

Sistema fotovoltaico Isolado

Curso Capacitação de Docentes

QUALIFICA MAIS – ENERGIF

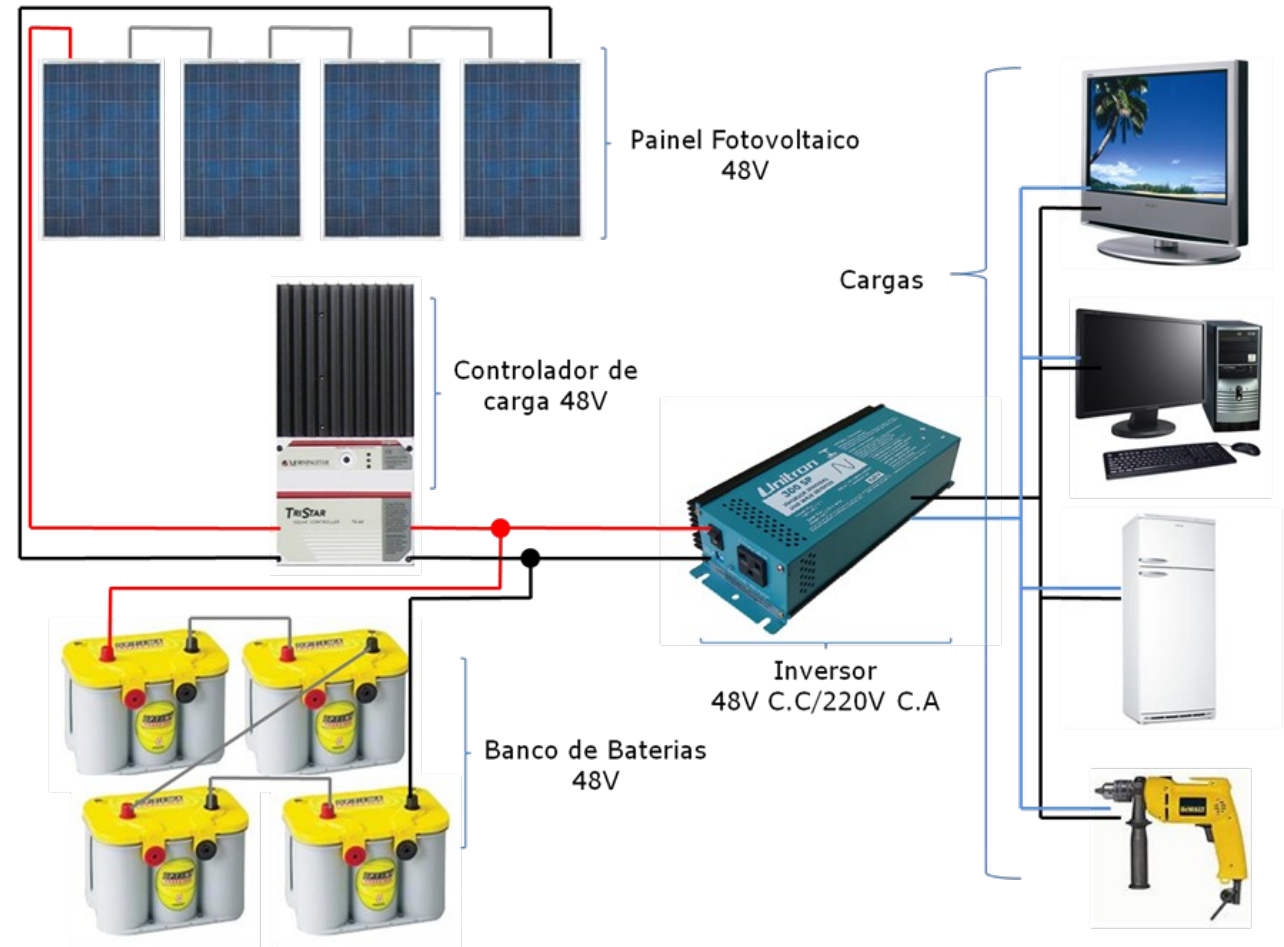
PROF. Marcelo Shibuya

Sistemas fotovoltaicos Isolados (Off Grid)

- Não tem conexão com a rede elétrica de distribuição.
- São classificados em:
 - Sistemas **autônomos** com ou sem armazenamento de energia.
 - Sistemas **híbrido**, trabalhando em conjunto com outros sistemas de geração elétrica (*aerogerador*, motor-gerador, etc)

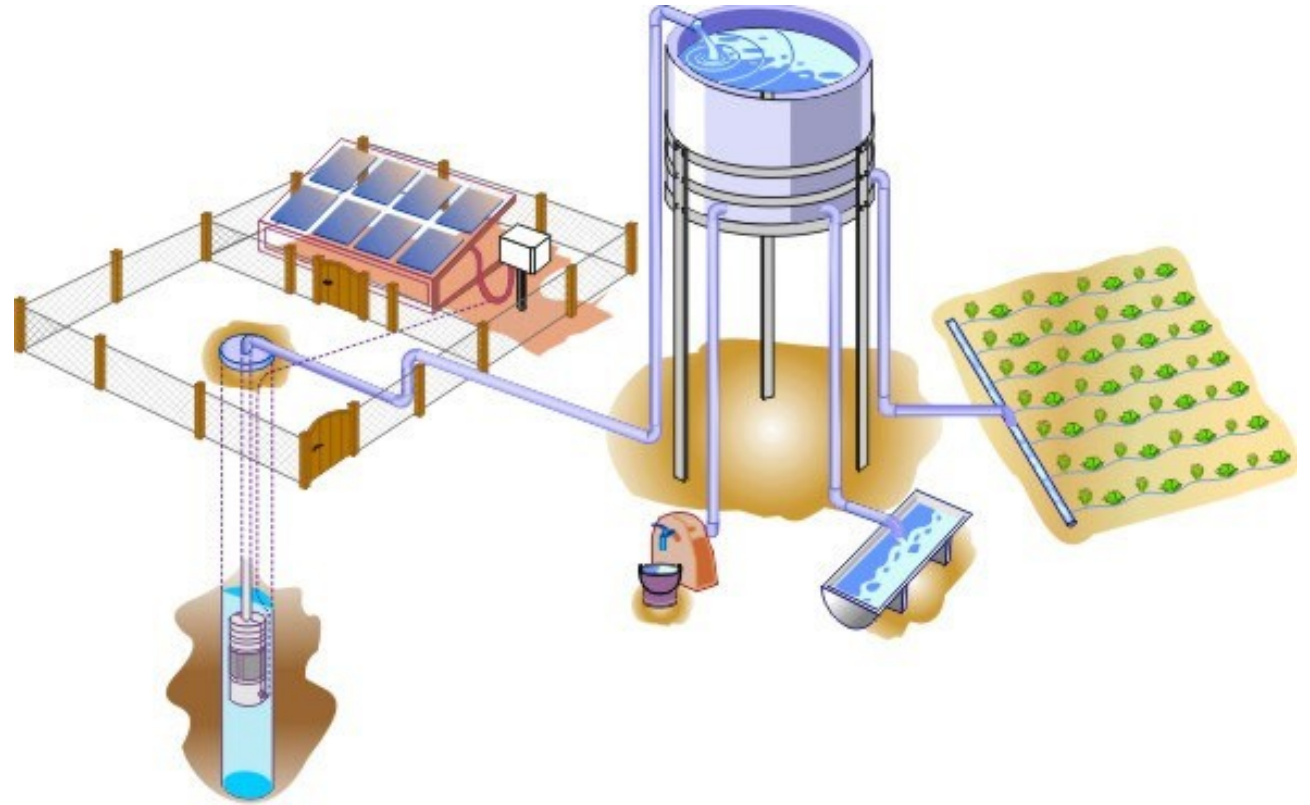
Visão geral de um sistema com armazenamento

- Módulos fotovoltaicos
- Banco de baterias;
- Controlador de carga;
- Inversor off-grid;
- Fiação elétrica e conectores;
- Comando e proteção (fusíveis e disjuntores).
- Estruturas de fixação dos módulos.

