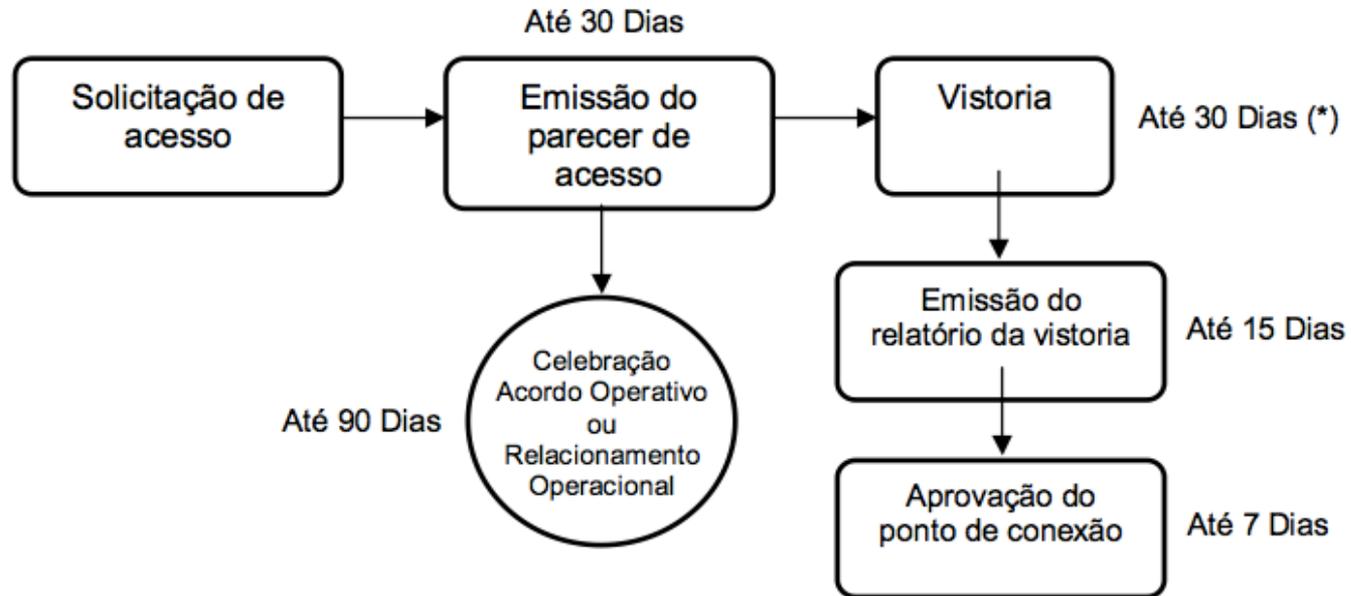


Consome-se Energia durante períodos de baixa insolação

## 15.5 - Etapas para Acesso à Rede



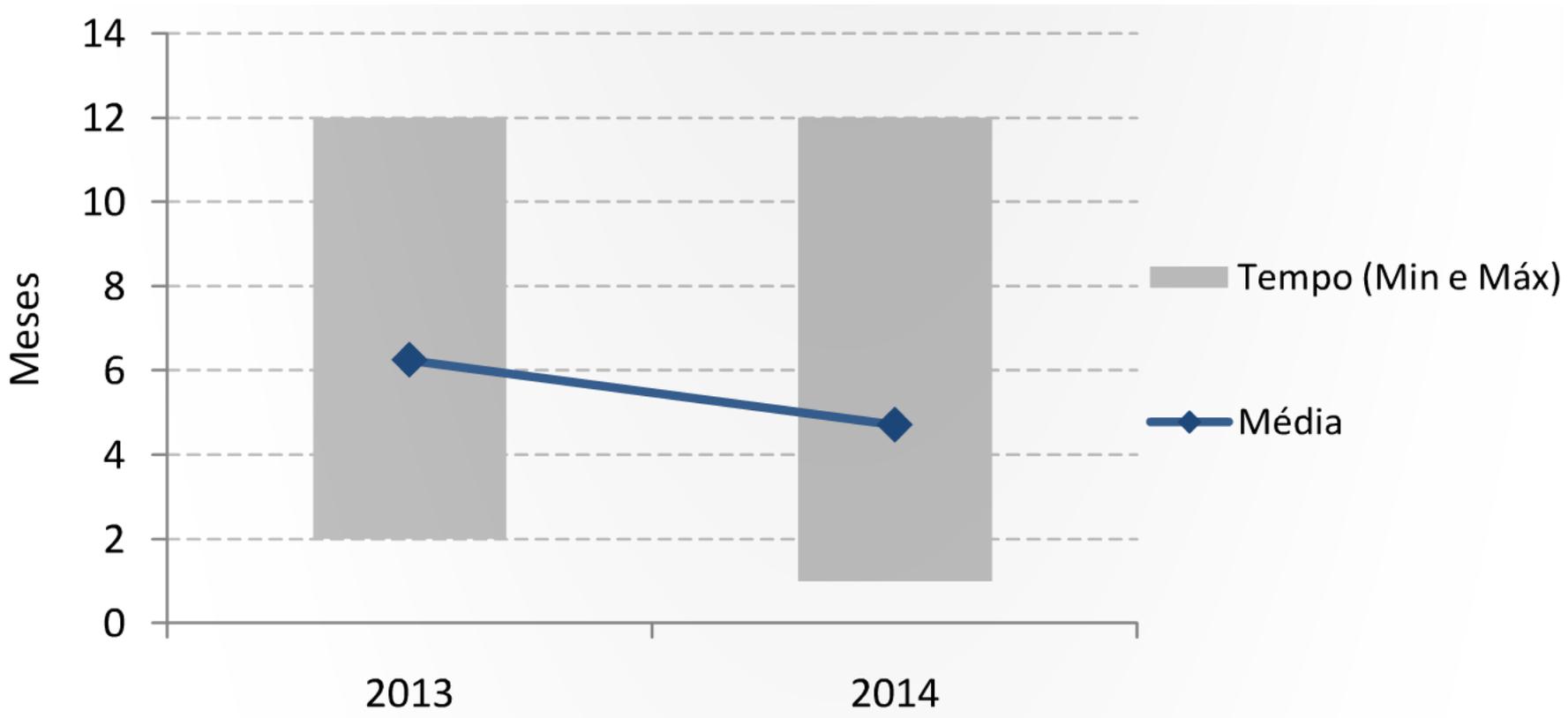
## 15.5 - Etapas para Acesso à Rede



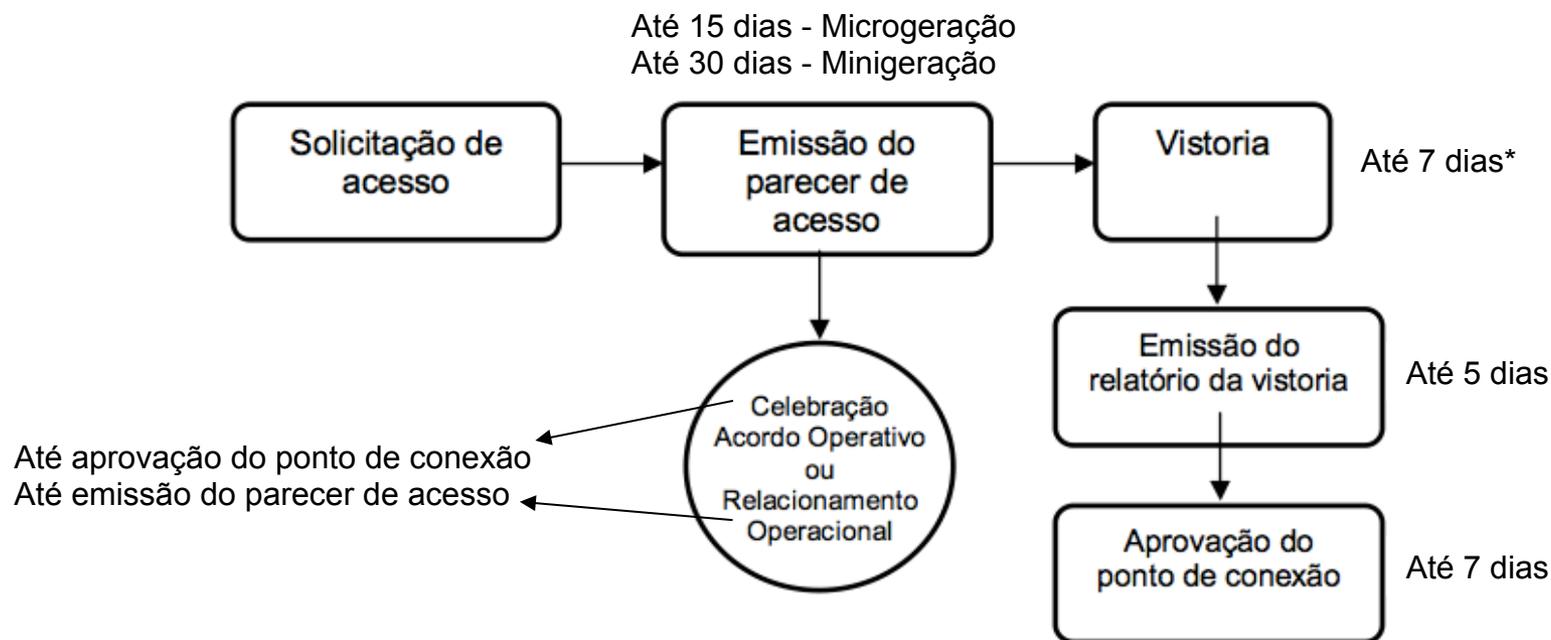
(\*) A partir da solicitação de vistoria por parte do acessante.

