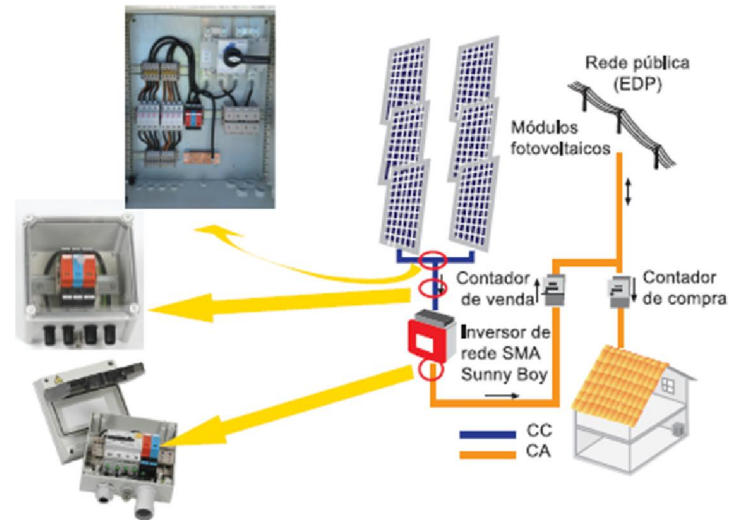


# ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

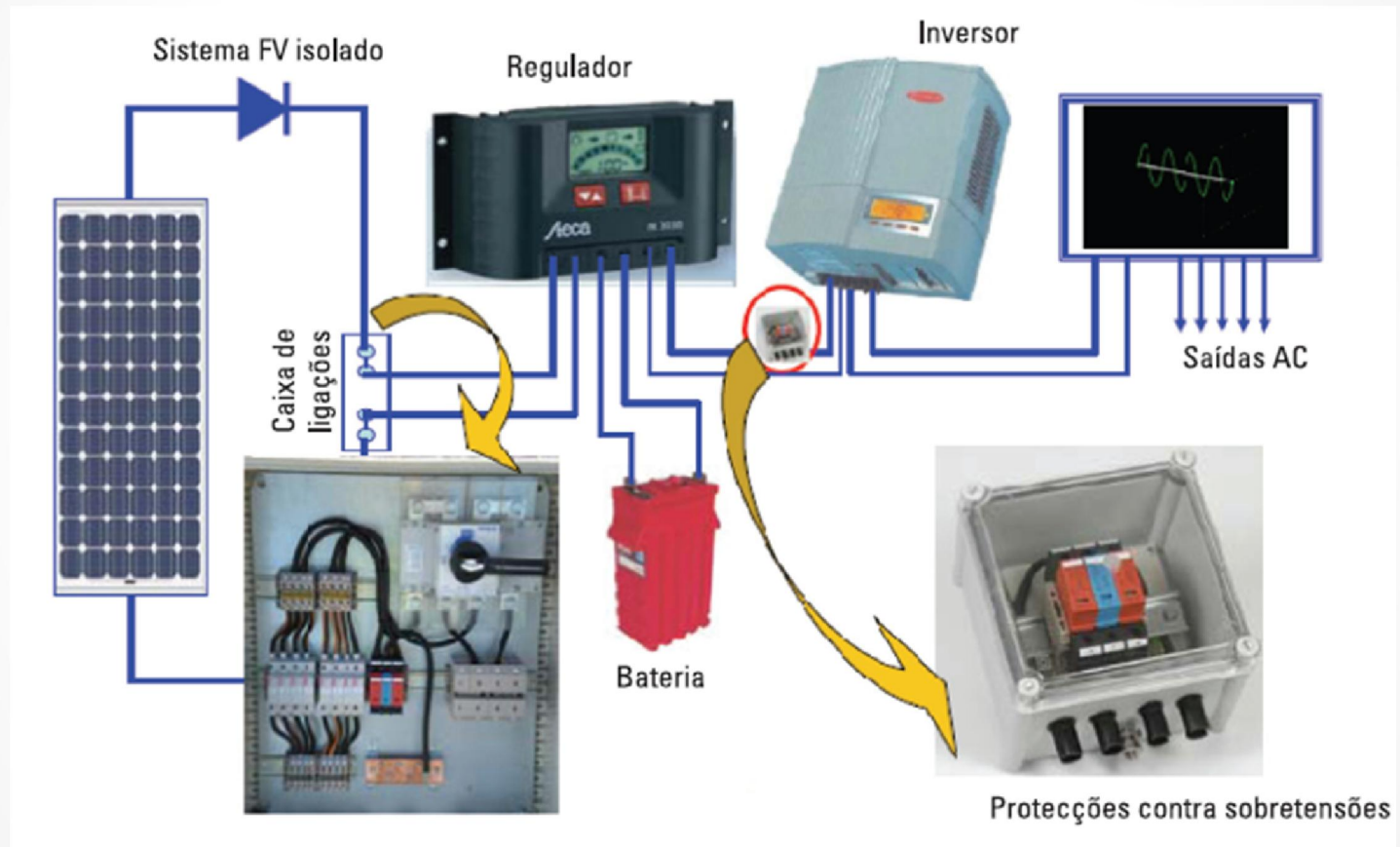
Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