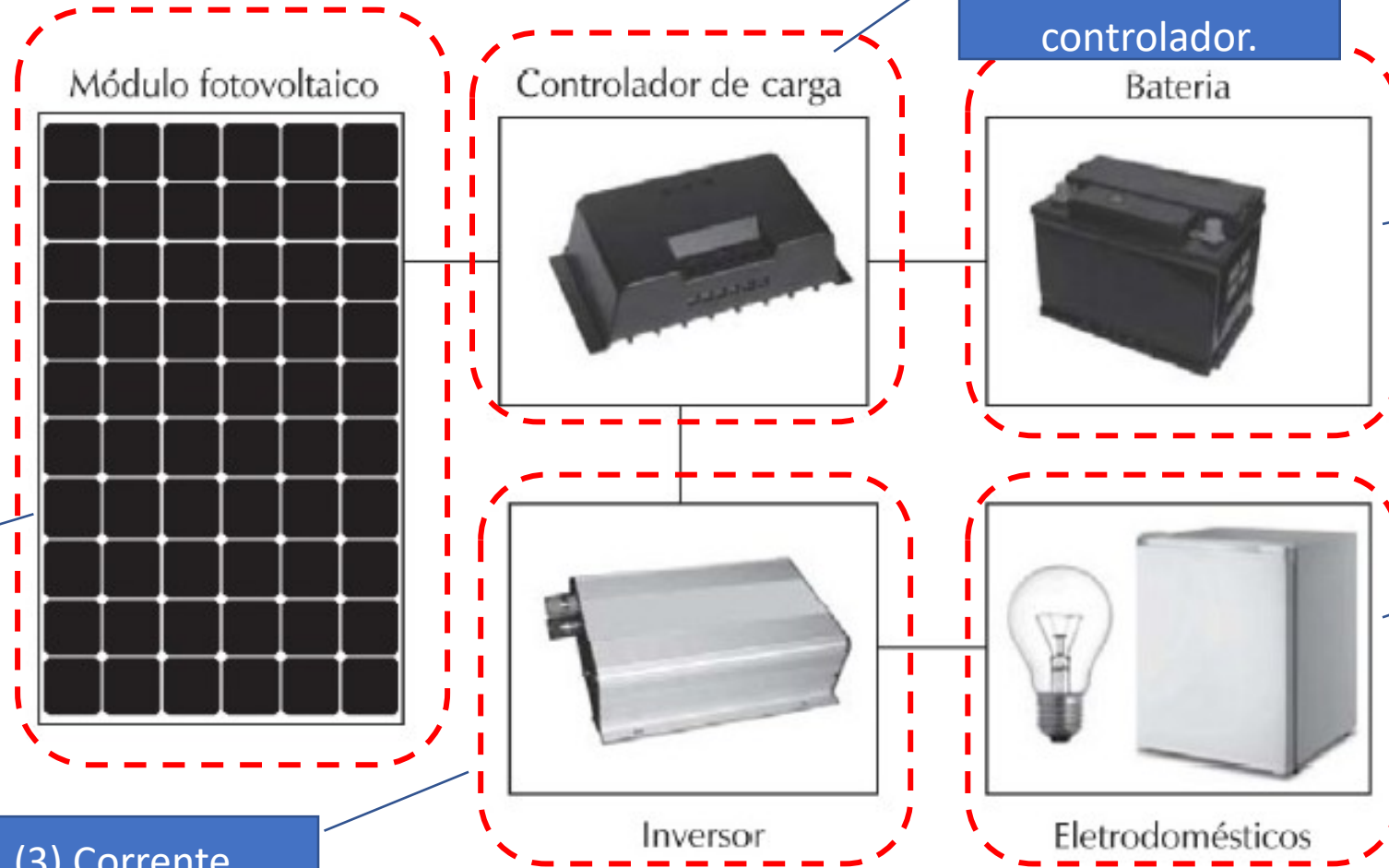


Visão geral do sistema sem armazenamento – bombeamento

- Módulos fotovoltaicos
- ~~Banco de baterias;~~
- Controlador de carga;
- Inversor off-grid;
- Fiação elétrica e conectores;
- Comando e proteção (fusíveis e disjuntores).
- Estruturas de fixação dos módulos.



O que considerar no dimensionamento



(5) Corrente e tensão do controlador.

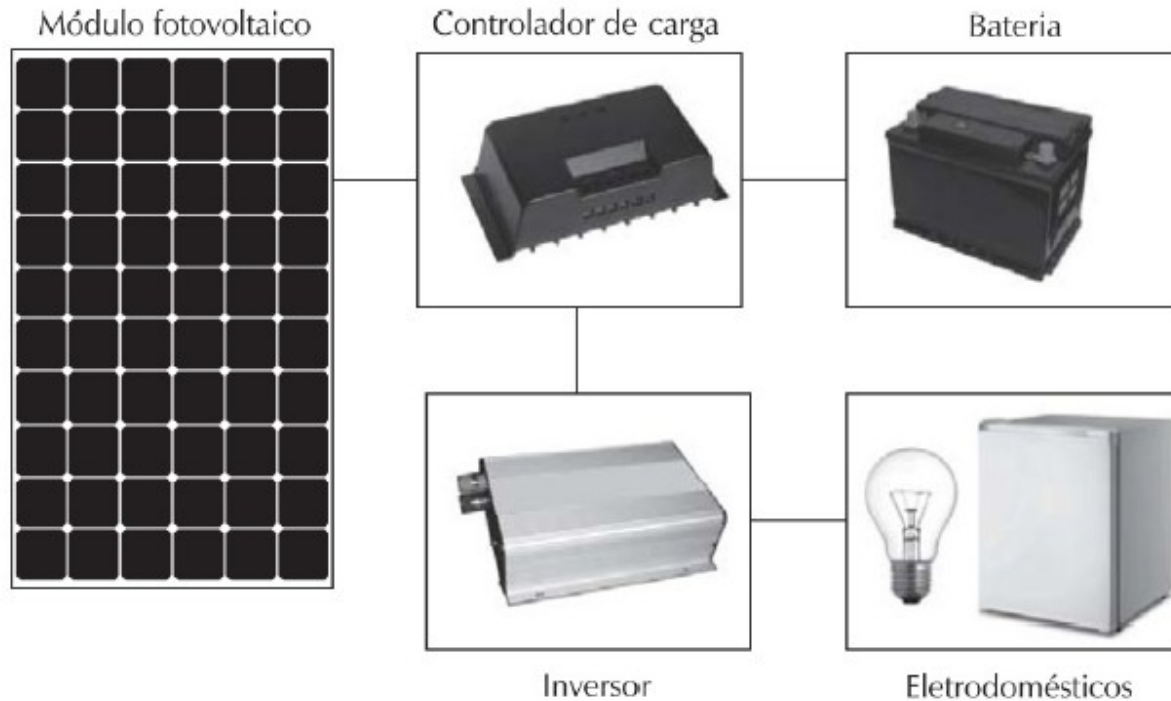
(2) Capacidade do banco de baterias.

(4) Potência e nº de células do módulo FV

(3) Corrente, tensão e potência do inversor de frequência.

(1) Tensão e potência da carga a ser alimentada.

Função de cada item do sistema off-grid



- Módulo fotovoltaico: converte a energia luminosa em energia elétrica (corrente contínua).
- Controlador de carga:
 - Gerenciamento da tensão e corrente de carga da bateria.
 - Estabiliza a tensão que vai para o inversor.
 - Proteção da bateria (desconecta carga quando nível de carga da bateria está abaixo de um limite estabelecido).
- Bateria: acumula a energia necessária para alimentação da(s) carga(s).
- Inversor de Frequência: converte CC em CA.

Baterias (Acumulador)

Também conhecido como “banco de baterias”

Baterias (Acumulador)

- Tem o objetivo de armazenar a energia gerada pelos módulos FV, para permitir a sua utilização nos momentos de baixa ou nenhuma irradiação solar.
- As baterias mais utilizadas são as de chumbo-ácido do tipo estacionária (devido ao preço reduzido em relação às baterias de lítio).
- Tensões mais usuais na linha CC: 12V, 24V ou 48V;
- Podem ser agrupadas em série, paralelo ou série/paralelo para formar um banco de baterias.