# 15.5 - Etapas para Acesso à Rede

Tempo total para conexão:



## 15.5 - Etapas para Acesso à Rede



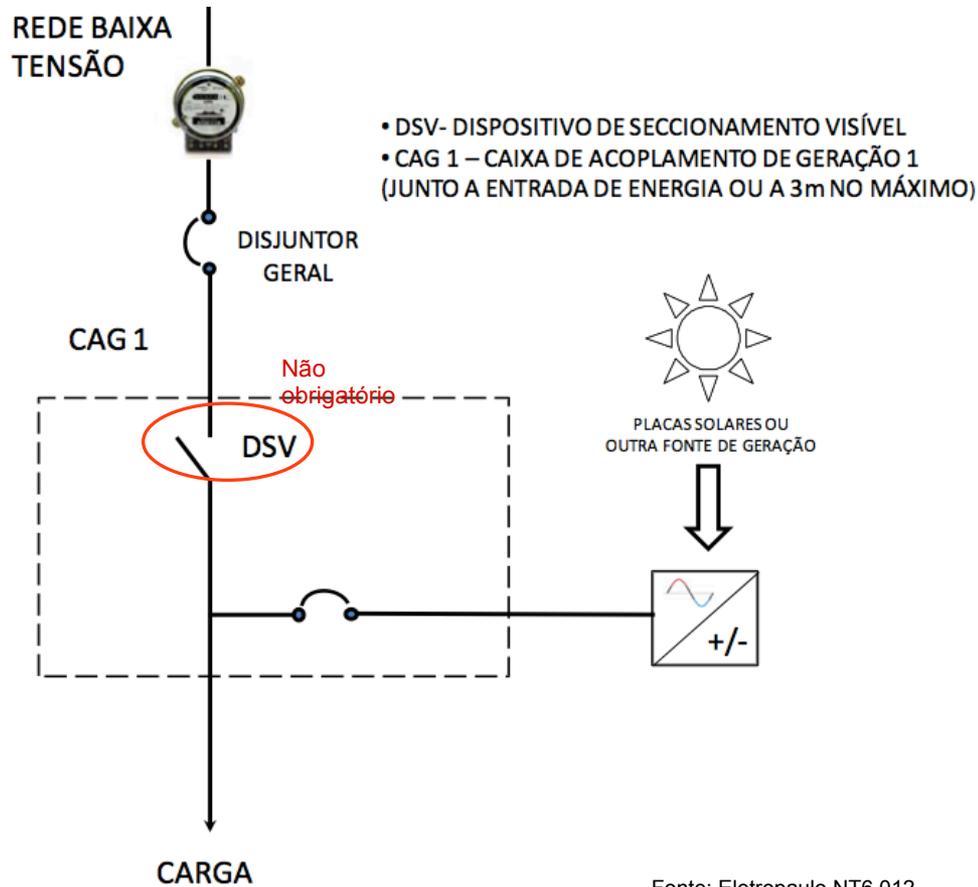
(\*) A partir da solicitação de vistoria por parte do acessante

Fonte: CPFL (alterado)

## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

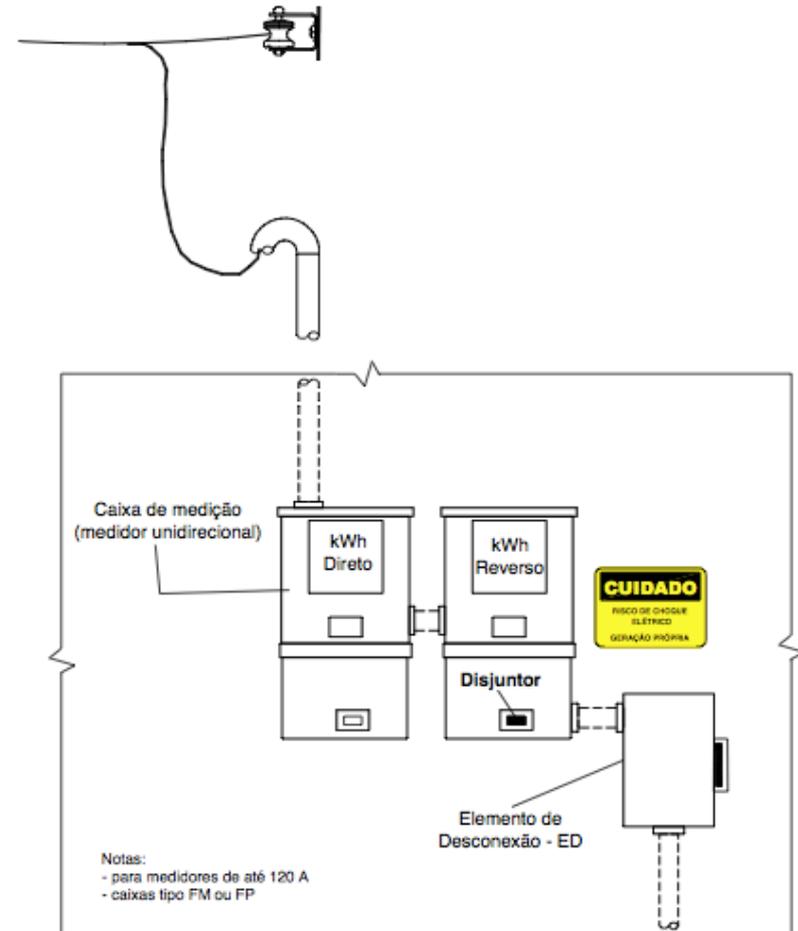
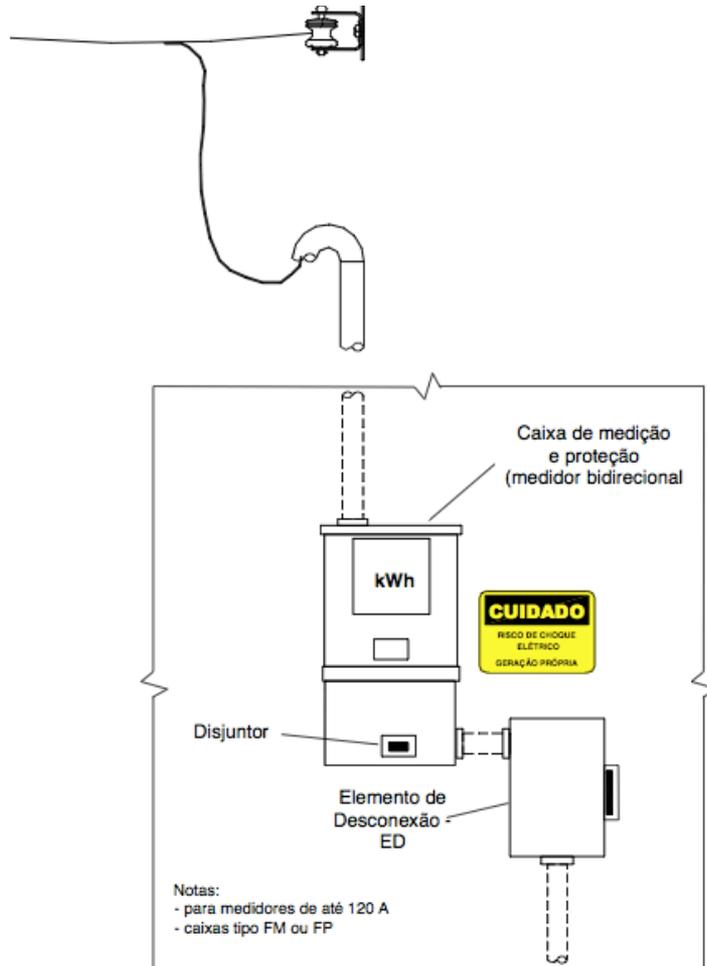
- **Padrão de entrada**