Universidade Federal do Tocantins

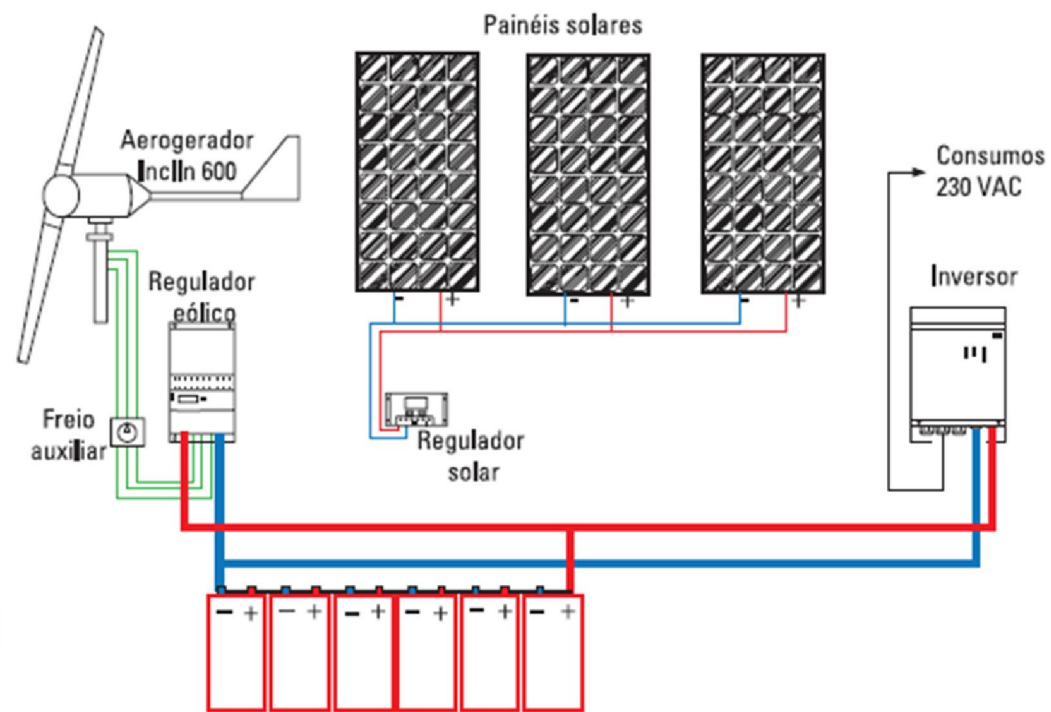


## Capítulo 3 – Equipamentos

## Sistema Isolado

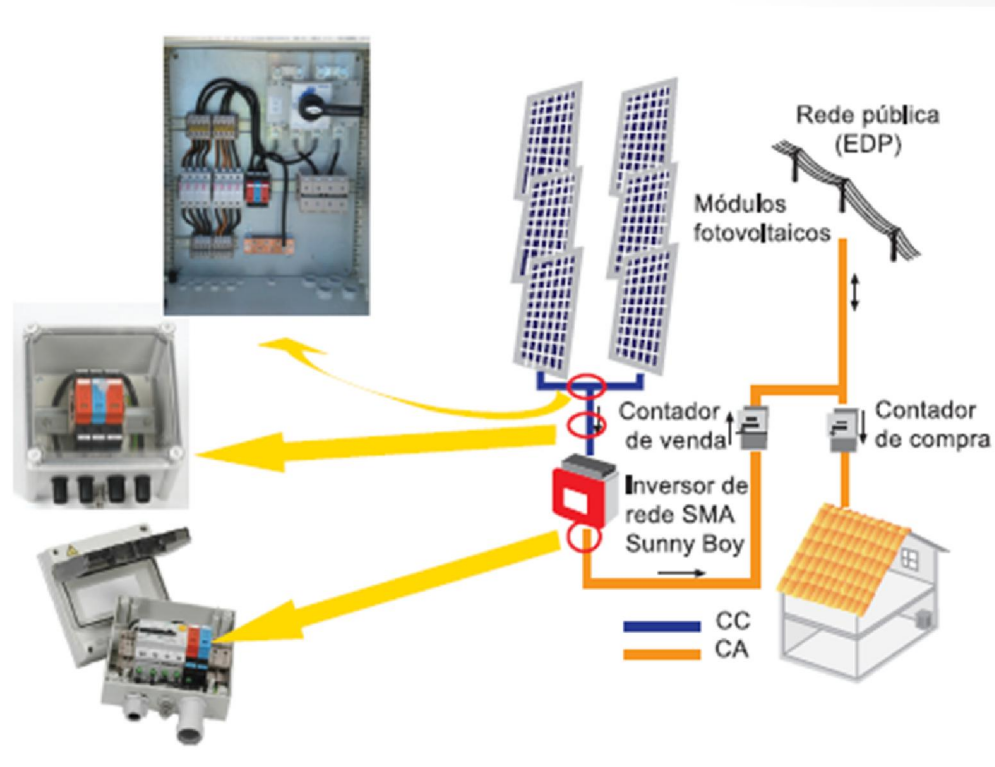


## Sistema Híbrido



Fonte: Bornay Energia

## Sistema Conectado à Rede



Fonte: FFSolar

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

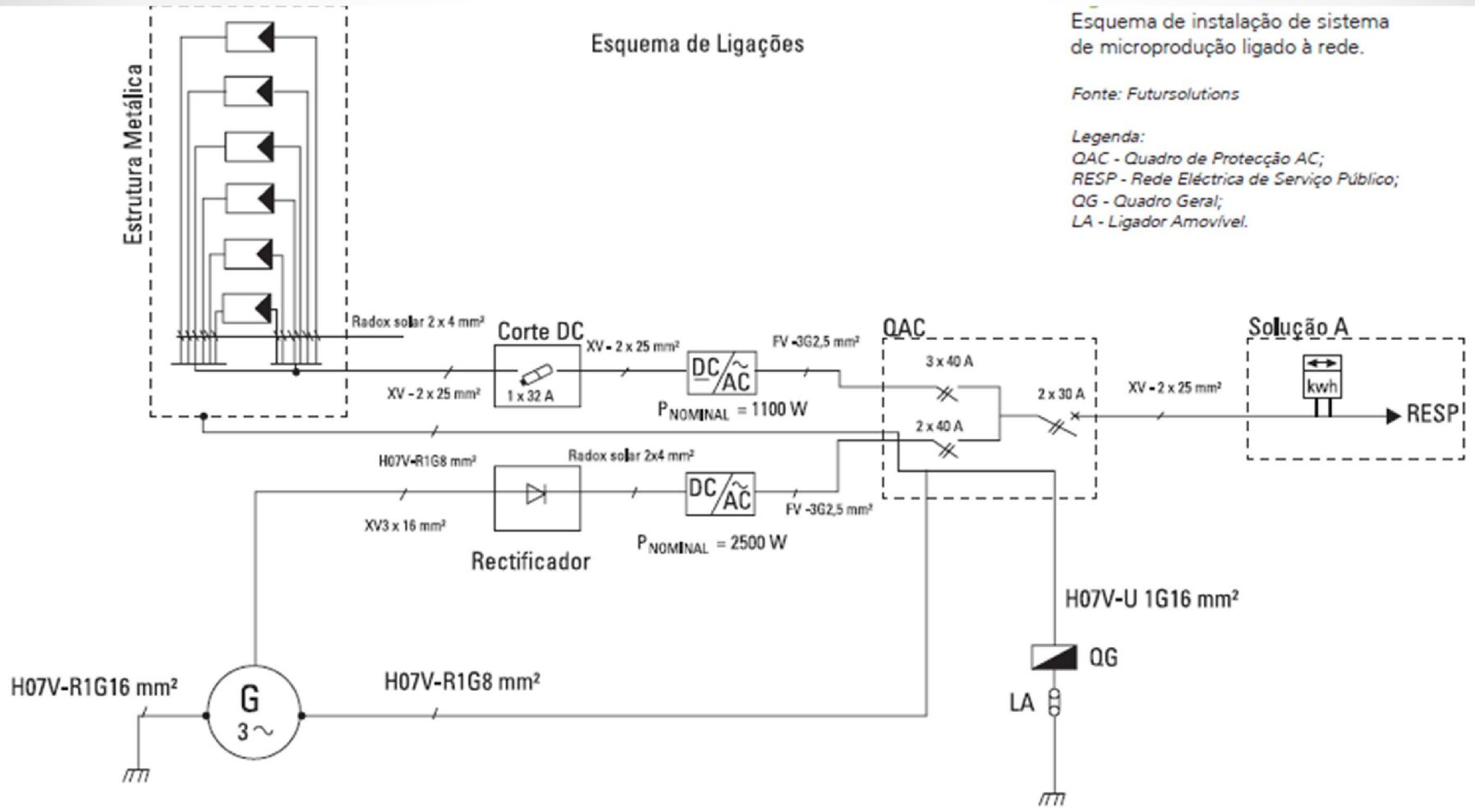
Estrutura Metálica

### Esquema de Ligações

Esquema de instalação de sistema de microprodução ligado à rede.

Fonte: Futursolutions

Legenda:  
QAC - Quadro de Protecção AC;  
RESP - Rede Eléctrica de Serviço Público;  
QG - Quadro Geral;  
LA - Ligador Amovível.



# Baterias



Estacionária Chumbo-Ácido

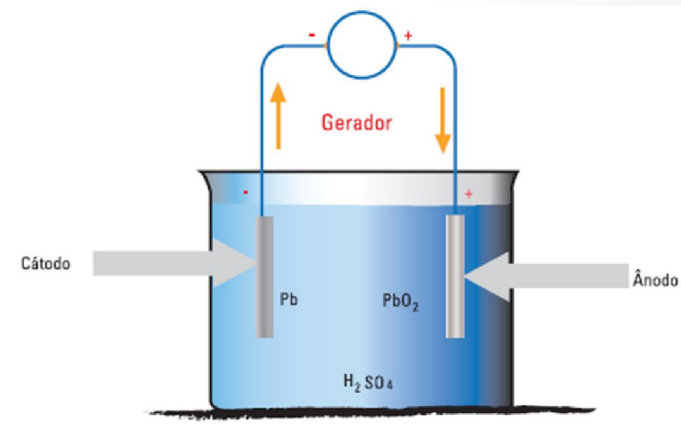
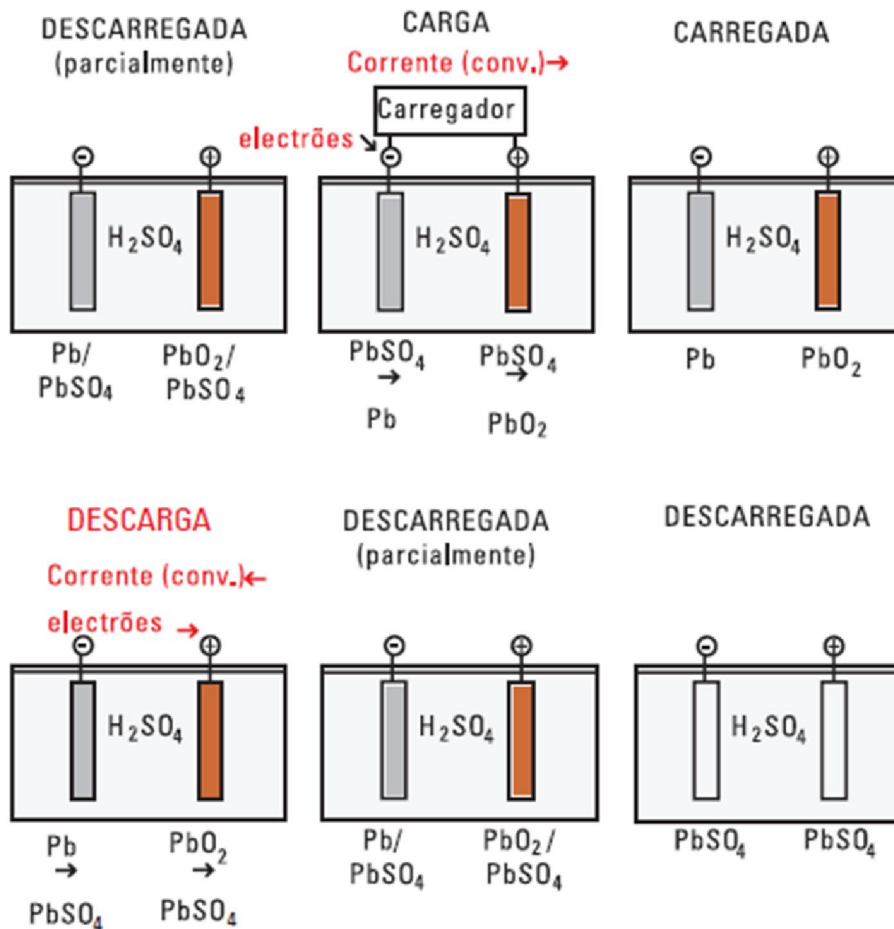
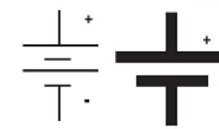
Automotiva Chumbo-Ácido

Alcalina



☐ *Armazenamento de energia*

# Baterias



*Pb – Chumbo*

*PbO<sub>2</sub> – Dióxido de Chumbo*

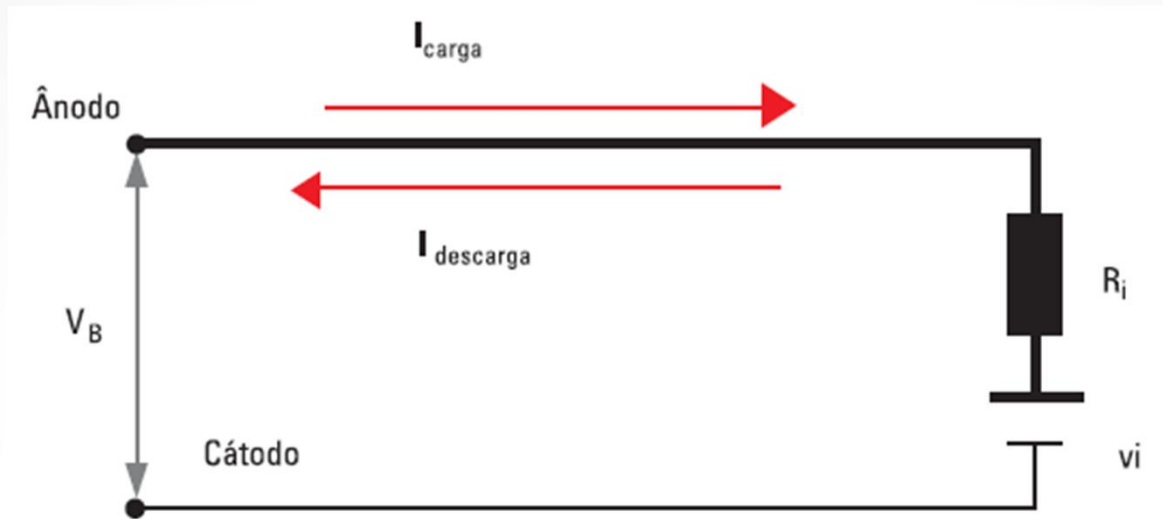
*H<sub>2</sub>SO<sub>2</sub> – Ácido Sulfúrico*