Tabela de especificações gerais de baterias

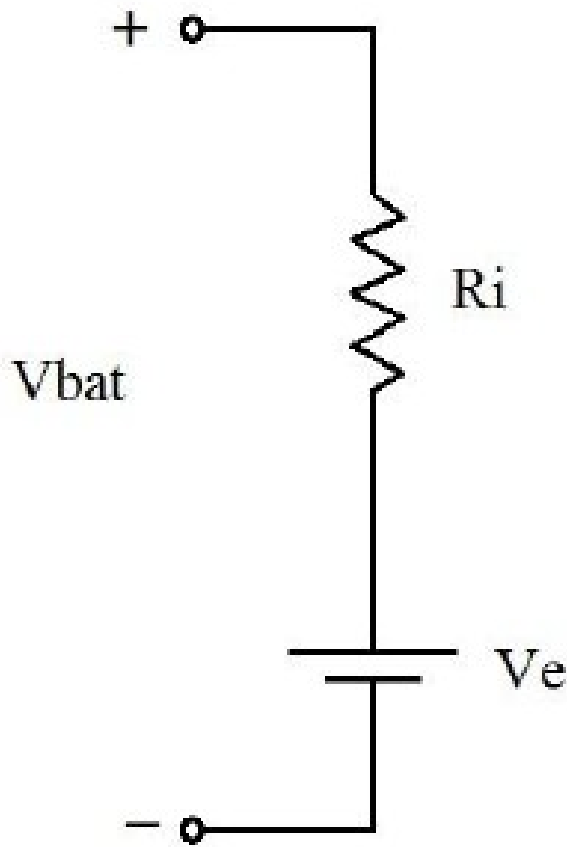
Menor
Custo

Densidade
de carga

Tecnologia	Eletrólito	Densidade Energética [Wh/kg]	Densidade Energética [Wh/L]	Eficiência η_{wh} [%]	Vida útil [anos]	Vida cíclica [ciclos]	Temperatura de operação		Aplicações típicas (exemplos)
							Carga padrão [°C]	Descarga [°C]	
Chumbo ácido ⁷ (Pb-ácido)	H ₂ SO ₄	20–40	50–120	80–90	3–20	250–500	–10 a +40	–15 a +50	Uso estacionário, tração, automotiva
Níquel-Cádmio (NiCd)	KOH	30–50	100–150	60–70	3–25	300–700	–20 a +50	–45 a +50	Mesmo tipo de aplicações das baterias chumbo-ácido, ferramentas, veículos elétricos
Níquel-hidreto metálico (NiMH)	KOH	40–90	150–320	80–90	2–5	300–600	0 a +45	–20 a +60	<i>Notebooks</i> , celulares, câmeras fotográficas, veículos elétricos e híbridos, brinquedos
Íon de Lítio (Li-ion, Li-polímero)	Polímeros orgânicos	90–150	230–330	90–95	–	500–1000	0 a +40	–20 a +60	<i>Notebooks</i> , celulares, filmadoras, <i>smart cards</i> , veículos elétricos e híbridos
Bateria alcalina recarregável de Manganês (RAM) ⁸	KOH	70–100	200–300	75–90	–	20–50	–10 a +60	–20 a +50	Produtos de consumo, brinquedos
Cloreto de Níquel e Sódio (NaNiCl)	β'' -Al ₂ O ₃	~100	~150	80–90	–	~1000	+270 a +300	+270 a +300	Veículos elétricos e híbridos (possíveis aplicações estacionárias)

Baterias Chumbo-Ácidas

Modelo elétrico da bateria chumbo ácida



Capacidade (Ah)	Resistência (mΩ)
150	2,64
170	2,40

- Na figura ao lado temos o modelo elétrico de uma bateria chumbo-ácida.
 - V_e = tensão em vazio da bateria.
 - R_i = Resistência interna da bateria.

Baterias com Eletrólito Líquido

~~Baterias Automotivas~~

- SLI (Starting, Lighting & Ignition)
- Não devem ser usadas para fins fotovoltaicos
- Baixa vida útil (até 3 anos)
- Formadas por placas finas de chumbo.
- Não suportam **descargas profundas**

Baterias Estacionárias

- Suportam descargas profundas (até 80%).
- Com ou sem reposição de água.
- Vida útil de 3 a 5 anos (vai depender da profundidade de descarga em que a bateria é submetida).
- São as mais utilizadas no Brasil.



Baterias VRLA ou baterias “Seladas”

VRLA (Valve-Regulated Lead–Acid battery)

Também conhecidas como “Seladas”, as baterias VRLA na verdade emitem gases, porém em quantidades insignificantes.

- Podem ser instaladas em qualquer posição.
- Vida útil de 3 a 5 anos



Baterias GEL

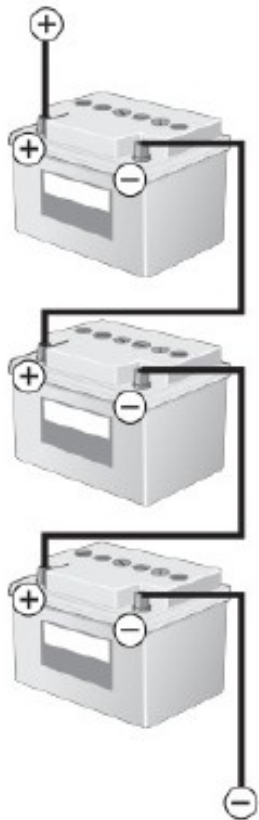
- Utiliza eletrólito viscoso “gel”, retendo-o em contato com as placas.

Baterias AGM (Absorbent Glass Mat)

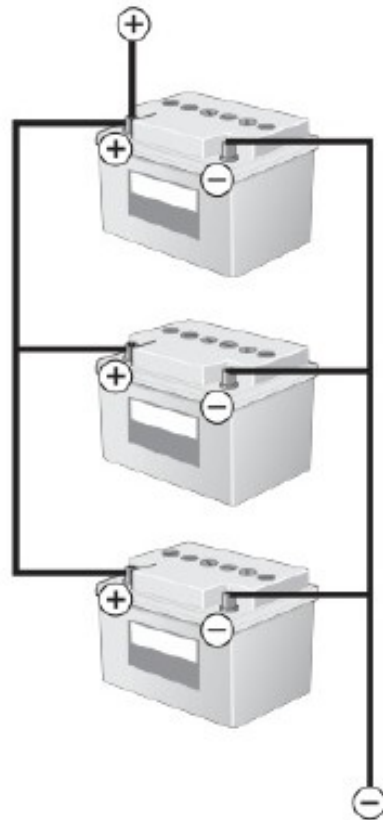
- Utiliza mantas de fibra de vidro para absorver o eletrólito mantendo-o no interior da bateria.

Ligação de baterias

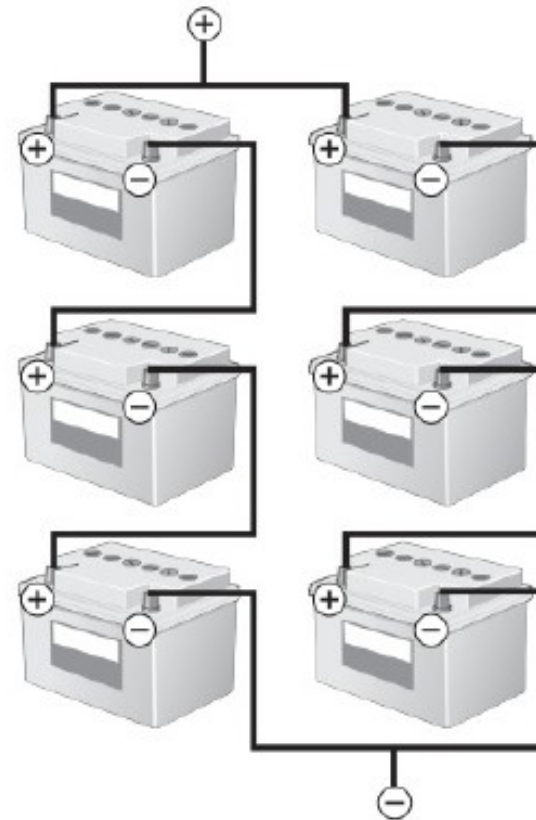
Modos de conexão de baterias



Banco série



Banco paralelo



Banco série e paralelo

- Deve-se utilizar **baterias de mesma capacidade** para formar um banco de baterias.

Fonte: Villalva, M. G.; Energia Solar Fotovoltaica – Conceitos e Aplicações; editora Erica-Saraiva; 2ª edição, 2016.