Exemplo Conexão a Rede BT - Eletropaulo/S.Paulo



## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

- **Padrão de entrada**



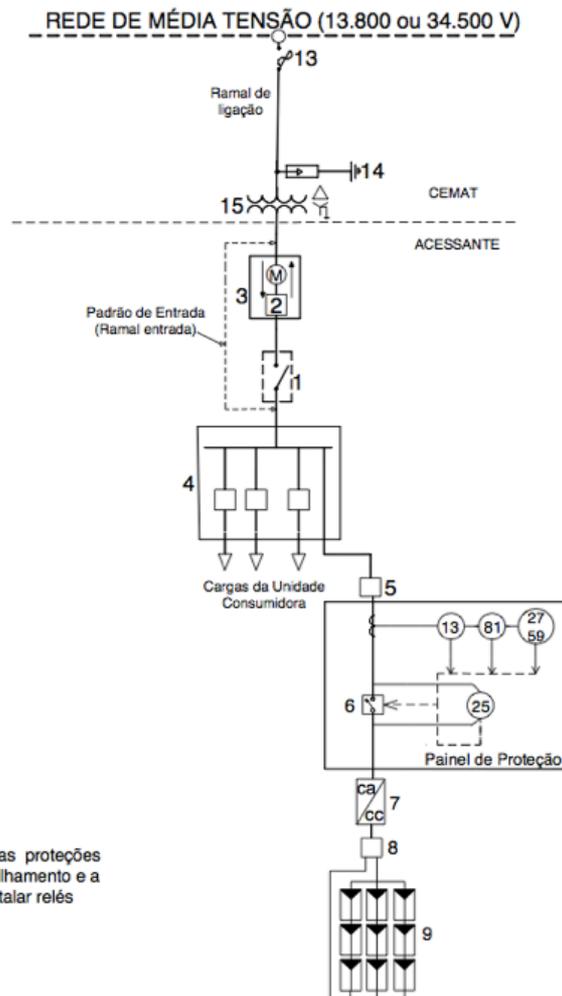
Fonte: Cemat NTE 041

## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

### • Padrão de entrada

Exemplo Conexão a Rede Média Tensão - Cemat

- M Medição bidirecional - direta ou indireta instalada em caixas no padrão de entrada da UC
- 1 Elemento de Desconexão (ED) - chave seccionadora instalada junto à caixa do padrão de entrada no limite da via pública com o imóvel
- 2 Disjuntor de proteção instalado na caixa do padrão de entrada
- 3 Caixas do Padrão de Entrada de Serviço da UC
- 4 Quadro de Distribuição da UC
- 5 Disjuntor de proteção geral da microgeração
- 6 Elemento de Interrupção (EI)
- 7 Inversor CC/CA
- 8 Disjuntor em CC - proteção do gerador fotovoltaico
- 9 Painéis fotovoltaicos
- 13 Chaves fusíveis
- 14 Pára-raios
- 15 Transformador de distribuição da CEMAT
- 27/59 Elementos de proteção de sub e sobretensão
- 81 Elementos de proteção de sub e sobrefrequência
- 25 Relé de sincronismo
- 13 Elemento de proteção anti-ilhamento



#### NOTA

Caso no Inversor (elemento 7) estiverem inseridas as proteções de sub e sobretensão, sub e sobrefrequência, anti-ilhamento e a função de sincronismo, não será necessário instalar relés específicos para essas funções.

## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

### • Documentos Requeridos

Caso Eletropaulo - SP

- ☞ Diagrama unifilar das instalações;
- ☞ Diagrama funcional do sistema de paralelismo;
- ☞ Características dos TP's, TC's onde aplicáveis e disjuntores que fazem parte do sistema de paralelismo;
- ☞ Memorial Descritivo;
- ☞ Dados da geração:
- ☞ Potência;
- ☞ Desenho do projeto de instalação;
- ☞ Desenho de localização da instalação da geração e recinto de painéis;
- ☞ Comprovante de certificação do inversor pelo INMETRO;
- ☞ Termo de Responsabilidade conforme modelo existente no final desta Nota
- ☞ Técnica, com firma reconhecida;
- ☞ Apresentar ART referente ao projeto e execução;

## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

### • Documentos Requeridos

#### Caso CPFL

##### *Central Geradora:*

- ☞ Potência instalada total (kW):
- ☞ Número de arranjos:
- ☞ Área total da central geradora (m<sup>2</sup>):
- ☞ Fator de capacidade:
- ☞ Módulos da central (numerar seqüencialmente, para referência e indicação de quantidade, associados a cada arranjo):
- ☞ N.o de placas por arranjo:
- ☞ Área do arranjo (m<sup>2</sup>):
- ☞ Potência de pico (kWp):
- ☞ Energia produzida (kWh/mês):
- ☞ Fabricante:
- ☞ Operação da corrente contínua (CC), para cada módulo:
- ☞ Tensão de operação (V):
- ☞ Tensão de circuito aberto (V): - Corrente de curto-circuito (A):
- ☞ Potência do Inversor (kW), para cada módulo:
- ☞ Tensão do Inversor (V), para cada módulo:
- ☞ Rendimento (%), para cada módulo:
- ☞ Tensão de Conexão (kV), para cada módulo:
- ☞ Data de entrada em operação, para cada módulo:
- ☞ Regime operacional, para cada módulo:
- ☞ Engenheiro Responsável pelas Informações Declaradas:

## 15.6 - Exigências das Distribuidoras

- **Qualidade de Energia**

A unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída que opera em paralelo com a rede da CPFL deverá atender, no ponto de conexão, os limites estabelecidos para os seguintes parâmetros, conforme estabelece a Seção 8.1 do Módulo 8 – Qualidade da Energia Elétrica, do PRODIST.

- ☞ Tensão em regime permanente;
- ☞ Fator de potência;
- ☞ Distorção harmônica;
- ☞ Desequilíbrio de tensão;
- ☞ Flutuação de tensão;
- ☞ Variação de frequência.

Fonte: CPFL

Obs: estes ajustes, geralmente, são realizados pelo inversor.

# 16. MERCADO FOTOVOLTAICO

-  16.1 - Cenário Atual
-  16.2 - Perspectivas Futuras
-  16.3 - Análise de Retorno

## 16.1 - Cenário Atual

- Valores Médios (R\$/Wp)**

Potência	Módulos	Inversor	Estrutura	Projeto	Instalação e Itens Adicionais	Total
Residencial (2kW)	3,9	2,93	1,0	1,2	1,97	11
Residencial (4kW)	3,74	1,95	0,8	0,76	1,75	9
Residencial (12kW)	3,5	1,29	0,72	0,4	1,59	7,5
Comercial (100kW)	3,2	0,9	0,69	0,14	1,37	6,3
Industrial ( 1.000kW )	2,93	0,82	0,68	0,07	1,1	5,6
Usina (5MW )	2,89	0,78	0,67	0,028	1,032	5,40
Usina(30MW)	2,65	0,7	0,66	0,007	0,983	5,00

Notas: Câmbio: US\$1,0 = R\$3,90; Módulos Fixos, Valores Referenciais ( variam conforme condições de instalação )

Fonte: Enova Solar 2016

# 16.1 - Cenário Atual

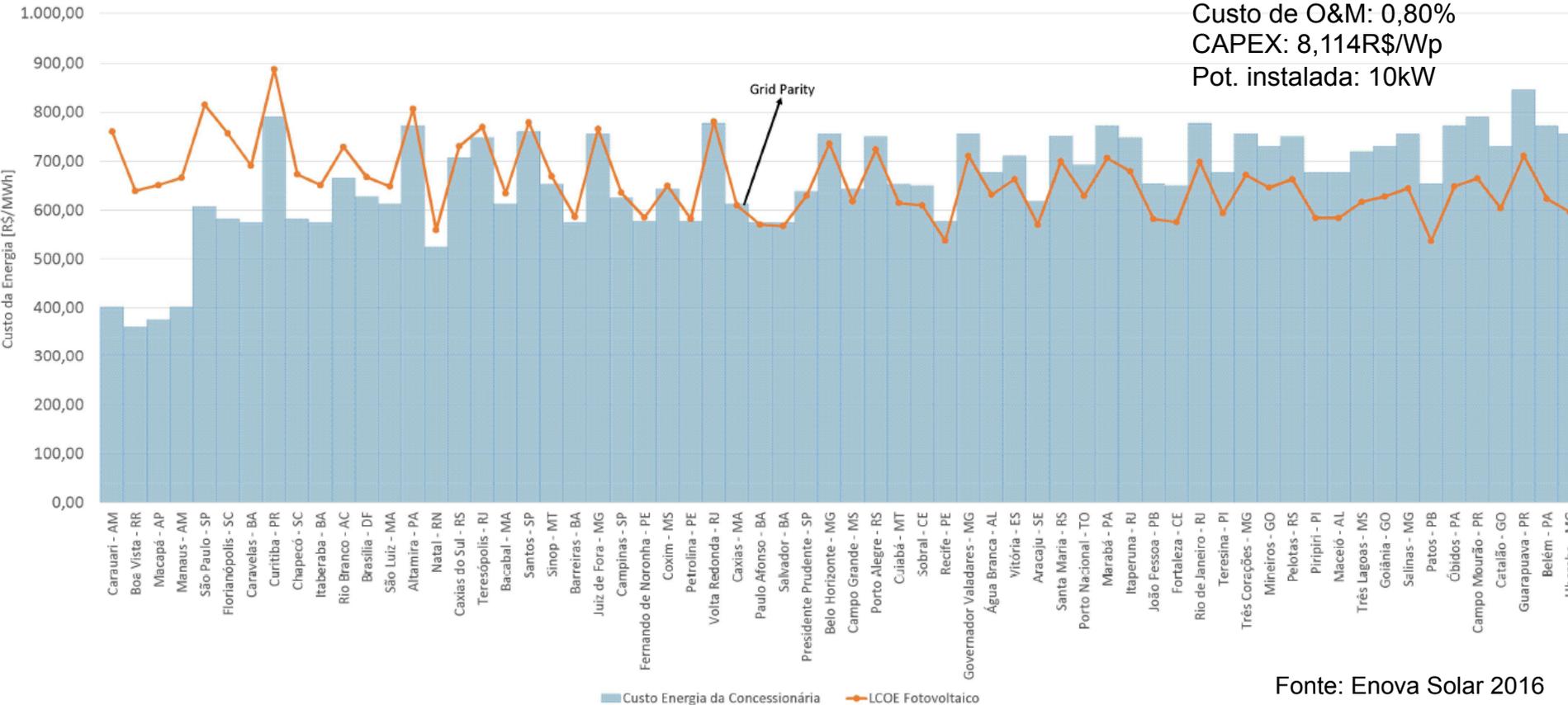
- Grid Parity**

Comparação dos custos de energia:

Aumento do preço de energia favorece a geração distribuída

Taxa de desconto nominal: 9%  
 Custo de O&M: 0,80%  
 CAPEX: 8,114R\$/Wp  
 Pot. instalada: 10kW

Análise de Grid Parity no Território Brasileiro



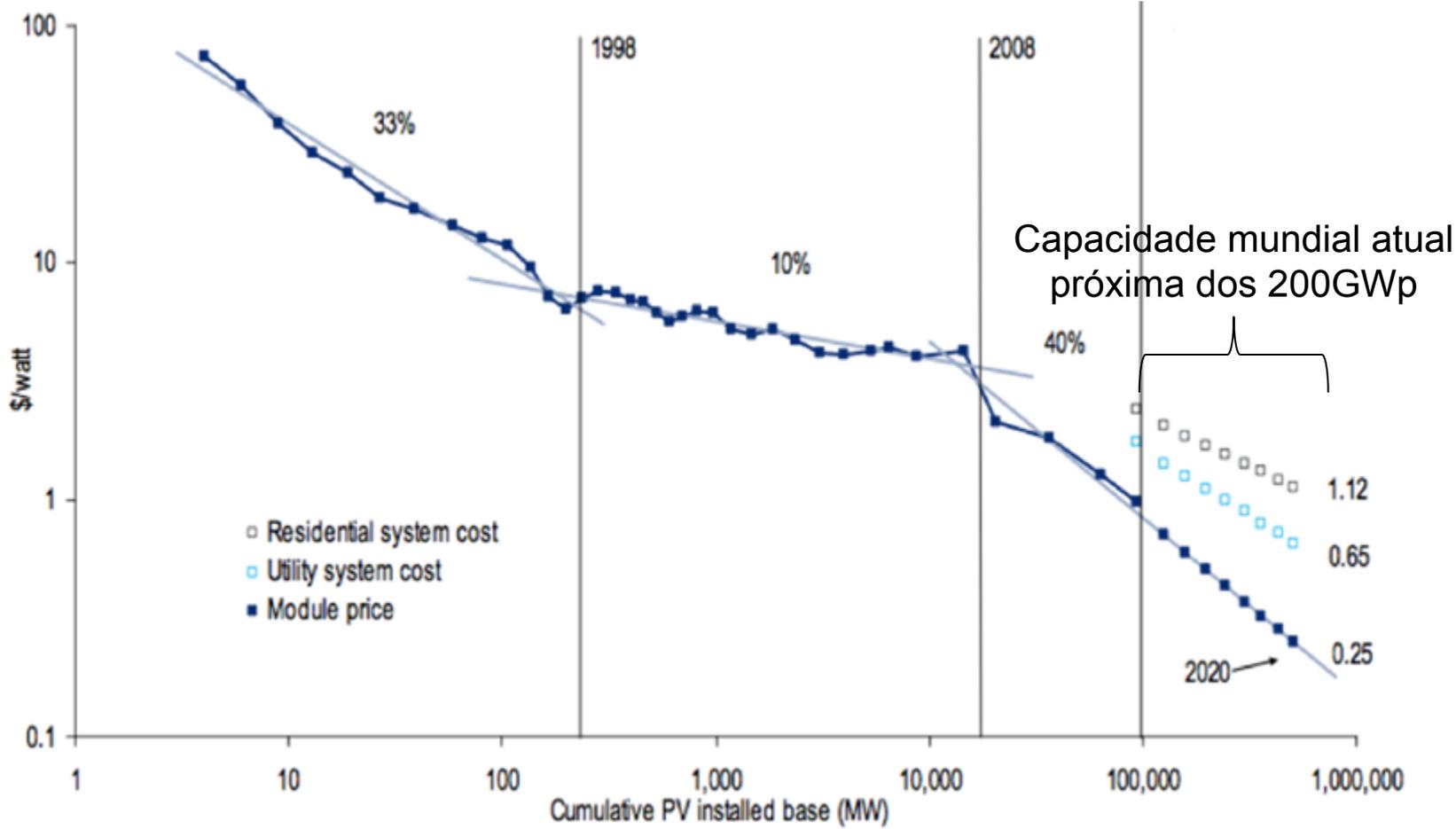
Fonte: Enova Solar 2016

ICMS: Incidência sobre a Geração Distribuída, reduz a atratividade.

# 16.2 - Perspectivas Futuras

- **Curva de Aprendizado**

Desenvolvimento tecnológico - redução de custos



Source: Bloomberg, Citi

## 16.2 - Perspectivas Futuras

- **Incentivos Governamentais**

Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD) – anunciado em dezembro de 2015 prevê o investimento de até R\$100 bilhões até 2030. Entre as ações de incentivo propostas estão:

- Isenção de ICMS e PIS/Cofins
- Redução do Imposto de Importação
- Apoio de órgãos como o BNDES a projetos de eficiência energética e geração distribuída

## 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Simples**

$$\textit{Payback Simples} = \textit{Investimento} / (\textit{Energia Anual Produzida} \times \textit{Tarifa de Energia})$$

**Payback** – número de anos necessários para que o investimento inicial seja compensado. Payback simples não considera a influência do custo financeiro do projeto.

## 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Simples**

### **Deve-se conhecer:**

**Decaimento de Produtividade dos Módulos:** Representa a queda de eficiência dos módulos ao longo de sua vida útil. Dado como porcentagem sobre a energia gerada anual.

**Custo de Operação e Manutenção:** Inclui custos com limpeza dos módulos, manutenção e troca de equipamentos. Dado como porcentagem do investimento inicial.

**Inflação da Energia Elétrica:** Utilizada para corrigir o preço da energia elétrica vendida pelas distribuidoras. Neste contexto, engloba não somente a inflação do preço da energia como também o reajuste real (descontada a inflação) da tarifa de energia elétrica.

## 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Simples**

**Exemplo:**

**Decaimento de Produtividade dos Módulos: 0,50% a.a.**

**Custo de Operação e Manutenção: 0,50% a.a.**

**Inflação da Energia Elétrica (primeiros 5 anos): 12,00% a.a.**

**Inflação da Energia Elétrica (20 anos restantes): 8,00% a.a.**

Obs: foram adotados valores diferentes para a inflação da energia nos primeiros anos já que estamos em um período de alta histórica destes valores.

## 16.3 - Análise de Retorno

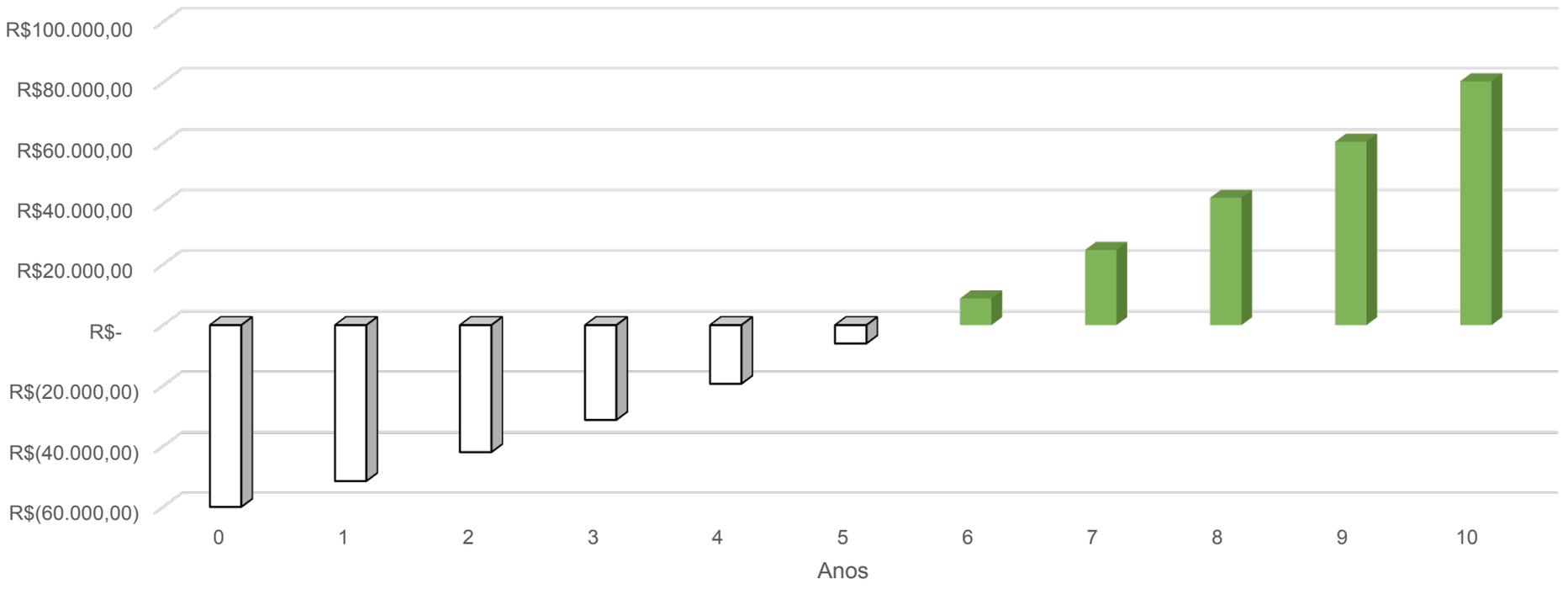
- Payback Simples – Fluxo de Caixa**

Ano	0	1	2	3	4
Investimento	R\$ 60.000,00				
CO&M		R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Energia Produzida		10208,0	10157,0	10106,2	10055,6
Inflação		12%	12%	12%	12%
Tarifa		0,864	0,968	1,084	1,214
Crédito Gerado		R\$ 8.819,71	R\$ 9.828,69	R\$ 10.953,09	R\$ 12.206,12
Crédito Acumulado		R\$ 8.819,71	R\$ 18.648,40	R\$ 29.601,49	R\$ 41.807,61
Valor Não Amortizado - Payback Simples	-R\$ 60.000,00	-R\$ 51.480,29	-R\$ 41.951,60	-R\$ 31.298,51	-R\$ 19.392,39
Fluxo de Caixa	-R\$ 60.000,00	R\$ 8.519,71	R\$ 9.528,69	R\$ 10.653,09	R\$ 11.906,12
Fluxo Acumulado	-R\$ 60.000,00	-R\$ 51.480,29	-R\$ 41.951,60	-R\$ 31.298,51	-R\$ 19.392,39

# 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Simples – Fluxo de Caixa**

## Fluxo de Caixa acumulado



## 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Descontado**

$$Payback = \text{Investimento} / (\text{Energia Anual Produzida} \times \text{Tarifa de Energia}) - (\text{Taxa de Juros} \times \text{Valor Investido})$$

Payback descontado considera a influência do custo financeiro do projeto através da taxa de desconto ou juros.