*P<sub>b</sub>SO<sub>4</sub>(aq) – Sulfato de chumbo*

Fonte: [http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/eletricidade\\_magnetismo/basico/cap11/fig221.gif](http://cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/eletricidade_magnetismo/basico/cap11/fig221.gif)

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

## Baterias – Modelo elétrico



$$V_b = V_i + R_i * I_{carga}$$

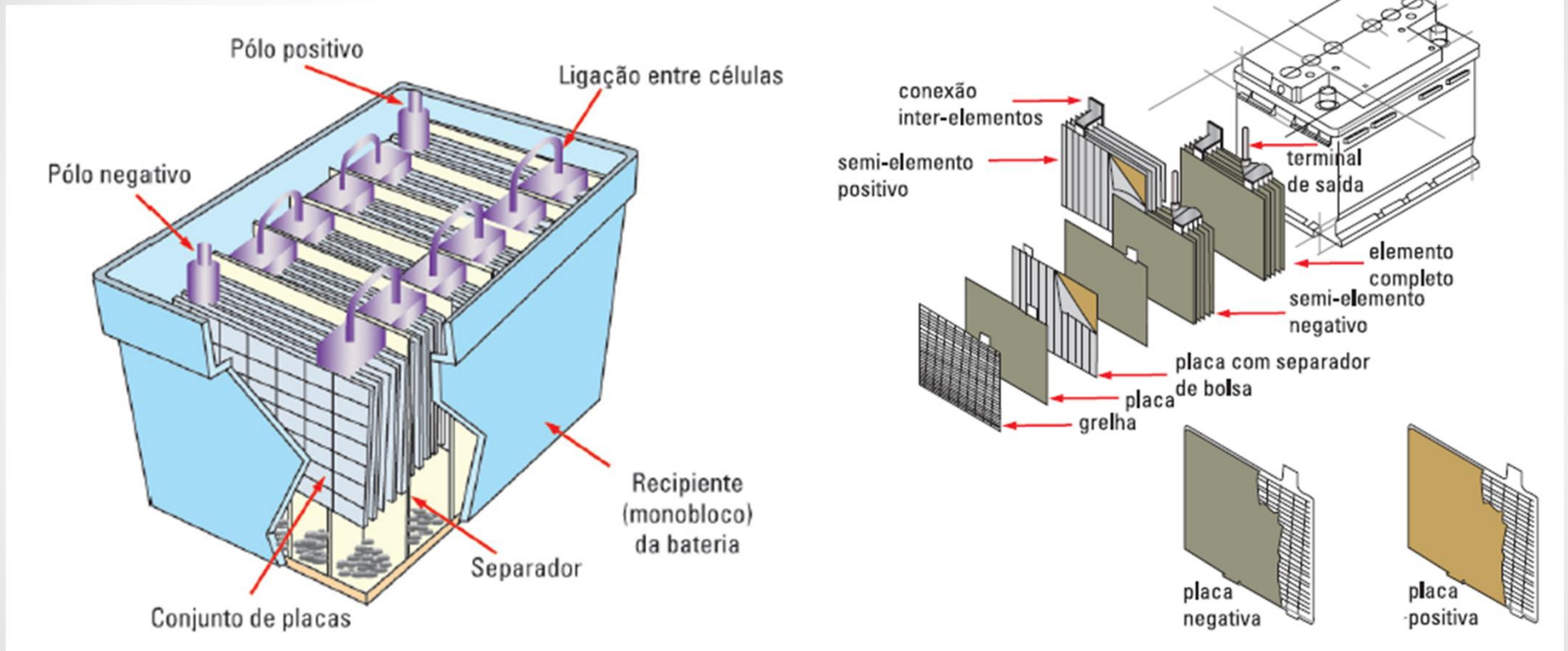
$$V_b = V_i - R_i * I_{descarga}$$

Fonte: Luis Horácio Vera, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes



# Baterias



# Baterias

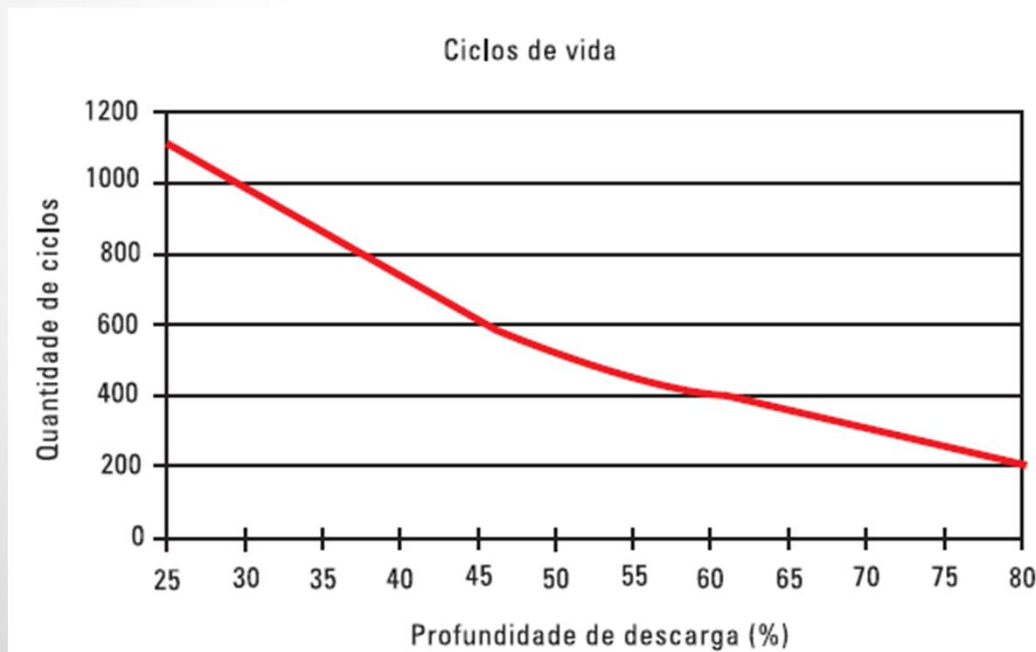
Tipo de Bateria	Profundidade de Descarga
Estacionária Chumbo-Ácido	0,6
Automotiva Chumbo-Ácido	0,4
Alcalina	1

## Descargas profundas



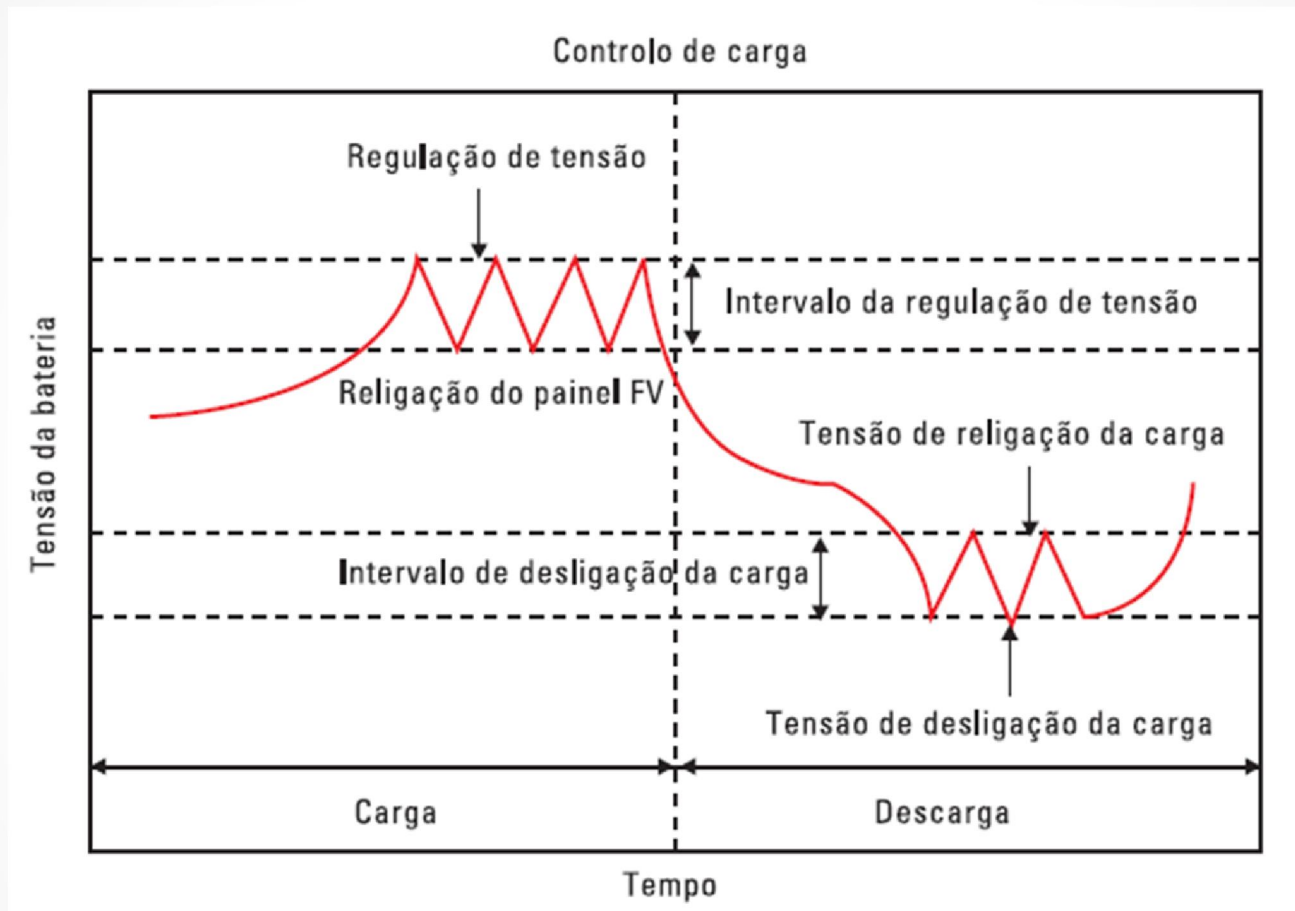
## Cristais de sulfato de chumbo

Vida útil em função da descarga**		
Profundidade da descarga	Número de ciclos	Vida útil em Anos
10%	>2000	>5,47
20%	2000	5,47
30%	1150	3,15
40%	700	1,91
50%	450	1,23
60%	280	0,76
70%	190	0,52
80%	100	0,27



$$C_n = I_{descarga} * t_{descarga}$$

# Baterias



Fonte: "Sistemas Fotovoltaicos, da Teoria à Prática", Josué Morais

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

●

## Controlador de carga



- Proteção contra sobrecarga*
- Proteção contra descarga excessiva*
- Gerenciamento da carga da bateria*
- Estágio de carregamento pesado*
- Estágio de absorção*
- Estágio de flutuação*