Boas práticas na instalação das baterias

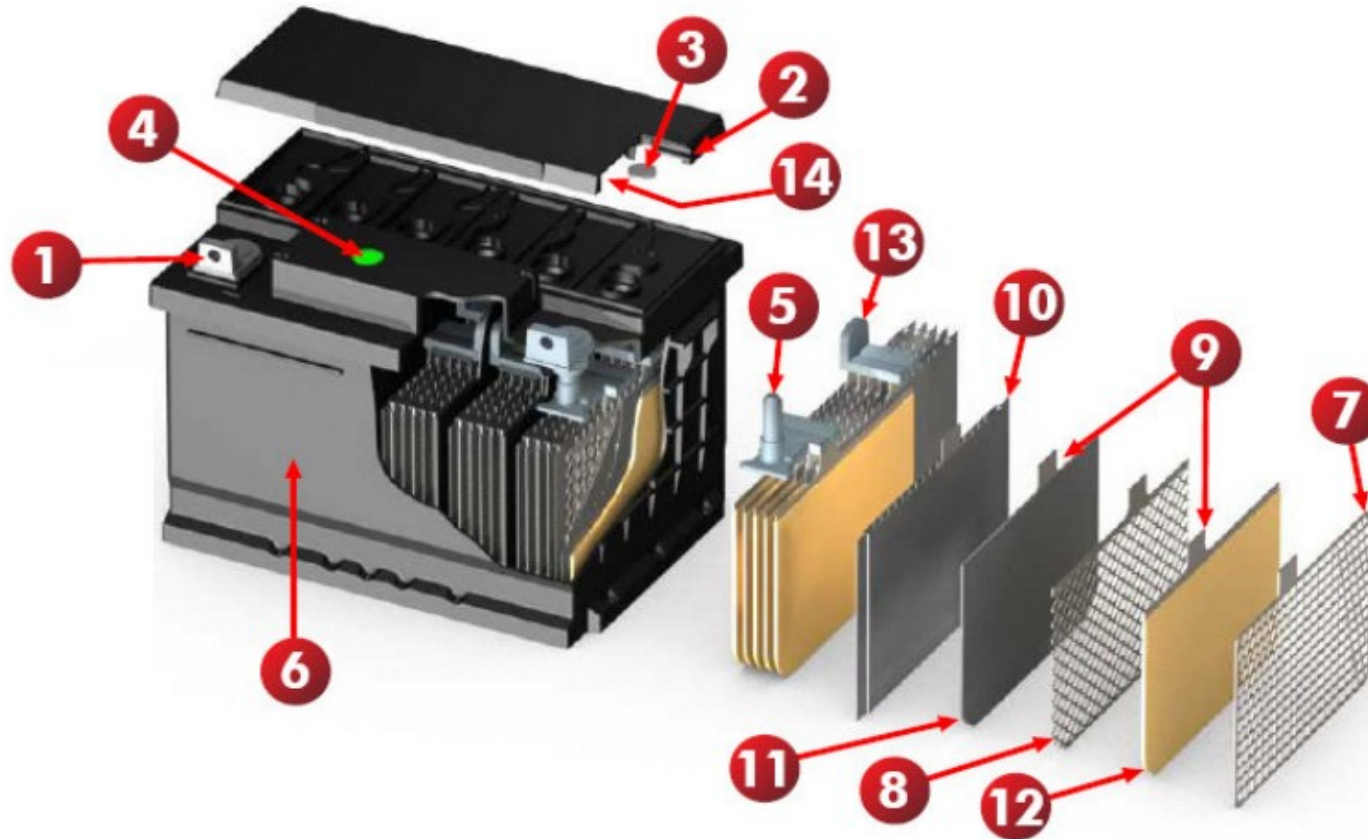
- Optar por locais de instalação secos, limpos e arejados.
- Respeitar temperatura recomendada pelo fabricante (verificar catálogo do fabricante)
 - Altas temperaturas resultam em redução da vida útil.
- Baixas temperaturas ($<15^{\circ}\text{C}$) resultam em redução de eficiência (Utilizar suportes de modo a evitar contato direto com piso).
- O Piso deve ser nivelado e com capacidade de suportar o peso da bateria.
- Consultar o fabricante quanto a emissão de gases e necessidades de sala de baterias.

Boas práticas no armazenamento das baterias

Instalação pode ser feita:



Por dentro da bateria estacionária



1. Terminal (tipo L).
2. Respiro
3. Filtro Anti-Chama
4. Indicador de Teste
5. Poste Reforçado
6. Caixa Polipropileno
7. Grades Positivas fundidas em Liga de Chumbo – Cálcio - Prata
8. Grades Negativas expandidas em Liga de Chumbo - Cálcio
9. Terminal da placa
10. Separador em Polietileno
11. Material Ativo Negativo
12. Material Ativo Positivo
13. Conexão

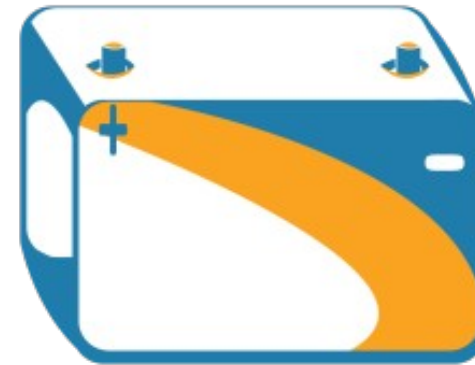
Fonte: Manual técnico bateria estacionária
FREEDOM.

Bateria automotiva x estacionária

Tipo de Bateria	Automotiva	Estacionária
Espessura das placas	1mm	8mm
Descarga máxima permitida	10%	80%
Emissão de gases nocivos	sim	não
Vida útil média na aplicação certa	3 anos	5 anos

Estado de Carga x Tensão (bateria chumbo ácida)

Estado de carga	Tensão em Circuito Aberto
100% (plena carga)	12,72 V
90%	12,48 V
80%	12,42 V
70%	12,30 V
60%	12,18 V
50%	12,06 V
40%	11,88 V
30%	11,76 V
20%	11,58 V
10%	11,34 V
0% (descarga total)	10,50 V



O estado de carga das baterias geralmente é medido pela tensão de circuito aberto da bateria.

Principais características elétricas – baterias chumbo-ácidas

- **Tensão nominal:** tensão de especificação da bateria
- **Tensão máxima:** máxima tensão admissível nos terminais da bateria para fins de carregamento.
- **Tensão de flutuação:** tensão para manutenção da carga na bateria.
- **Tensão de circuito aberto com carga plena:** tensão medida em circuito aberto com a bateria completamente carregada.
- **Tensão limite de descarga:** é a menor tensão de funcionamento da bateria.

Tensões características	Tensões a 20°C (V)	
	Célula	Bateria com seis células
Nominal	2	12
Tensão máxima	2,3 – 2,5	14,0 - 15,0
Tensão de flutuação	2,2 – 2,3	13,0 – 14,0
Tensão de circuito aberto com carga plena ¹	2,1 – 2,2	12,5 – 13,0
Tensão limite de descarga para medida da capacidade ²	1,8 – 1,9	10,8 – 11,4
Variação de tensão com a temperatura ³	-0,05 V para cada 10°C de aumento	-0,33 V para cada 10°C de aumento

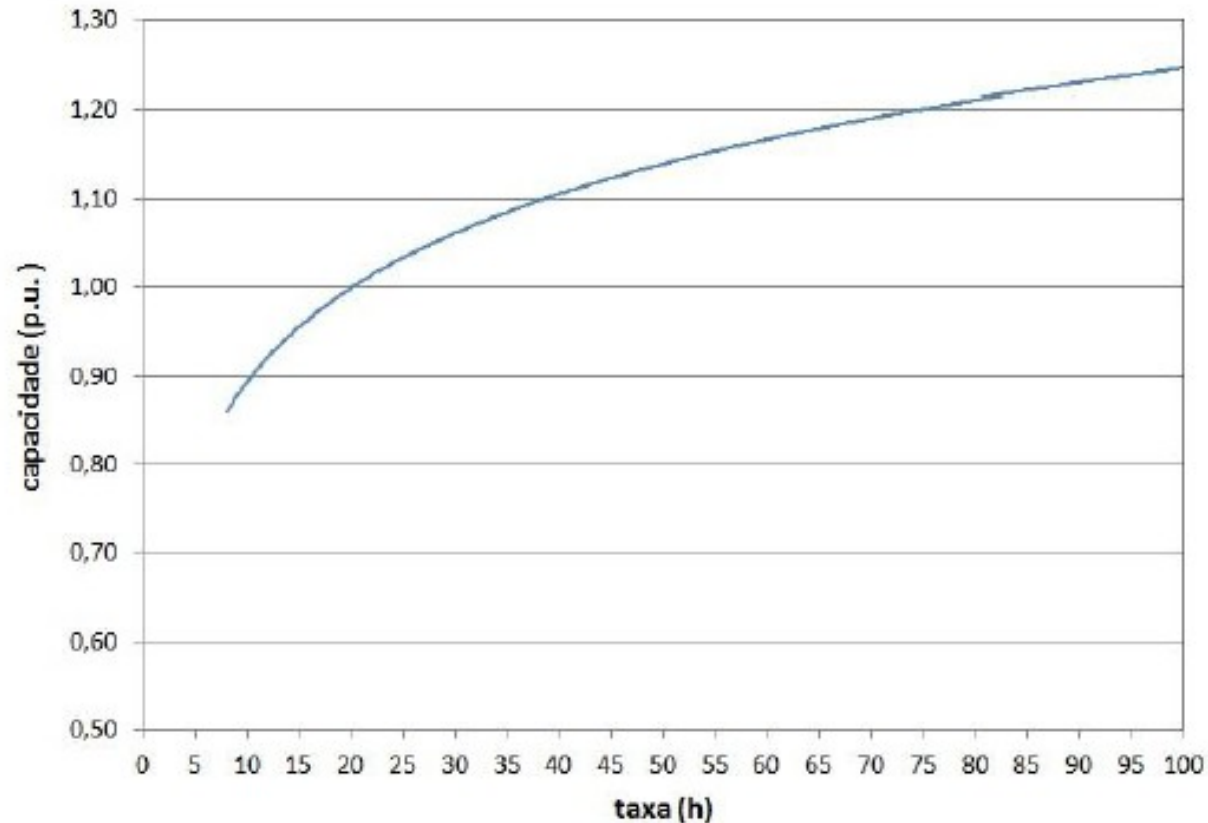
Taxa de descarga de bateria

- É o valor de corrente da bateria durante o regime de descarga.
- Exemplo: bateria de 200Ah de capacidade nominal, com intervalo de descarga de 10h a uma corrente constante tem a sua taxa de descarga expressa da forma abaixo:

$$\frac{\textit{Capacidade Nominal}}{\textit{Tempo de Descarga}} = \frac{200 \textit{ Ah}}{10 \textit{ horas}} = 20 \textit{ horas}$$

- Taxa C10 significa que a bateria terá a sua taxa de descarga em 10h, ou seja, de 20A/h.
- A taxa de descarga é padronizada pelas fabricantes de baterias em C10, C20, C100.

Curva de taxa de carga / descarga (bateria chumbo ácida)



- A capacidade de uma bateria chumbo-ácida depende da taxa de carga / descarga.
- Exemplos de capacidade em função da taxa de carga da bateria (o mesmo conceito para descarga da bateria):
 - Em C10, a capacidade da bateria é de 0,90 (90%).
 - Em C100, a capacidade é de 125%

Capacidade de uma bateria em Ah

- É o total de Ah que pode ser “retirado” de uma bateria.
- Na teoria:
 - Uma bateria de 50 Ah, pode fornecer a corrente constante de 5A pelo tempo de 10h: $5A \times 10h = 50Ah$
 - A mesma bateria de 50Ah pode fornecer uma corrente constante de 10A pelo tempo de 5h: $10A \times 5h = 50Ah$
- Portanto, capacidade em Ah de uma bateria pode ser definida conforme a expressão abaixo:

$$C_{Ah} = I \times t$$

Em que:

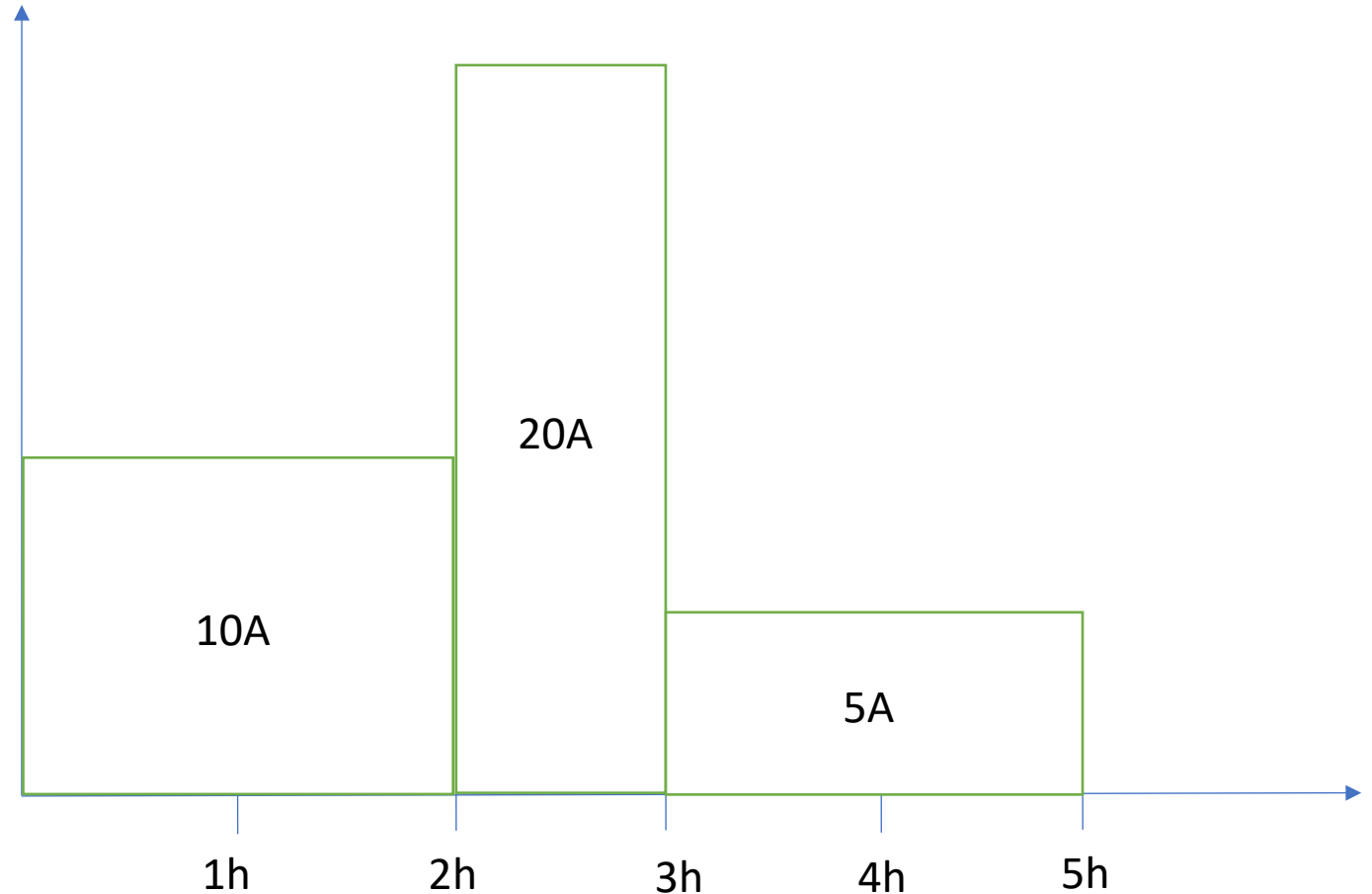
- C_{ah} = capacidade da bateria em Ah
- I = corrente constante fornecida pela bateria.
- t = tempo de fornecimento em regime constante

Capacidade de uma bateria em regime variável

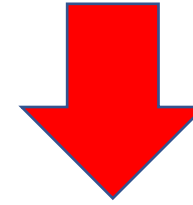
- O cálculo pode ser executado em função de períodos em que há o fornecimento de corrente pela bateria.
- No caso do gráfico temos:

$$C_{ah} = 10 A \times 2 h + 20 A \times 1 h + 5 A \times 2 h$$

$$C_{ah} = 50 Ah$$




Explorando o catálogo de baterias



- Bateria DF-2000 (marca Freedom).
- A capacidade da bateria depende do regime (tempo) de descarga:
 - Em 10h: 94 Ah
 - Em 20h: 105 Ah
 - Em 100h: 115 Ah

Principais Características Elétricas										
MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF2500	DF3000	DF4001
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	130	156	200
	20 h	26	36	45	60	80	105	150	170	220
	100 h	30	40	50	70	93	115	165	185	240
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	511	511	525
	Largura	175	175	175	175	172	172	213	213	275
	Altura	175	175	175	175	240	240	230	230	250
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	44,6	48,3	60,3
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m
Tensão de Flutuação						de 13,2 a 13,8 V a 25°C				
Tensão de carga / equalização						de 14,4 a 15,5 V a 25°C				
Compensação de Temperatura						para cada 1°C acima de 25°C, subtrair 0,033V para cada 1°C abaixo de 25°C, adicionar 0,033V				

Detalhando os dados para DF-2000



Principais Características Elétricas								
MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	115
	20 h	26	36	45	60	80	105	130
	100 h	30	40	50	70	93	115	140
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	330
	Largura	175	175	175	175	172	172	172
	Altura	175	175	175	175	240	240	240
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	30,0
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m
Tensão de Flutuação						de 13,2 a 14,4 V		
Tensão de carga / equalização						de 14,4 a 15,0 V		
Compensação de Temperatura						para cada 1°C acima de 25°C para cada 1°C abaixo de 25°C		

- Para descarga em 10h, temos a capacidade da bateria de 94Ah, ou seja, o fornecimento de $94\text{Ah}/10\text{h}=9,4$ A por hora.
- Para descarga em 20h, temos a capacidade da bateria de 105Ah, isto é, o fornecimento de $105\text{Ah}/20\text{h} = 5,25\text{A}$ por hora.
- Esses dados precisam ser analisados para o dimensionamento das baterias que você irá utilizar no seu sistema off grid.