## 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Descontado**

### **Deve-se conhecer:**

**Taxa de Desconto:** Parâmetro utilizado para estimar a valorização do dinheiro ao longo do tempo. Pode ser definido a partir da taxa de retorno de uma aplicação com risco semelhante ou a partir da taxa de juros cobrada pelos bancos para um empréstimo, por exemplo. No caso do nosso exemplo utilizaremos a taxa de juros.

**Taxa de Juros:** 12% a.a.

## 16.3 - Análise de Retorno

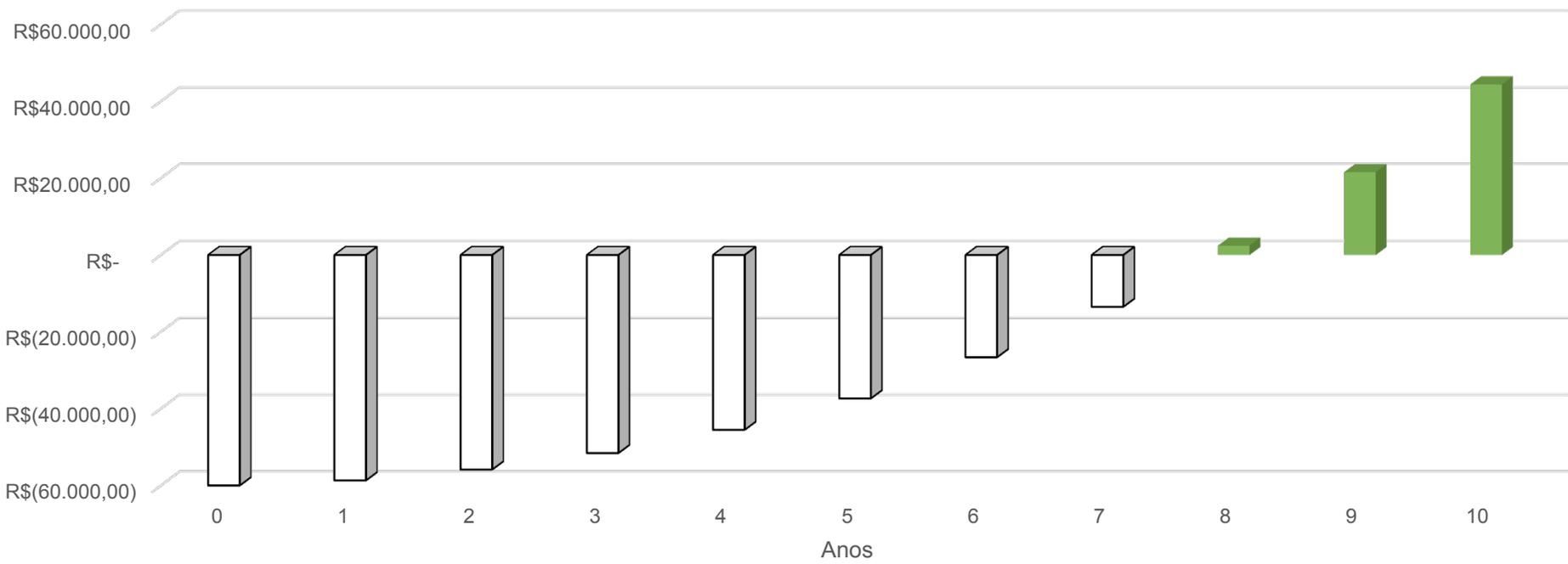
- Payback Descontado – Fluxo de Caixa**

Ano	0	1	2	3	4
Investimento	R\$ 60.000,00				
CO&M		R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00	R\$ 300,00
Energia Produzida		10208,0	10157,0	10106,2	10055,6
Inflação		12%	12%	12%	12%
Tarifa		0,864	0,968	1,084	1,214
Crédito Gerado		R\$ 8.819,71	R\$ 9.828,69	R\$ 10.953,09	R\$ 12.206,12
Juros		12,00%	12,00%	12,00%	12,00%
Crédito Acumulado		R\$ 8.819,71	R\$ 18.648,40	R\$ 29.601,49	R\$ 41.807,61
Custo Financeiro		R\$ 7.200,00	R\$ 7.005,63	R\$ 6.666,87	R\$ 6.152,52
Valor Não Amortizado	-R\$ 60.000,00	-R\$ 58.380,29	-R\$ 55.557,24	-R\$ 51.271,01	-R\$ 45.217,41
Fluxo de Caixa	-R\$ 60.000,00	R\$ 8.519,71	R\$ 9.528,69	R\$ 10.653,09	R\$ 11.906,12
Fluxo Acumulado	-R\$ 60.000,00	-R\$ 58.680,29	-R\$ 55.857,24	-R\$ 51.571,01	-R\$ 45.517,41

# 16.3 - Análise de Retorno

- **Payback Descontado – Fluxo de Caixa**

## Fluxo de Caixa Acumulado



## 16.3 - Análise de Retorno

- **TIR (taxa interna de retorno)**

A TIR é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período. Sendo usada em análise de investimentos, significa a taxa de retorno de um projeto.

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

$F_t$  = (Benefício – Custo) do ano  $t$

$t$  = Ano analisado

VPL = Valor Presente Líquido

$N$  = Período de Anos analisado

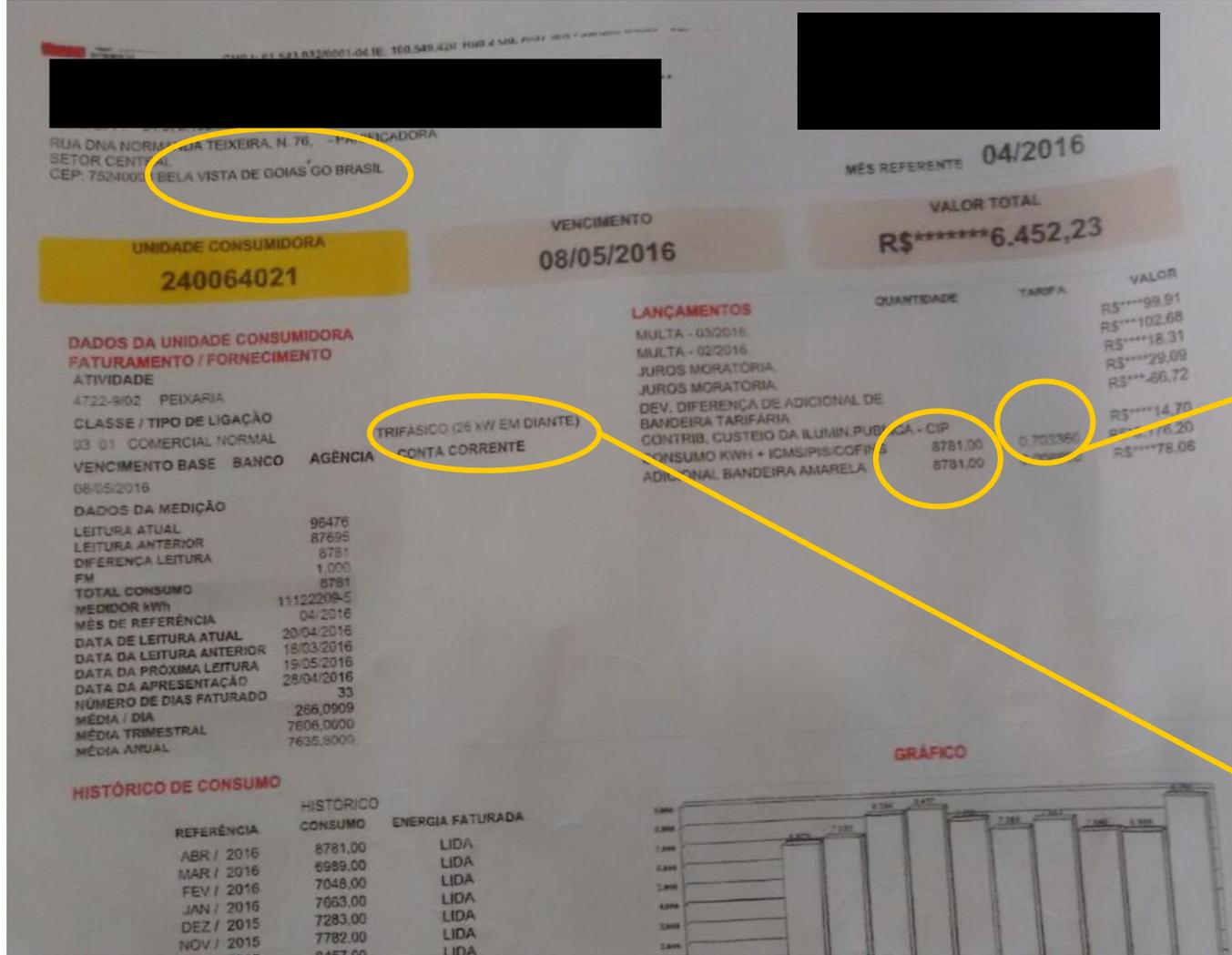
Para o Fluxo de Caixa Acumulado apresentado anteriormente, temos:

**TIR = 15,72 %**

# 17. CASE

- ☞ 17.1 – Conta de Energia
- ☞ 17.2 – Analise do Entorno
- ☞ 17.3 – Dimensionamento do Sistema
- ☞ 17.4 – Retorno do Investimento
  - ☞ 17.4.1 – Payback Simples
  - ☞ 17.4.2 – Fluxo de Caixa Acumulado
  - ☞ 17.4.3 - TIR (Taxa Interna de Retorno)
- ☞ 17.5 – Considerações

# 17.1 – Conta de Energia



Sem Bandeira Amarela;

Consumo: 8781 kWh/mês  
Tarifa: 0,703 R\$/kWh

Tarifa mínima  
100 kWh/mês

## 17.2 – Analise do Entorno

Bela Vista de Goiás - GO

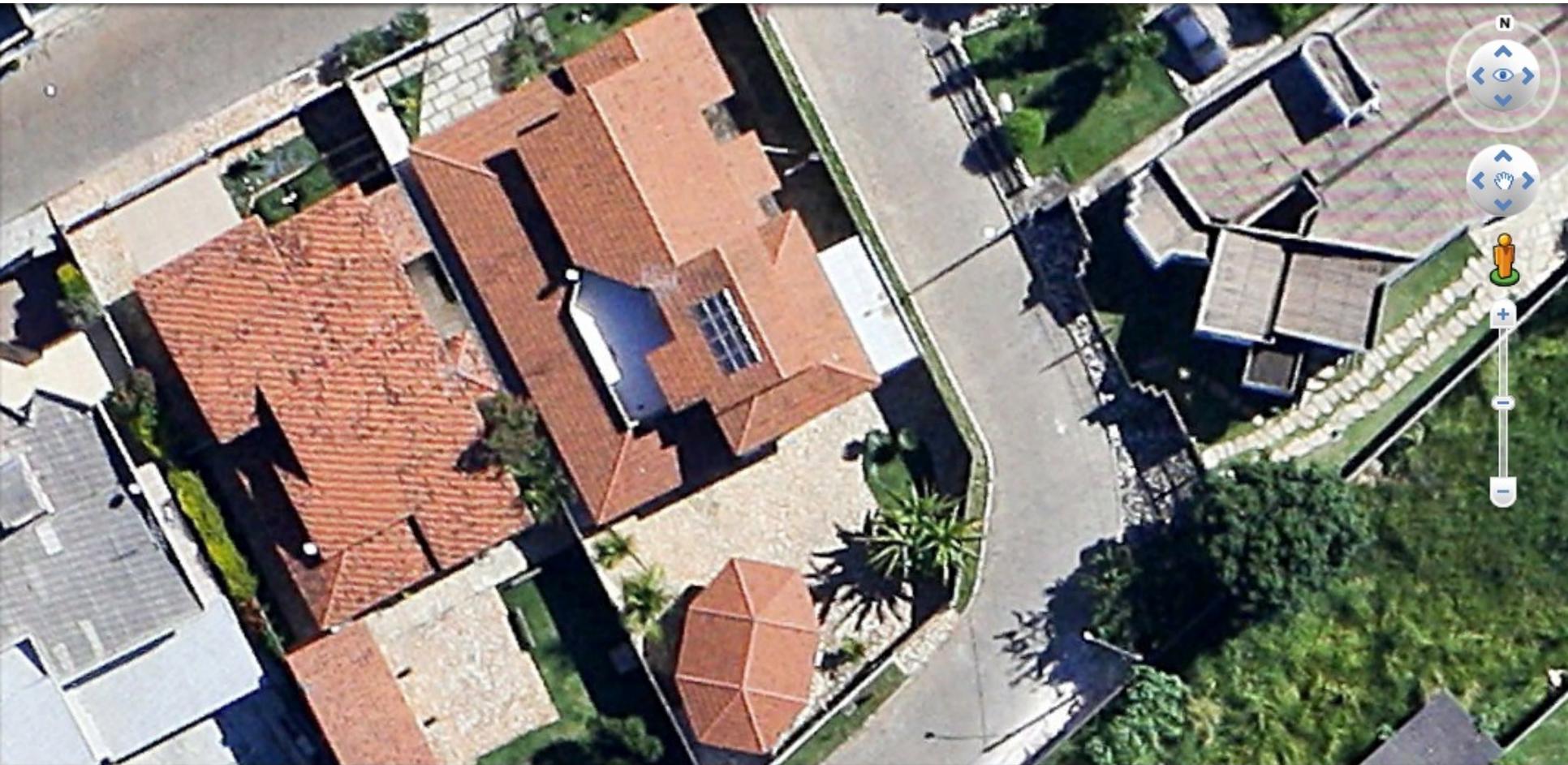
Dados Solarimétricos de Referência:  
Goiânia - GO

Horas de Sol Pleno: **5,05**

Produtividade (PR 75%): **1.382 kWh/kWp/ano**

Consumo médio anual: **7729 kWh/mês**

## 17.2 – Analise do Entorno

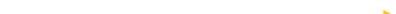


## 17.3 – Dimensionamento do Sistema

Consumo Considerado:

7629 kWh/mês            7729 kWh/mês – 100 kWh/mês (trifásico)  
X 12  
= 91.548 kWh/ano

Produtividade = 1.382 kWh/kWp/  
ano

Potência = 66,24 kWp            100 % de Economia

Melhor Sistema:

66,00 kWp            99,64 % de Economia

## 17.3 – Dimensionamento do Sistema

Módulo	Inversor	Estrutura	Projeto	Instalação e Itens Adicionais	Gerenciamento do Projeto
R\$ 3,20	R\$ 0,90	R\$ 0,69	R\$ 0,14	R\$ 1,37	%

Potência: 66 kWp

Preço total do Wp Instalado:  $6,3 + 0,5$  R\$/Wp

Obs.: Média Nacional para 75 kWp, 6,68 R\$/Wp

Preço Final do Projeto:  $6,8 \times 66000 = 448.800$ R\$/Wp

## 17.4 – Retorno do Investimento

- **Payback Simples**

*Payback = Investimento / Energia Anual Produzida × Tarifa de Energia*

Energia Anual Produzida

66 kWp x 1382 kWh/kWp/ano = 91.212 kWh/ano

Tarifa de Energia: 0,703 R\$/kWh

*Payback = 448.800 / 91.212 × 0.703 ≈ 7 anos*

## 17.4 – Retorno do Investimento

- **Fluxo de Caixa Acumulado**

### **Considerações:**

Decaimento de Produtividade dos módulos: 0,50% a.a.

Custo de Operação e Manutenção: 1,00% a.a.

(Correspondente a troca de Inversores e manutenções eventuais)

Inflação da Energia Elétrica (primeiros 5 anos): 12,00% a.a.

Inflação da Energia Elétrica (20 anos restantes): 8,00% a.a.

Custo de Oportunidade: 12,00 % a.a. (taxa real)

(Custo do dinheiro)