Fonte: STECA

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

# Controlador de carga

	PR 1010	PR 1515	PR 2020	PR 3030
Funcionamento				
Tensão do sistema	12 V (24 V)			
Consumo próprio	12,5 mA			
Dados de entrada CC				
Tensão do circuito aberto do módulo solar	< 47 V			
Corrente do módulo	10 A	15 A	20 A	30 A
Dados de saída CC				
Corrente de consumo	10 A	15 A	20 A	30 A
Tensão final de carga	Líquido 13,9 V (27,8 V); gel 14,1 V (28,2 V)			
Tensão de carga reforçada	14,4 V (28,8 V)			
Carga de compensação	14,7 V (29,4 V)			
Tensão de reconexão (SOC/LVR)	> 50% / 12,6 V (25,2 V)			
Protecção contra descarga profunda (SOC/LVD)	< 30% / 11,1 V (22,2 V)			
Condições de uso				
	- 10 °C ... + 50°C			
Equipamento e desenho				
Terminal (cabo fino/ único)	16 mm <sup>2</sup> / 25 mm <sup>2</sup> - AWG 6/4			
Grau de protecção	IP 32			
Dimensões (X x Y x Z)	187 x 96 x 44 mm			
Peso	350 g			

Dados técnicos 25°C / 77°F

Modelo do regulador

**Tensão nominal:** É a tensão de trabalho da instalação, e corresponde à tensão nominal das baterias. Neste exemplo, ele poderá trabalhar a 12 ou a 24 VDC.

**Intensidade máxima de produção:** É o valor máximo decorrente permitido que recebe dos módulos fotovoltaicos

**Corrente máxima de consumo:** É o valor da corrente que poderá proporcionar à parte da instalação onde se ligará os equipamentos de consumo.

**Tensão de recarregamento de carga (SOC/LVR):** É o valor da tensão para o qual o regulador volta a carregar as baterias com um estado de carga (State of charge), neste caso, com 50 % de carga.

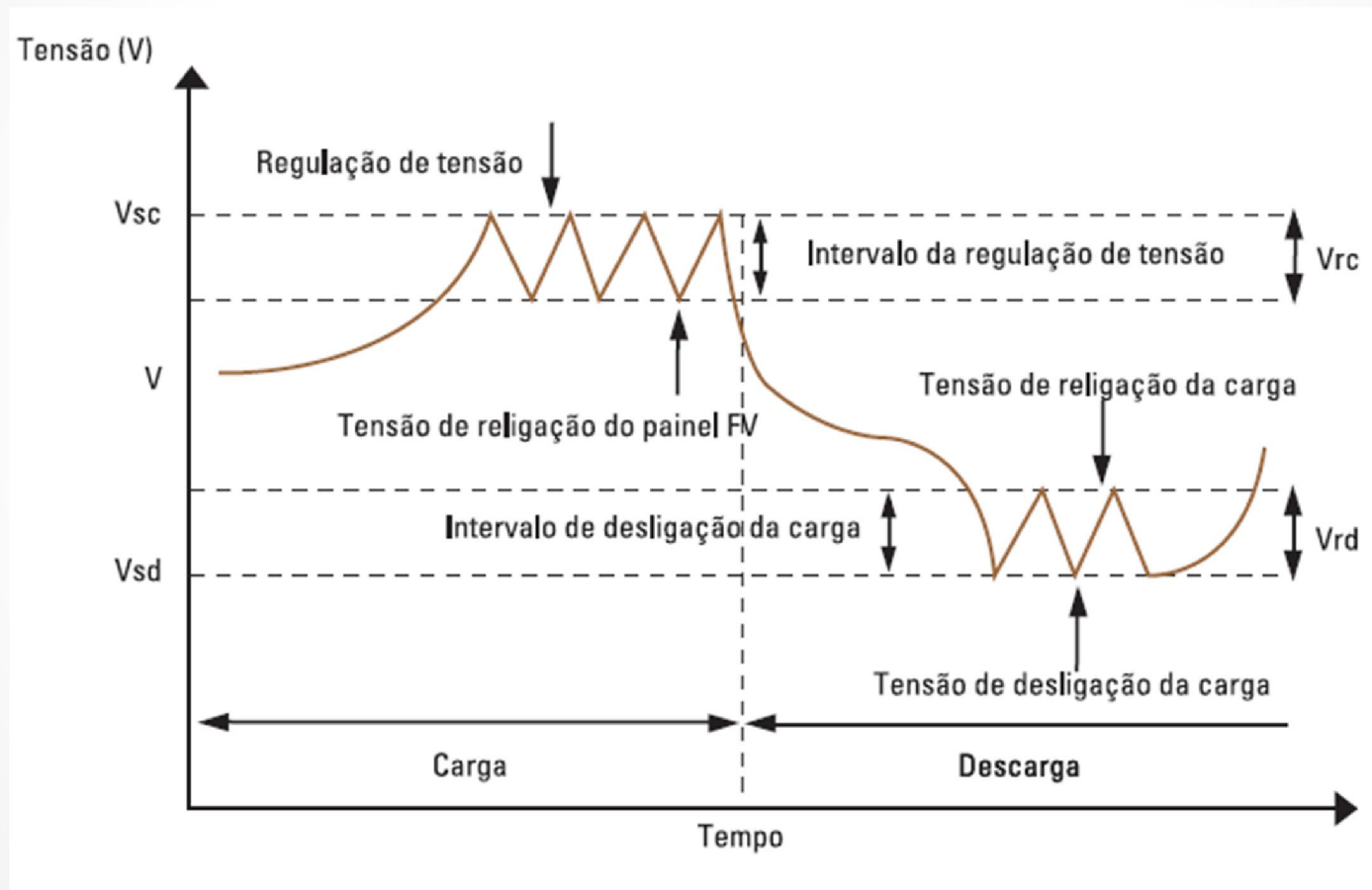
**Valor de tensão de protecção de descarga profunda:** Este parâmetro indica-nos o valor do SOC (State of charge - Estado de carga) e o valor da tensão LVD para o qual o regulador corta o fornecimento de corrente às cargas, por forma a evitar a descarga profunda da bateria

Características físicas do modelo escolhido e normas de segurança que cumpre (neste caso IP 32)