Recomendações

- Uma bateria (ou banco de baterias) deve ser dimensionado para que tenha uma profundidade **máxima** de descarga **de até 80%** (não deixe a profundidade de descarga ultrapassar esse valor!).
- Acima dessa profundidade de descarga, a bateria **estacionária** tem uma redução sensível da sua vida útil (veremos isso em slide adiante).

Exercício:

- Uma bomba de água é utilizada para fins de irrigação, consome a potência de 60W e é ligada diariamente por um tempo de 10 horas. A tensão de funcionamento dessa bomba é de 12V.
 - Calcule a corrente consumida pela carga.
 - Qual é a energia consumida pela carga (em Wh)?
 - Qual é a quantidade de Ah consumida pela carga nas 10h de funcionamento?
 - Considerando que será utilizada a bateria DF3000 para alimentar a bomba. Calcule a profundidade de descarga em regime C10.

Principais Características Elétricas										
MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF2500	DF3000	DF4001
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	130	156	200
	20 h	26	36	45	60	80	105	150	170	220
	100 h	30	40	50	70	93	115	165	185	240
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	511	511	525
	Largura	175	175	175	175	172	172	213	213	275
	Altura	175	175	175	175	240	240	230	230	250
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	44,6	48,3	60,3
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m
Tensão de Flutuação							de 13,2 a 13,8 V a 25 °C			
Tensão de carga / equalização							de 14,4 a 15,5 V a 25 °C			
Compensação de Temperatura							para cada 1 °C acima de 25 °C, subtrair 0,033 V para cada 1 °C abaixo de 25 °C, adicionar 0,033 V			

Solução

- Corrente consumida pela carga:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{60}{12} = 5,0 \text{ A}$$

- Energia consumida pela carga durante período de 1 dia ou 10 horas:

$$E_n = P \times T = 60 \text{ W} \times 10 \text{ h} = 600 \text{ Wh}$$

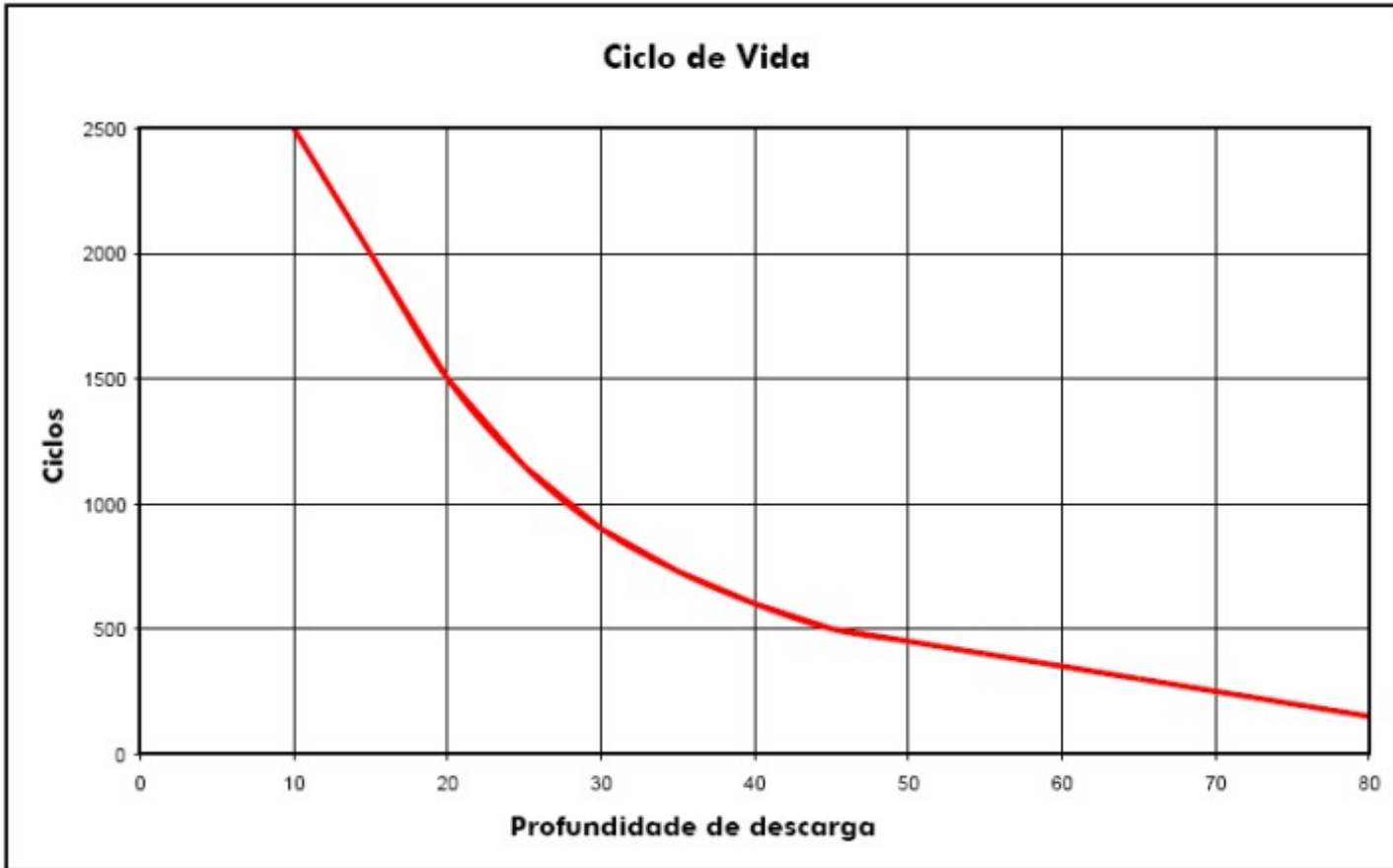
- Quantidade de Ah consumida pela carga:

$$Q_{Ah} = I \times T = 5,0 \text{ A} \times 10 \text{ h} = 50 \text{ Ah}$$

- Profundidade de descarga:

$$Pd = \frac{Q_{Ah}}{I_{bat_{10h}}} = \frac{50}{150} = 0,32$$

Exercício:



- De acordo com a profundidade de descarga encontrada para a bomba de 60W (lembrar que essa bomba funciona por período de 10h):
 - Consultando o gráfico de profundidade de descarga, determine quanto tempo irá durar a bateria (quantidade de ciclos) modelo DF3000.
 - pelo gráfico, podemos determinar o ciclo de vida (800 ciclos)
- Essa bateria custa o valor de R\$ 1.150,00. Sem levar em conta a inflação, qual é o custo do kWh da energia fornecida por essa bateria ao longo da sua vida útil?