## 17.4 – Retorno do Investimento

- Fluxo de Caixa Acumulado**

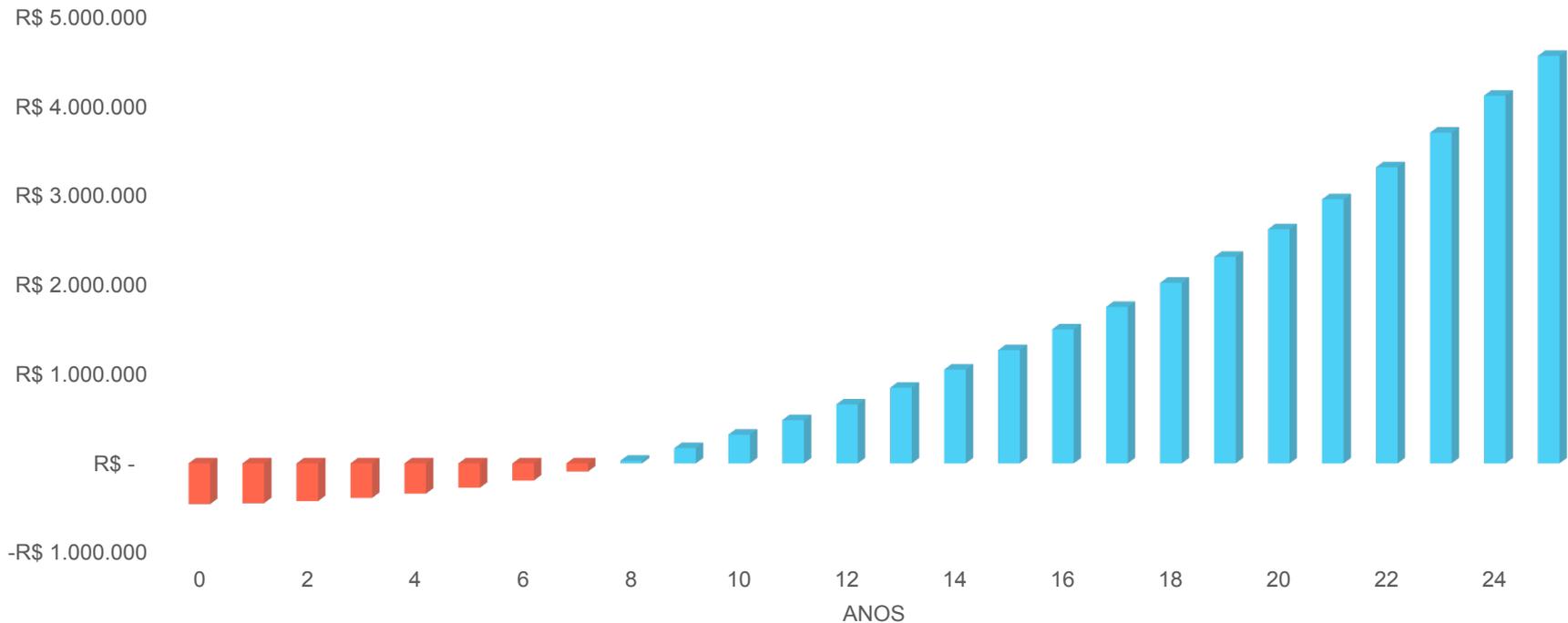
Ano	0	1	2	3	4
Investimento	R\$ 448.800,00				
CO&M		R\$ 4.488,00	R\$ 4.488,00	R\$ 4.488,00	R\$ 4.488,00
Energia Produzida		91212,0	90755,9	90302,2	89850,6
Inflação		12%	12%	12%	12%
Tarifa		0,703	0,787	0,882	0,988
Crédito Gerado		R\$ 64.122,04	R\$ 71.457,60	R\$ 79.632,35	R\$ 88.742,29
Custo de Oportunidade		12,00%	12,00%	12,00%	12,00%
Crédito Acumulado		R\$ 64.122,04	R\$ 135.579,63	R\$ 215.211,98	R\$ 303.954,27
Custo Financeiro		R\$ 53.856,00	R\$ 52.085,52	R\$ 49.222,31	R\$ 45.034,54
Valor Não Amortizado	-R\$ 448.800,00	-R\$ 434.045,96	-R\$ 410.185,88	-R\$ 375.287,84	-R\$ 327.092,10
Fluxo de Caixa	-R\$ 448.800,00	R\$ 59.634,04	R\$ 66.969,60	R\$ 75.144,35	R\$ 84.254,29
Fluxo Acumulado	-R\$ 448.800,00	-R\$ 438.533,96	-R\$ 414.673,88	-R\$ 379.775,84	-R\$ 331.580,10

## 17.4 – Retorno do Investimento

- Fluxo de Caixa Acumulado

### Como Fica?

### FLUXO DE CAIXA ACUMULADO



Obs: Fluxo de Caixa considerando R\$/Wp=6,20, CO&M=1,00% a.a. e Custo de Oportunidade 12,00% a.a.

## 17.4 – Retorno do Investimento

- **TIR – Taxa Interna de Retorno**

A TIR é a taxa necessária para igualar o valor de um investimento (valor presente) com os seus respectivos retornos futuros ou saldos de caixa gerados em cada período. Sendo usada em análise de investimentos, significa a taxa de retorno de um projeto.

$$VPL = 0 = \text{Investimento Inicial} + \sum_{t=1}^N \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

$F_t$  = (Benefício – Custo) do ano  $t$

$t$  = Ano analisado

VPL = Valor Presente Líquido

$N$  = Período de Anos analisado

Para o Fluxo de Caixa Acumulado apresentado anteriormente, temos:

**TIR = 16,94 %**

## 17.5 – Considerações

- ☞ Verificar se há elementos como árvores ou edificações que possam sombrear o sistema;
- ☞ Espaço disponível para instalação;
- ☞ Orientação para o qual a edificação está construída;
- ☞ Verificação da produtividade do local;
- ☞ Temperaturas máximas e mínimas do local;
- ☞ Nível de tensão da rede local;
- ☞ Tipo do telhado em que o sistema será implantado.

# ANEXO – Guia de Fornecedores

## PV Hands ON: Energia Solar na prática

[www.enovasolar.com.br](http://www.enovasolar.com.br)

### Relação de Fornecedores Fotovoltaicos

[contato@enovasolar.com.br](mailto:contato@enovasolar.com.br)

(11) 3586-9466



Empresa	Nome	Email	Telefone 1	Telefone 2	Produtos / Serviços
<b>Associações</b>					
ABSOLAR	-	<a href="mailto:absolar@absolar.org.br">absolar@absolar.org.br</a>	(11) 3197-4560	-	Associação
ABGD	Carlos Evagelista	<a href="mailto:carlos@abgd.com.br">carlos@abgd.com.br</a>	-	-	Associação
<b>Baterias</b>					
Freedom	Kelly Rocha	<a href="mailto:kelly@powersafe.com.br">kelly@powersafe.com.br</a>	(11) 4227-2477	(11) 2666-6165	Baterias
Moura	Rayan Barreto	<a href="mailto:ravan@franca@grupomoura.com">ravan@franca@grupomoura.com</a>	(81) 3411-1058	-	Baterias - Eng. de produto - Dimensionamento de banco
	Marcelo Keiji	<a href="mailto:marcelo.keiji@grupomoura.com">marcelo.keiji@grupomoura.com</a>	(11) 3336-2421	(11) 98719-7744	Baterias
<b>Cabos e Conectores</b>					
Condumax	Helena Spinola	<a href="mailto:helena.spinola@condumax.com.br">helena.spinola@condumax.com.br</a>	(11) 3936-3082	(11) 98135-0191	Cabos
	Patrícia	<a href="mailto:patricia.tobias@condumax.com.br">patricia.tobias@condumax.com.br</a>	(11) 3936-3082	-	
	Luciana Rodrigues	<a href="mailto:luciana.rodrigues@condumax.com.br">luciana.rodrigues@condumax.com.br</a>	(11) 98651-1400	(11) 3936-3082	
Lapp Group	Fabio Branco	<a href="mailto:fabio.branco@lappgroup.com.br">fabio.branco@lappgroup.com.br</a>	(11) 2166-4163	(11) 2166-4166	Conectores, Cabos
Induscabos	-	<a href="mailto:induscabos@induscabos.com.br">induscabos@induscabos.com.br</a>	(11) 4634-9000	-	
Multi-Contact	Marco Bastos	<a href="mailto:mat.bastos@multi-contact.com">mat.bastos@multi-contact.com</a>	(11) 99210-3181	-	Conectores, Cabos
Nexans	César	<a href="mailto:cesar.possatto@nexans.com">cesar.possatto@nexans.com</a>	(11) 3084-1699	-	Cabos
	Marcelo	<a href="mailto:marcelo.ary@nexans.com">marcelo.ary@nexans.com</a>	(85) 3272-0065	-	
<b>Estruturas</b>					
Painitec	Fabricio	<a href="mailto:fabricio@painitec.com.br">fabricio@painitec.com.br</a>	(11) 4781-6753	(11) 99548-0131	Estrutura
PLP	Renan Ribeiro	<a href="mailto:rribeiro@plp.com.br">rribeiro@plp.com.br</a>	(11) 4448-8025	-	Estrutura
Thesan	Rafaelle	<a href="mailto:rtoznacca@thesan.com">rtoznacca@thesan.com</a>	(11) 98125-0777	(11) 2847-4845	Estrutura
Solar Group	Ronaldo Kolozuk	<a href="mailto:ronaldo@solargroup.com.br">ronaldo@solargroup.com.br</a>	(11) 2070-2590	-	Estrutura
	Carlos	<a href="mailto:carlos@solargroup.com.br">carlos@solargroup.com.br</a>	(11) 2970-2509	-	
Sonnen	Renan Reiter	<a href="mailto:sonnen@sonnen.com.br">sonnen@sonnen.com.br</a>	(55) 3223-4858	-	Estruturas
NexTracker	Joan Zhong	<a href="mailto:jzhong@NEXTracker.com">jzhong@NEXTracker.com</a>	-	-	Vendas - Sales Operation - Tracker
Romagnole	Rene Raully Santos	<a href="mailto:rene@romagnole.com.br">rene@romagnole.com.br</a>	(44) 3233-8567	-	Estrutura - analisa de vendas
	Amanda Moura	<a href="mailto:amandaj@romagnole.com.br">amandaj@romagnole.com.br</a>	(44) 3233-8588	-	Estrutura