Fonte: STECA

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

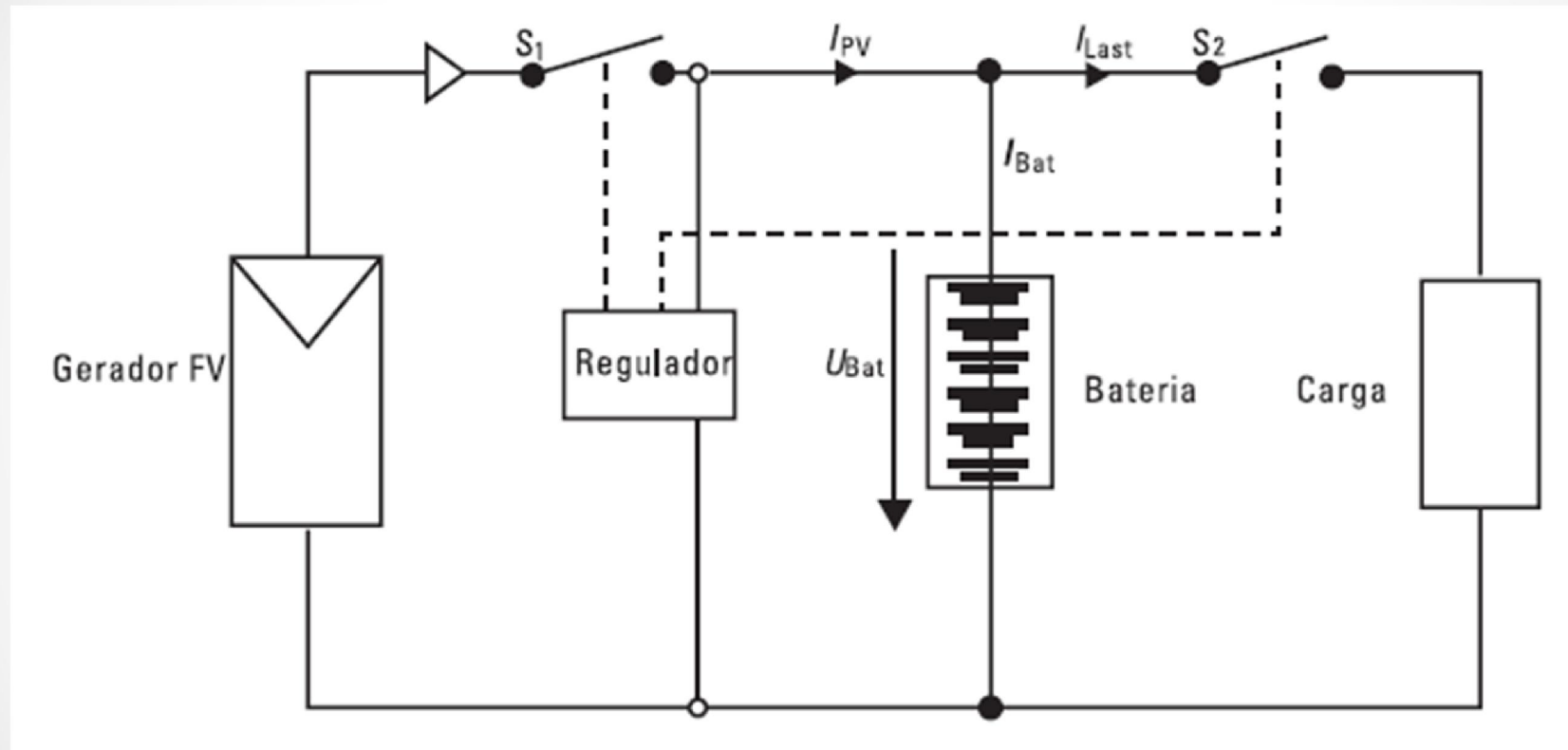
# Controlador de carga



Fonte: Adaptado de "Sistemas Fotovoltaicos, da Teoria à Prática", Josué Morais

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

## Controlador de carga - série

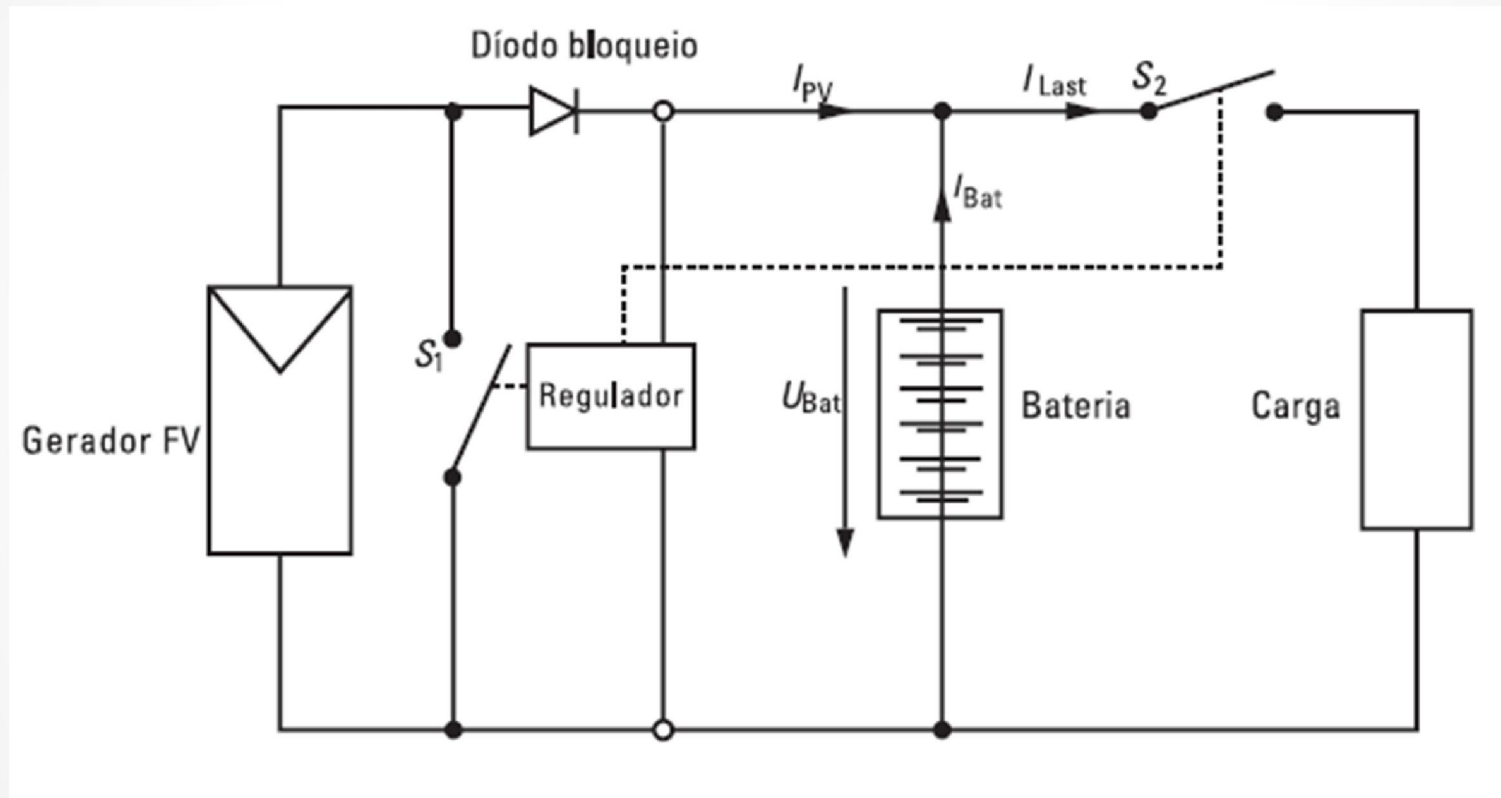


Fonte: "Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação", Projecto GreenPro

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

●

## Controlador de carga - paralelo



*Controle PWM e MPPT*

Fonte: "Energia Fotovoltaica – Manual Sobre Tecnologias, Projecto e Instalação", Projecto GreenPro

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

●



## Inversor DC/AC



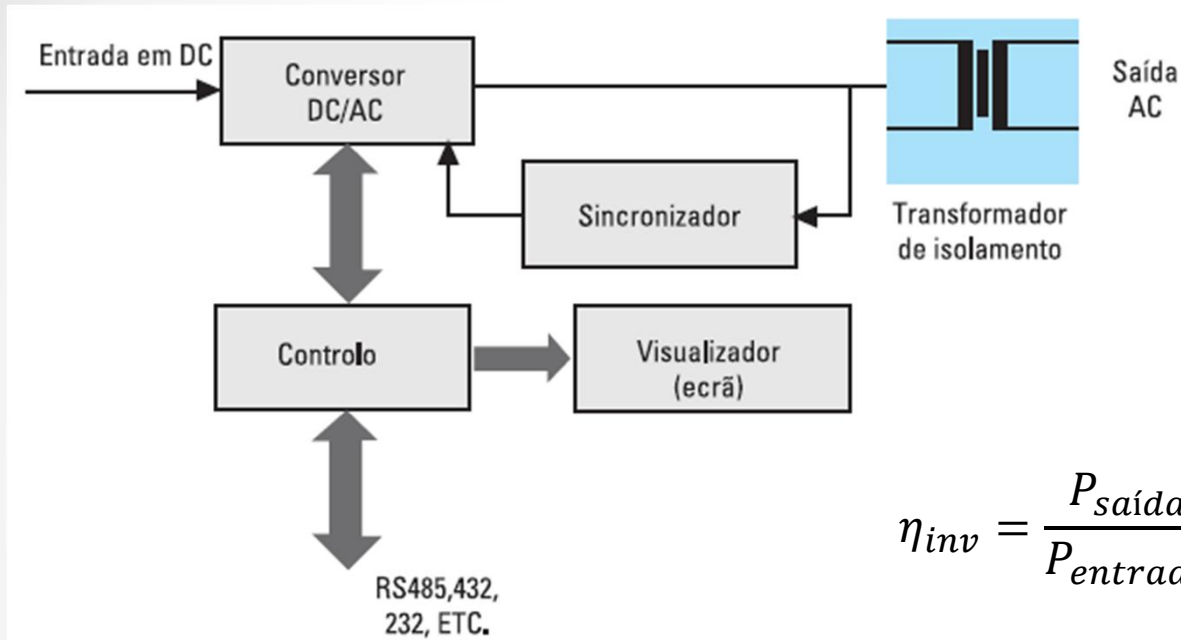
- Conversão DC/AC
- Sincronismo com a rede (SFCR)
- Proteção contra sobre e sub: Tensão e frequência (SFCR)
- Proteção Anti-Ilhamento (SFCR)
- Baixa distorção harmônica (SFCR)
- Futuro: Controle de Reativos (SFCR)



Fonte: KleanEnergie4Life, Lda

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

# Inversor



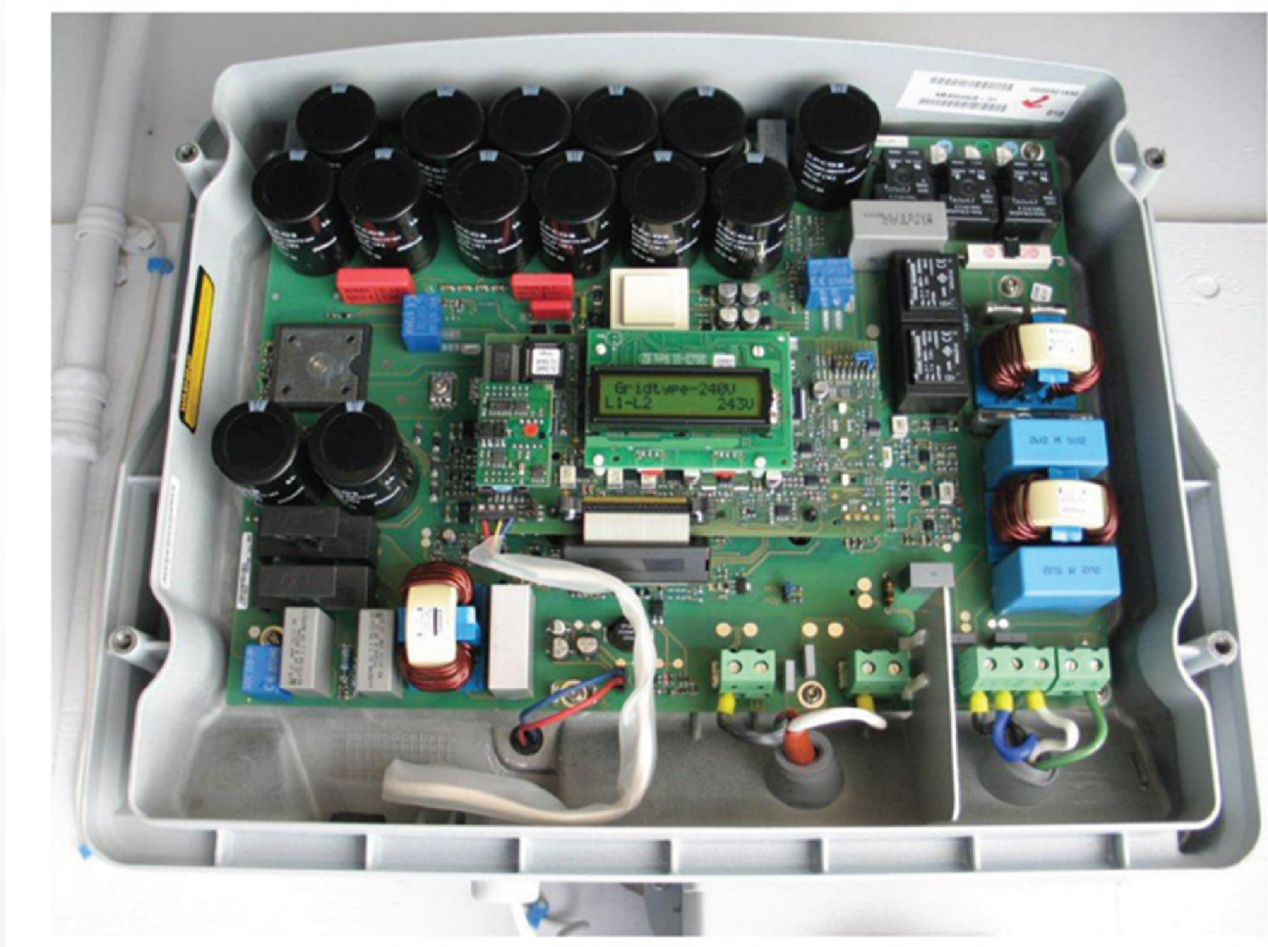
$$\eta_{inv} = \frac{P_{saída}}{P_{entrada}} = \frac{P_{saída}}{P_{saída} + P_{perdas}}$$