$$Custo_{kWh} = \frac{\text{Preço Bateria}}{\text{Total kWh}}$$

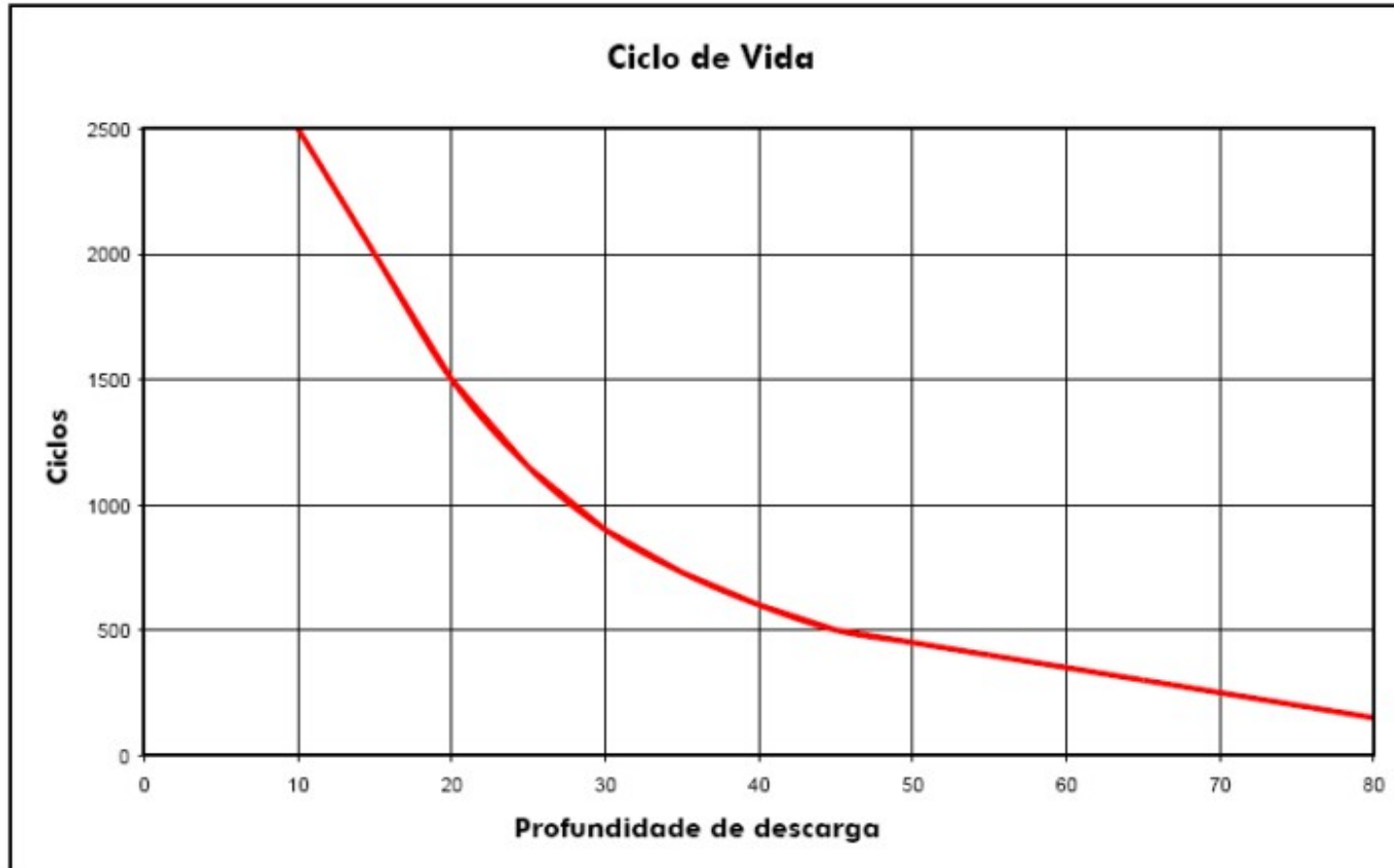
$$Custo_{kWh} = \frac{\text{Preço Bateria}}{\text{Ciclo} \times \text{consumo diario}}$$

$$Custo_{kWh} = \frac{1150}{800 \times 600 \text{ Wh}} = \frac{R \$ 0,00239}{\text{Wh}}$$

Ou

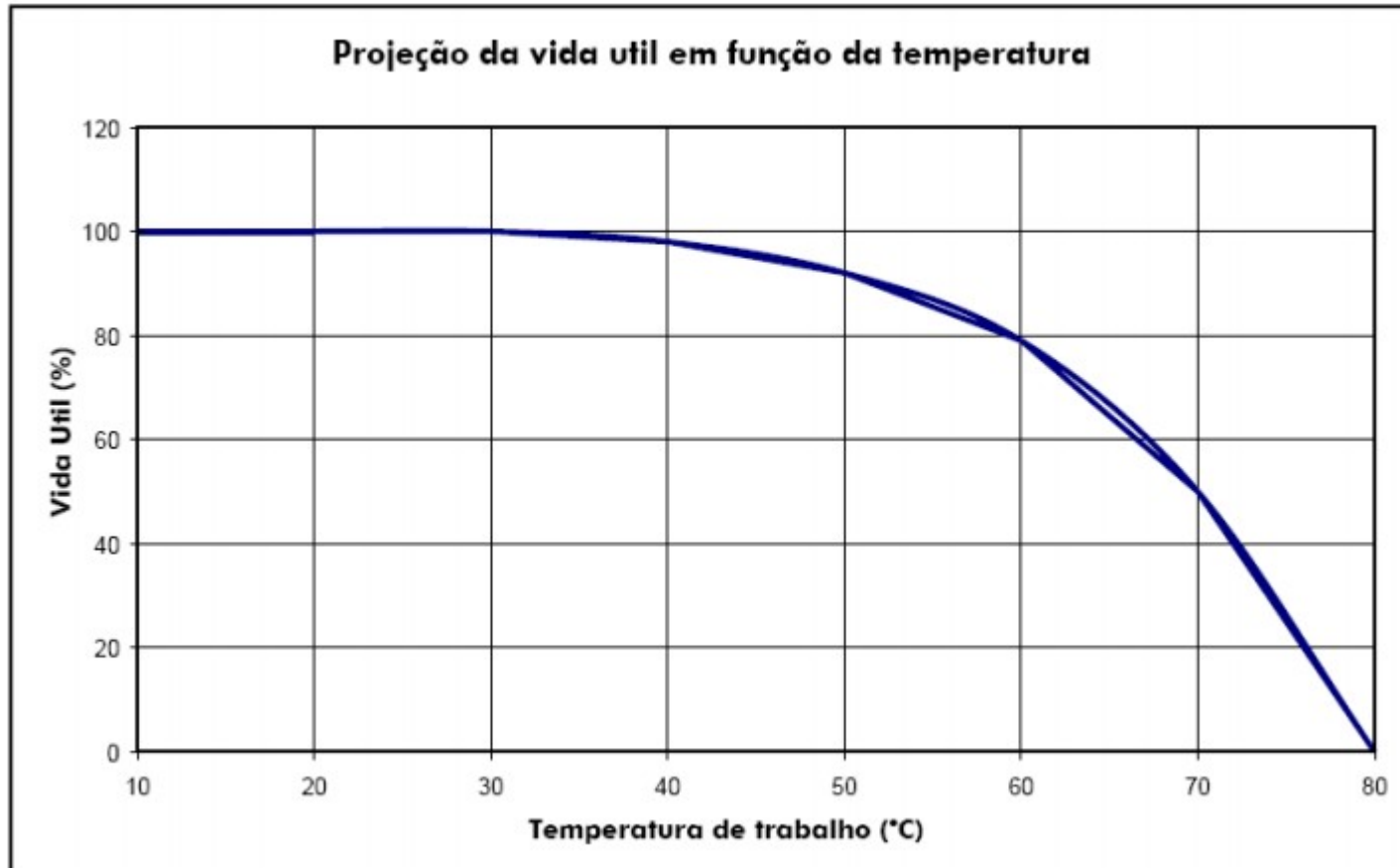
$$Custo_{kWh} = R \$ 2,39/kWh$$

Vida útil em função da profundidade de descarga (bateria estacionária)



- Para fins de dimensionamento, considera-se profundidade de descarga de 10 a 80%.
- Não se recomenda utilizar a bateria acima de 80% de profundidade de descarga.

Vida útil em função da temperatura



- A vida útil da bateria é reduzida de acordo com a temperatura em que a mesma é instalada.
- Para temperaturas acima de 40°C recomenda-se a instalação em locais com controle de temperatura e boa ventilação.



Bateria Litio-Ion

Lítio x Chumbo-ácida

Comparativo Baterias Chumbo-Ácidas x Lítio-Ion		
Característica	Chumbo	Lítio
Densidade de energia	Média	Alta
Vida útil (ciclos)	400 a 800 ciclos	1500 a 2000 ciclos
Tempo de recarga	8 a 10h	3 a 4 h
Taxa de autodescarga (20°C)	< 3% ao mês	< 1% ao mês
Operação em subtemperatura	Até - 20°C	Até - 20°C
Operação em sobretemperatura	Até + 50°C	Até + 60°C
Peso	Maior	Menor
Preço	Menor	8 x valor da bateria de chumbo
Reciclagem	Total	Parcial

Características – Baterias Litio-Ion

- Cada célula atinge a tensão de 3,5V, sendo necessário 4 células para $\approx 12V$.
- Alta densidade energética: ordem de 80 a 150Wh/kg (chumbo ácida na ordem de 44Wh/kg).
- Requer controle e sistema de segurança para:
 - Sobrecarga.
 - Descarga excessiva.
 - Curto circuito
 - Altas temperaturas
 - Tensões elevadas








Exemplo de bateria de Litio-Ion



- Total power: 3.3 kWh
- Usable energy: 2.9 kWh
- Voltage range DC (V): 42.0 ~ 58.8
- Nominal capacity: 63 Ah
- Max. Power (kW): 3.0
- Peak power (kW) (for 3 seconds): 3.3
- Dimensions (L x H x D, mm): 452 x 401 x 120
- Weight (kg): 31
- Housing protection: IP55
- Certificate Cell: UL1642
- Price: €2,349.00