# ANEXO – Guia de Fornecedores

Inversores					
ABB	Alessandro Conte	<a href="mailto:alessandro.conte@br.abb.com">alessandro.conte@br.abb.com</a>	(11) 2464 - 7944	-	
	Bruno Monteiro	<a href="mailto:bruno.monteiro@br.abb.com">bruno.monteiro@br.abb.com</a>	(11) 3688-9433	(11) 96827-6655	Inversores
Fronius	Martin Drope	<a href="mailto:drope.martin@fronius.com">drope.martin@fronius.com</a>	-	-	Inversores
	Thais	<a href="mailto:bitencourt.thais@fronius.com">bitencourt.thais@fronius.com</a>	-	-	Fornecimento de catálogos
	-	<a href="mailto:vendas.solar@fronius.com">vendas.solar@fronius.com</a>	(11) 3563-3800	-	Cotação de preços - setor comercial
PHB	Pedro Ongaratto	<a href="mailto:pedro.bet@phb.com.br">pedro.bet@phb.com.br</a>	(11) 3648-7851	-	Inversores
	Ildo Bet	<a href="mailto:ildobet@gmail.com">ildobet@gmail.com</a>	(11) 3835-8300	-	Inversores
Outback Power	André Sá	<a href="mailto:andre.sa@alphainnovation.com.br">andre.sa@alphainnovation.com.br</a>	(11) 2476-0150 ramal 112	(11) 97293-8759	Inversores para sistemas híbridos
	Agnaldo	<a href="mailto:atruccolo@aloha.com">atruccolo@aloha.com</a>	(11) 97606-0337	(11) 3294-9433	Inversores
Santerno	Hamilton	<a href="mailto:hamilton@santerno.com.br">hamilton@santerno.com.br</a>	(11) 4422-4540	-	Inversores
Módulos					
Jinko Solar	Rafael Riero	<a href="mailto:rafael.riero@inkosolar.com">rafael.riero@inkosolar.com</a>	-	-	Módulos Fotovoltaicos
Axitec	Marco Novak	<a href="mailto:m.nowak@axitecsolar.com">m.nowak@axitecsolar.com</a>	(71) 3379-5559	(71) 9295-2723	Módulos Fotovoltaicos
BrS	João Carlos	<a href="mailto:joacarlos@brsenergia.com.br">joacarlos@brsenergia.com.br</a>	(62) 4053-9900	-	Módulos, Inversores, Estruturas
Energia Plena	André Ramada	<a href="mailto:andre@energiaplena.com.br">andre@energiaplena.com.br</a>	(11) 2692-4960	(11) 96403-3636	Módulos Fotovoltaicos
Yingli	Marina Azevedo	<a href="mailto:marina.azevedo@yingliamericas.com">marina.azevedo@yingliamericas.com</a>	(11) 3197-8702	-	Módulos
	-	<a href="mailto:brazil@yingliamericas.com">brazil@yingliamericas.com</a>	-	-	
Renesola	Alysson	<a href="mailto:alysson.camilo@renesola.com">alysson.camilo@renesola.com</a>	(11) 96320-7954	(11) 2874-4774	Módulos
Monitoramento					
AWC	Jean	<a href="mailto:jean@awcengenharia.com.br">jean@awcengenharia.com.br</a>	-	-	Monitoramento
Proteção de sistemas					
OBO Bettermann	Telêmaco	<a href="mailto:pegqion.telemaco@obo.com.br">pegqion.telemaco@obo.com.br</a>	(15) 99755-2138	-	Proteção DPS
	Eliandro Costa	<a href="mailto:costa.eliandro@obo.com.br">costa.eliandro@obo.com.br</a>	(15) 3335-1382	-	Proteção DPS, eletroduto, abraçadeira, fixador
Finder	Guilherme Oliveira	<a href="mailto:g.souza@findernet.com">g.souza@findernet.com</a>	(11) 2147-1550 ramal 1592	-	DPS - Auxiliar de Vendas - cotações
	Eduardo Santos	<a href="mailto:e.santos@findernet.com">e.santos@findernet.com</a>	(11) 4223-1550 ramal 1592	-	DPS
Mersen	Danielle Silva	<a href="mailto:danielle.silva@mersen.com">danielle.silva@mersen.com</a>	(11) 2348-2389	(11) 98263-3799	Suporte Técnico
	Gustavo Bueno	<a href="mailto:gustavo.bueno@mersen.com">gustavo.bueno@mersen.com</a>	(11) 2348-2368		DPS, Fusivel, Porta Fusivel, Seccionadora, Monitoramento
	Edson	<a href="mailto:edson.bonfim@mersen.com">edson.bonfim@mersen.com</a>	(11) 2348-2368		
Weidmüller	-	<a href="mailto:vendas@weidmueller.com.br">vendas@weidmueller.com.br</a>	(11) 4366-9610	-	Relés, Supervisores
ABB	Juliano Costa	<a href="mailto:juliano.costa@br.abb.com">juliano.costa@br.abb.com</a>	(47) 3221-3130	-	Fusivel, Porta Fusivel, Seccionadora, DPS, Monitoramento, Disjuntor DC, Inversores
Siemens	Carlos Alberto de Oliveira	<a href="mailto:carlos.alberto@siemens.com">carlos.alberto@siemens.com</a>	(11) 3809 - 1787	-	Técnico Comercial/Vendas
	Alexandre Pereira	<a href="mailto:amadeo.pereira@siemens.com">amadeo.pereira@siemens.com</a>	(11) 3833-6934	-	Fusivel, Porta Fusivel, Seccionadora, Disjuntor DC
Schneider	Fabio Ribeiro	<a href="mailto:fabio.ribeiro@schneider-electric.com">fabio.ribeiro@schneider-electric.com</a>	-	-	Fusivel, Porta Fusivel, Seccionadora, Disjuntor DC, Inversores

# ANEXO – Guia de Fornecedores

Medição					
Cistek	Bruno	<a href="mailto:bruno@cistek.com.br">bruno@cistek.com.br</a>	(11) 98655-0515	-	Equipamentos de medição
	João	<a href="mailto:joao@cistek.com.br">joao@cistek.com.br</a>	-	-	Equipamentos de medição
Kits Fotovoltaicos					
ION Energia	Rafael Pires	<a href="mailto:rpipes@ion-energia.com">rpipes@ion-energia.com</a>	(15) 3023-7799	(11) 99408-0947	Kits (Representante Victron)
	Joice Cleto Pereira	<a href="mailto:jpereira@ion-energia.com">jpereira@ion-energia.com</a>		-	Kits
Renovigi	Alcione Belache	<a href="mailto:alcione@renovigi.com.br">alcione@renovigi.com.br</a>	(49)3323-9933	-	Equipamentos para Geração de Energia
Balfar		<a href="mailto:contato@balfar.com.br">contato@balfar.com.br</a>	(44) 3029-3655	-	Equipamentos Fotovoltaico
PHB	Raphael Batista	<a href="mailto:raphael@phb.com.br">raphael@phb.com.br</a>	(11) 3648-7853	-	Kits (orçamentos)
Aldo		<a href="mailto:cartas@aldo.com.br">cartas@aldo.com.br</a>	(44) 3261-2099	-	Kits
Sices	Pamela Lodi	<a href="mailto:comercial9@sicesbrasil.com.br">comercial9@sicesbrasil.com.br</a>	(11) 94256-6300	-	Kits (orçamentos)
		<a href="mailto:tecnico.fotovoltaico@sicesbrasil.com.br">tecnico.fotovoltaico@sicesbrasil.com.br</a>	(11) 4193-2008	(11) 94488-7749	Kits
Neosolar	Pedro	<a href="mailto:pedro@neosolar.com.br">pedro@neosolar.com.br</a>	(11) 4328-5113	-	Kits
Projetos					
Enova Solar	Eduardo Guimaraes	<a href="mailto:contato@enovasolar.com.br">contato@enovasolar.com.br</a>	(11) 3586-9466	-	Engenharia, Consultoria e Treinamentos
Transformadores					
ABB	Juliano Costa	<a href="mailto:juliano.costa@br.abb.com">juliano.costa@br.abb.com</a>	(47) 3221-3130	-	Transformadores
Global Transformadores	Priscila Mencarelli	<a href="mailto:priscila@globaltransformadores.com.br">priscila@globaltransformadores.com.br</a>	(11) 2668-1644	-	Transformadores
União	Antonio Clairton	<a href="mailto:contato@transformadoresuniao.com.br">contato@transformadoresuniao.com.br</a>	(11) 2023-9000	-	Transformadores - vendas
Weg	Bruno Calore	<a href="mailto:bmarco@weg.net">bmarco@weg.net</a>	(11) 5053-2120	-	SuporteTécnico
Toshiba	-	<a href="mailto:contato@toshiba.com.br">contato@toshiba.com.br</a>	(11) 4083-7900	-	Transformadores
Itaipu	-	<a href="mailto:projeto@itaiputransformadores.com.br">projeto@itaiputransformadores.com.br</a>	(16)3263-9400	-	Transformadores
	-	<a href="mailto:comercial@itaiputransformadores.com.br">comercial@itaiputransformadores.com.br</a>	-	-	

# Obrigado!



Eng. Marcio Takata  
Email: [marcio@enovasolar.com.br](mailto:marcio@enovasolar.com.br)  
11 3586-9466  
11 98361-3977  
[www.enovasolar.com.br](http://www.enovasolar.com.br)

**Elaborado por:**



**Edição e Elaboração:**

Lincoln da Costa Romaro  
Pedro Ivo Anastácio Pellegrini  
Eduardo Ribeiro Guimarães  
Márcio Takata  
Isabelle Cristine de Almeida Meireles  
Marcos Nathan César da Rosa

**Edição Final:**

Lincoln da Costa Romaro

**Revisão e Supervisão:**

Márcio Takata

www.enovasolar.com.br  
contato@enovasolar.com.br  
+55 11 3586-9466

Todos os Direitos Reservados à Enova Solar Energia LTDA.