$$\eta_{inv} = \frac{P_{saída}}{P_{saída} + k_0 + k_1 P_{saída} + k_2 P_{saída}^2}$$

$k_0$  = perdas de autoconsumo

$k_1$  e  $k_2$  = perdas por carregamento

# Inversor



Fonte: SMA

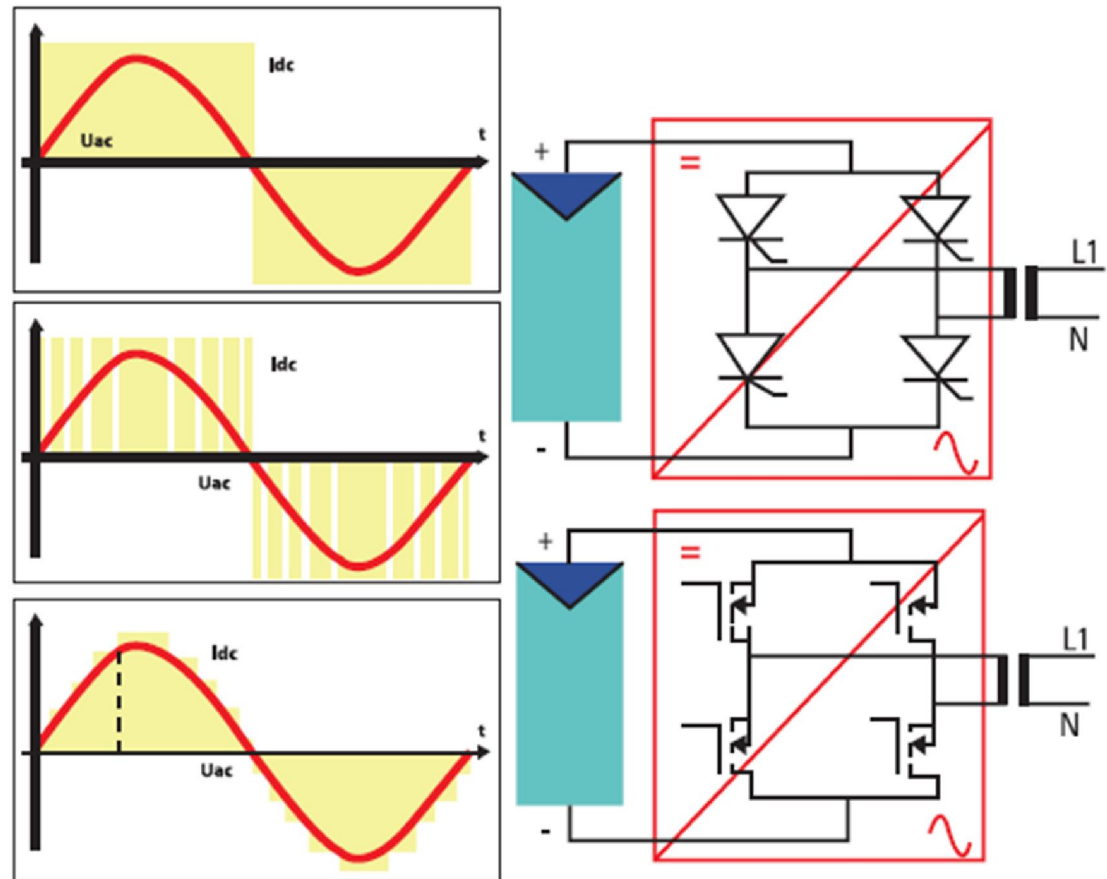
● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

# Inversor

*Onda Quadrada*

*Onda senoidal modificada*

*Onda senoidal pura*



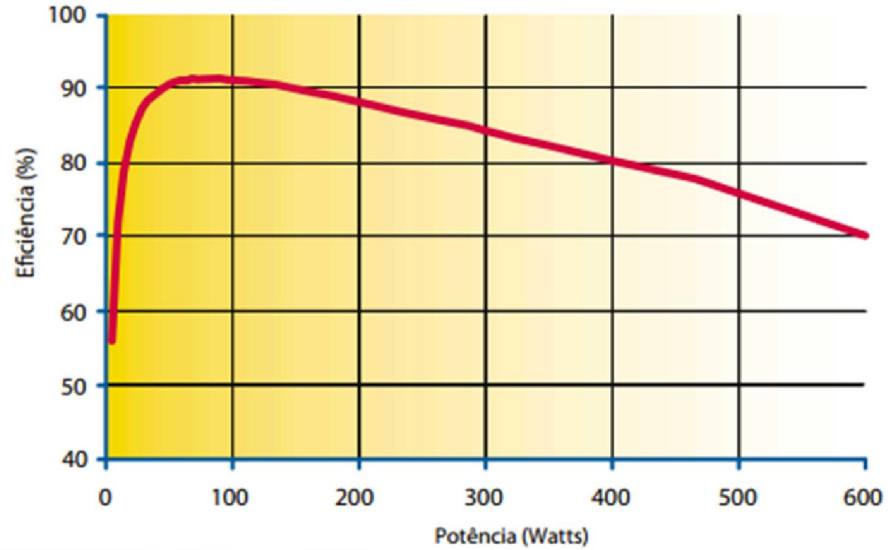
Fonte: <http://www.pvresources.com/en/inverter.php>

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

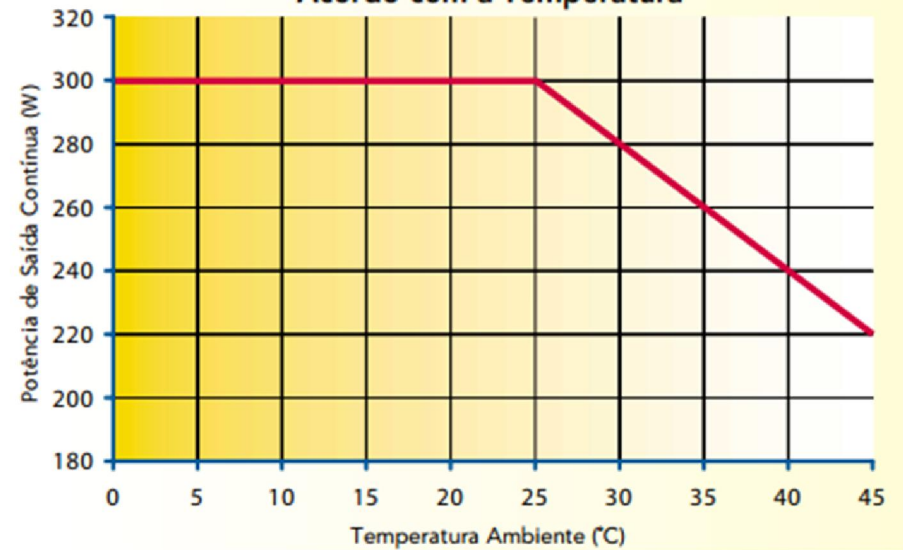
## Inversor - Especificação



Eficiência do Inversor



Curva de Variação da Especificação de Acordo com a Temperatura



# Inversor - Especificação

## Especificações elétricas

- Corrente nominal contínua 300 Watts @ 25°C
- Potência nominal de pico - 10 min 600 Watts @ 25°C
- Tensão de entrada CC 10.0V - 15.5V
- Forma da onda Onda senoidal pura
- Tensão de saída de CA (RMS)\* 220V ou 115V +/- 10%
- Frequência de saída de CA\* 50 ou 60 Hz +/- 0,1%
- Eficiência no pico 92%
- Distorção harmônica total (THD) < 4%
- Consumo próprio
  - Inversor ligado (sem carga) 450mA
  - Inversor desligado 25mA
  - Em espera 55mA
- Desconexão por baixa voltagem (LVD) 11.5V or 10.5V\*\*
- Reconexão por baixa voltagem 12.6 V or 11.6 V\*\*
- Campainha de alerta para proximidade de LVD 11.8 V or 10.8V\*\*
- Período de retardo de LVD 4 minutos
- Desconexão por alta tensão 15,5 V
- Reconexão por alta tensão 14,5 V
- Limite para modo de espera ligado ~ 8 Watts
- Limite para modo de espera desligado ~ 8 Watts
- Desconexão por alta temperatura 95°C (dissipador)
- Reconexão por alta temperatura 80°C (dissipador)

\*Duas versões disponíveis:  
220VCA a 50Hz ou 115VCA a 60hz

Outras voltagens de produção disponível sobre petição.

\*\*Selecionável pelo usuário em ambas versões

## Proteções elétricas

- Polaridade reversa (com fusível)
- Curto-circuito CA
- Sobrecarga de CA
- Desconexão por alta voltagem
- Desconexão com bateria baixa
- Desconexão com temperatura alta

## Especificações mecânicas

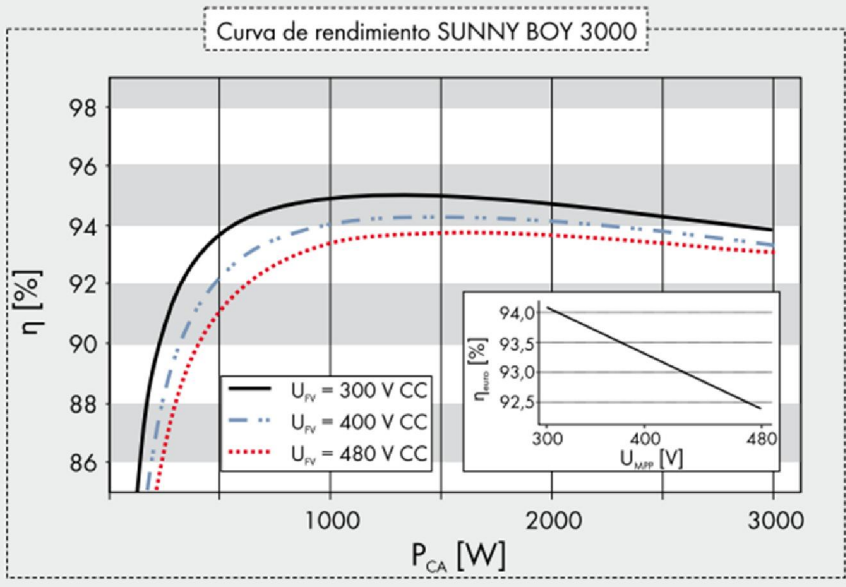
- Dimensões 213 x 152 x 105 mm  
8,4 x 6,0 x 4,1 pol
- Peso 4,5 Kg / 10,0 lbs
- Terminais CA Tam. máx. fio 4 mm<sup>2</sup> / 12 AWG
- Terminais CC Tam. máx. fio 2,5 a 35 mm<sup>2</sup>  
14 a 2 AWG
- Terminais liga/desliga remotos Tam. máx. fio 0,25 a 1,0 mm<sup>2</sup>  
24 a 16 AWG
- Gabinete IP20  
Alumínio anodizado

## Especificações ambientais

- Temp. Amb. de operação -40°C a +45°C
- Temperatura de armazenamento -55°C a +85°C
- Umidade 100% (não condensante)
- Tropicalização Revestimento conformal nas placas de circuito impressas; transformador e indutores com encapsulamento em epóxy



# Inversor - Especificação

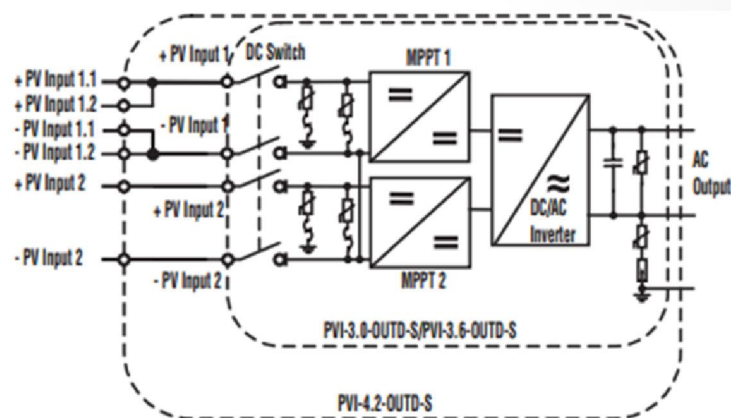
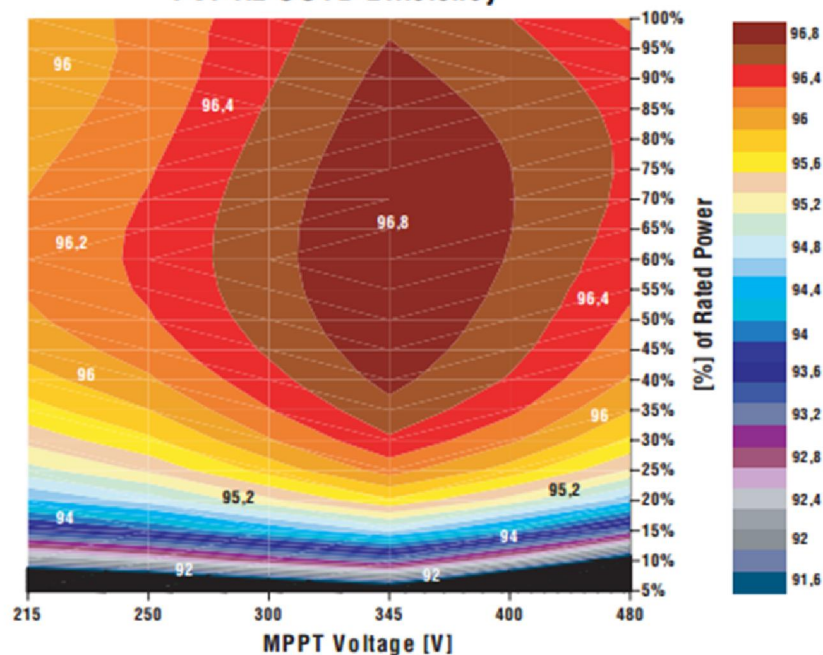


	Sunny Boy 1200	Sunny Boy 1700	Sunny Boy 2500	Sunny Boy 3000
<b>Valores de entrada (CC)</b>				
Potencia máx. de CC	1320 W	1850 W	2700 W	3200 W
Tensión máx. de CC	400 V	400 V	600 V	600 V
Rango de tensión FV, MPPT	100 V - 320 V	139 V - 320 V	224 V - 480 V	268 V - 480 V
Corriente máx. de entrada	12,6 A	12,6 A	12 A	12 A
Número de seguidores de MPP	1	1	1	1
Número máx. de strings (en paralelo)	2	2	3	3
<b>Valores de salida (CA)</b>				
Potencia nominal de CA	1200 W	1550 W	2300 W	2750 W
Potencia máx. de CA	1200 W	1700 W	2500 W	3000 W
Corriente máx. de salida	6,1 A	8,6 A	12,5 A	15 A
Tensión nominal de CA / Rango	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Frecuencia de red de CA (de ajuste automático) / Rango	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz
Factor de potencia (cos $\phi$ )	1	1	1	1
Conexión de CA	monofásica	monofásica	monofásica	monofásica
<b>Rendimiento</b>				
Rendimiento máx. / Rendimiento europeo	92,1 % / 90,7 %	93,5 % / 91,8 %	94,1 % / 93,2 %	95,0 % / 93,6 %

Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

# Inversor - Especificação

PVI-4.2-OUTD Efficiency



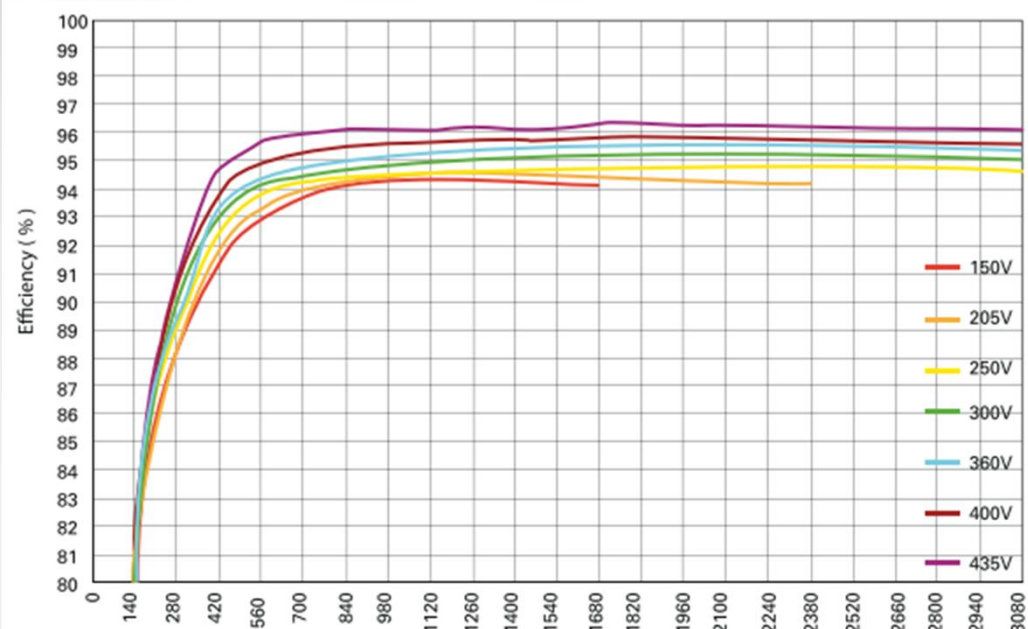
## CARACTERÍSTICAS

### PARÁMETROS DE ENTRADA

	PVI-3.0-OUTD	PVI-3.6-OUTD	PVI-4.2-OUTD
Potencia Nominal en DC [kW]	3,12	3,75	4,38
Max. Potencia Recomendada en DC [kW]	3,5	4,15	4,82
Rango de tensión de entrada de trabajo [V]	0,7xVarranque - 580 (360 nominal)		
Rango de Tensión de entrada del MPPT (carga simétrica) [V]	156-530	120-530	140-530
Rango de Tensión de entrada para máxima carga asimétrica [V]	200-530 (@ 2kW) / 112-530 (@ 1,12kW)	190-530 (@ 3kW) / 90-530 (@ 0,75kW)	190-530 (@ 3kW) / 90-530 (@ 1,38kW)
Máxima Tensión de entrada [V]	600		
Tensión de activación "Varranque" [V]	200 nominal (ajustable dentro del rango 120Vdc-350Vdc, independientemente/cada entrada)		
Número de canales independientes de MPPT	2		
Max. Potencia de entrada, en cada MPPT [kW]	2	3	
Número de entradas DC	2 (1 cada MPPT)		3 (2 para MPPT1, 1 para MPPT2)
Máxima Corriente DC, en cada MPPT [A]	10 (12,5 cortocircuito)	16 (20 cortocircuito)	
Conexión DC	4 (2 positivos, 2 negativos)		6 (3 positivos, 3 negativos)
	MultiContact Ø 4mm (macho - entrada positiva + hembra - entrada negativa)		
	Conector de ensamblaje incluido		
	Sección transversal del conductor: 4-6mmq/AWG12-10 - Cable Ø w/aislado: 3-6mm		



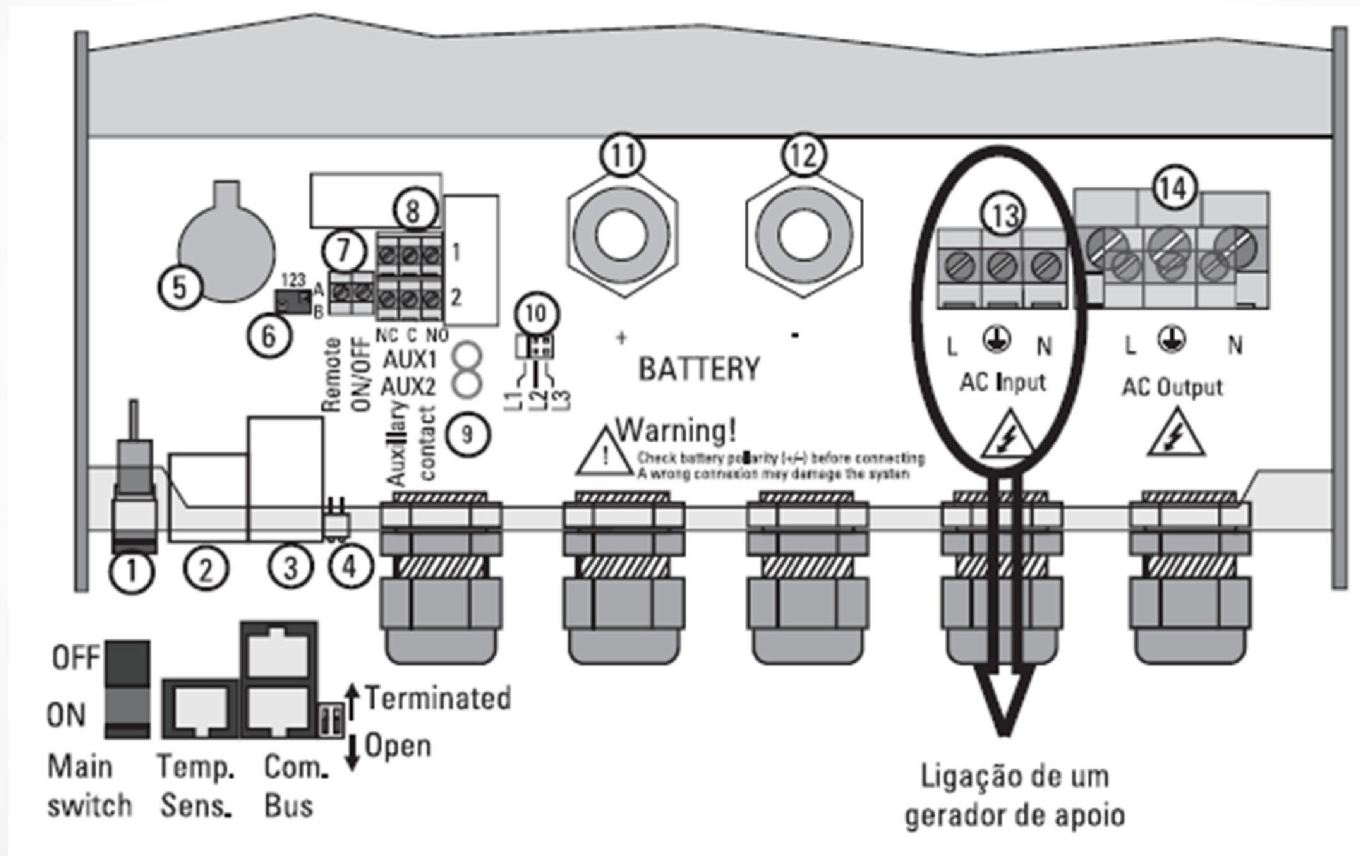
# Inversor - Especificação



● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

<b>HP 2000</b>	
<b>ENTRADA</b>	
Potencia del campo fotovoltaico	2600 Wp
Tensión máxima en circuito abierto	500 Vcc
Tensión nominal	360 Vcc
Rango MPPT	250 + 450 Vcc
Corriente máxima	10 Acc
Tensión de inicio del sistema	120 Vcc
Rango de tensión optimal	250 + 450 Vcc
Tensión para el apagado	70 Vcc
Número de MPPT	1
Conectores CC	Multi-Contact tipo MC3
<b>SALIDA</b>	
Potencia nominal CA	2000 W
Potencia máxima CA	2200 W
Tensión de red	230 Vca
Intervalo operativo	190 + 260 Vca
Intervalo para la potencia máxima	210 + 260 Vca
Intervalo de frecuencia	49,7 + 50,3 Hz
Corriente máxima	10,5 A
Distorsión armónica (THDi)	<3%
Factor de potencia	>0,99%
Conectores C.A.	Blinder 692
<b>SISTEMA</b>	
Rendimiento máximo	>96%
Rendimiento europeo	>95%
Absorción en stand-by	~7 W
Absorción de noche	~0 W
Protección de funcionamiento en isla	SI
Detección de dispersión hacia tierra	SI
Disipación de calor de convección	convección
Temperatura de funcionamiento	-20°C + 55°C
Temperatura de almacenamiento	-20°C + 70°C
Humedad	0 + 95% sin condensación

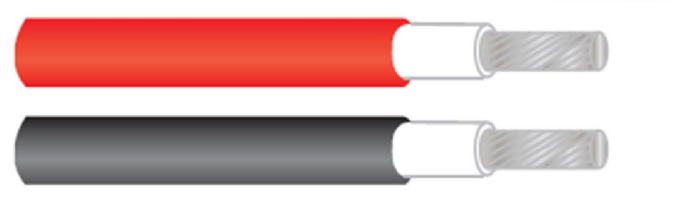
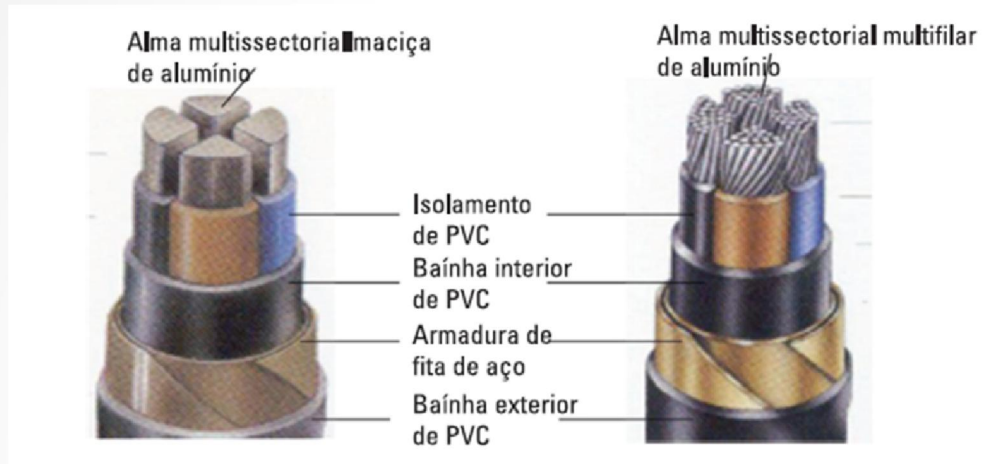
## Inversor - Especificação



Fonte: Steca Solar

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

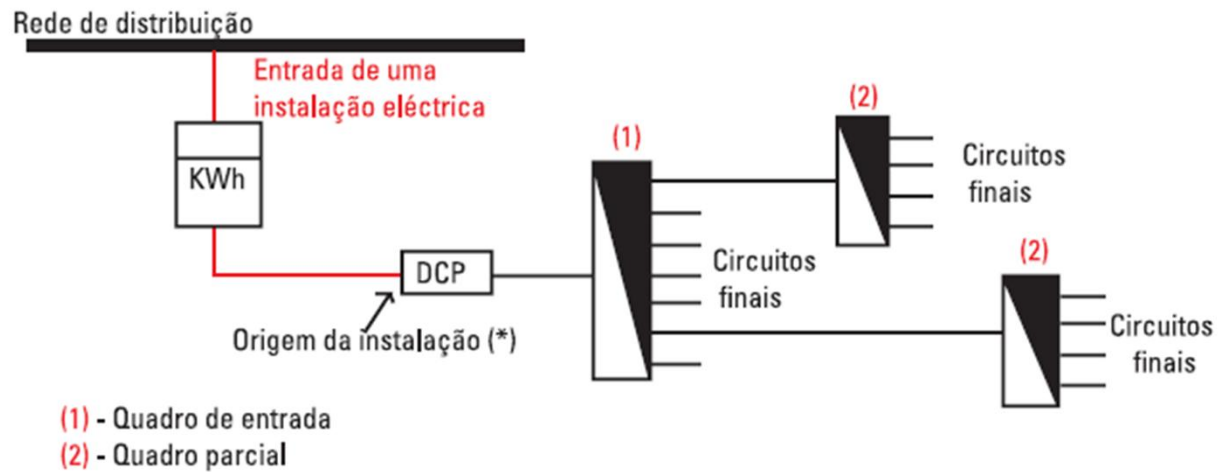
# Cabos



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes

# Quadros



Fonte: <http://www.prof2000.pt/users/lpa>

● Prof. Msc. Alex Vilarindo Menezes