Exemplo de bateria litio (Dyness)



DYNESS		RECHARGEABLE LI-ION BATTERY					
ENERGY STORAGE SYSTEM							
Type	<input type="checkbox"/> Powerbox F-2.5	<input type="checkbox"/> Powerbox F-5.0	<input type="checkbox"/> Powerbox F-7.5	<input type="checkbox"/> Powerbox F-10.0			
Nominal Energy	2.4kWh	4.8kWh	7.2kWh	9.6kWh			
Voltage Range	40.5V~54V	40.5V~54V	40.5V~54V	40.5V~54V			
Nominal Voltage	48V	48V	48V	48V			
Max.Charging Current	50A	100A	100A	100A			
Max.Discharging Current	50A	100A	100A	100A			
Ambient Temperature	-10°C~50°C	-10°C~50°C	-10°C~50°C	-10°C~50°C			
Protection Class	I	I	I	I			
IP Grade	IP65	IP65	IP65	IP65			
							
JIANGSU DAQIN NEW ENERGY TECH CO.,LTD. WWW. DYNESSE. CN		MADE IN CHINA		S/N PBFS-			

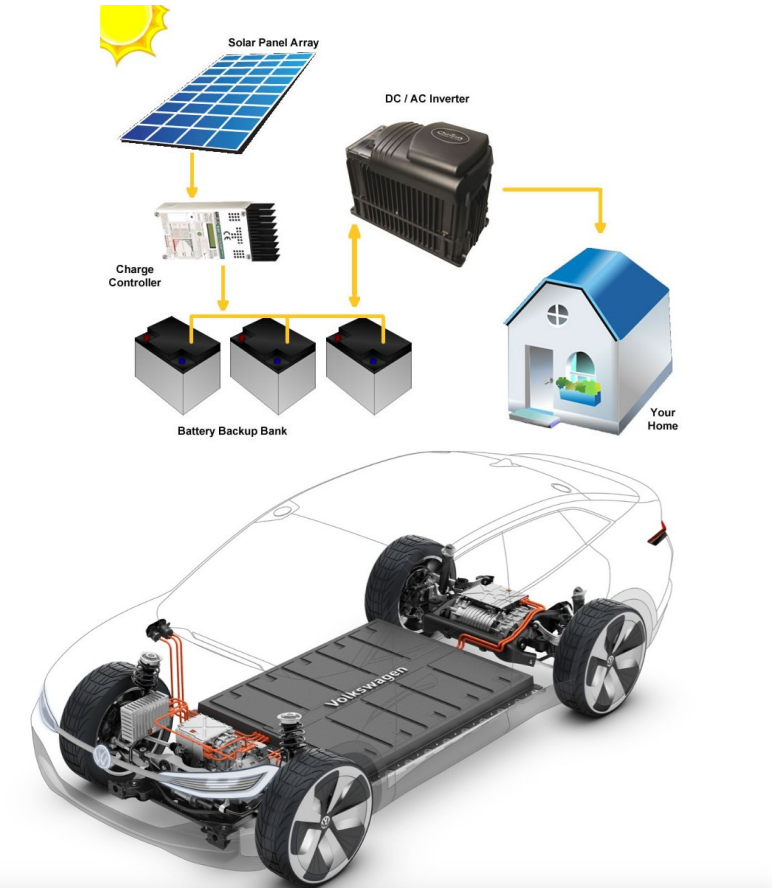
Fonte:

<https://download.aldo.com.br/pdfprodutos/Produto58239IdArquivo25960.pdf>

Destinação das baterias de Litio

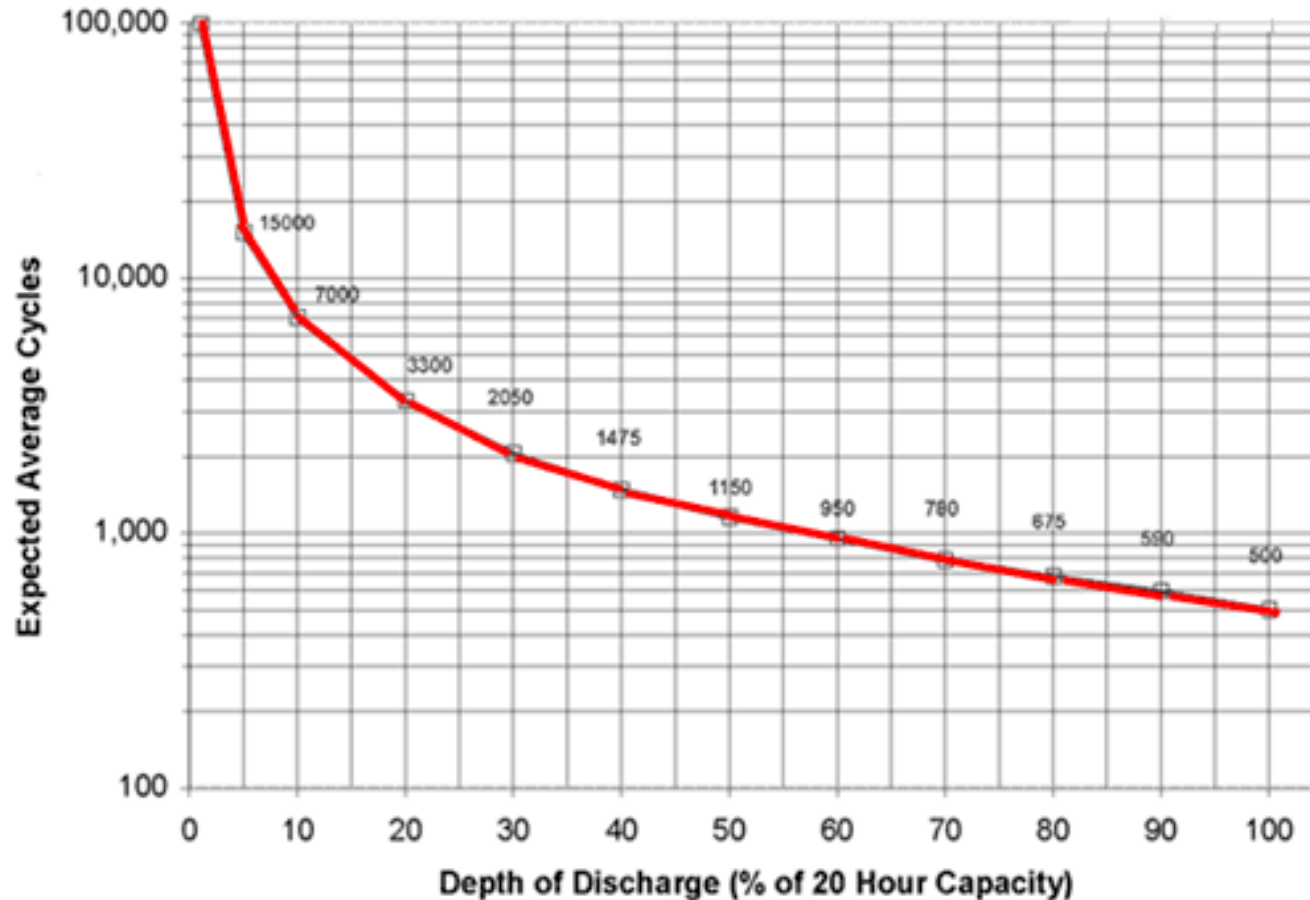
- Estudos avançados para a reciclagem das baterias de litio:
- Resíduos:
 - Solventes orgânicos → tóxicos e inflamáveis.
 - Sais de litio → LiPF_6 e LiClO_4 (em contato com o ar e em temperaturas elevadas formam gases tóxicos e podem explodir).
- Reciclagem: recuperação de solventes e os sais de lítio.

As baterias de veículos elétricos, após o seu ciclo de vida servirão para equipar os sistemas isolados ou híbridos



Características da bateria de Lítio

Depth of Discharge vs Cycle Life



- Na tabela ao lado, podemos verificar a quantidade de ciclos de baterias de lítio em função da profundidade de descarga (DoD).
- Quanto mais profunda é a descarga, menor a vida útil da bateria de lítio.
- Todas as baterias recarregáveis possuem esse mesmo comportamento.
- Fontes:
- <https://www.mpoweruk.com/life.htm>

Custo da Bateria Lítio

 > BATERIA SOLAR LITIO BYD (40919-7)



Código: 40919-7

BATERIA SOLAR LITIO BYD (40919-7)

B-BOX PRO 2,56KWH 48V LITIO ENERGIA SOLAR 6.000 CICLOS
SMART

R\$11.990,00

PREÇO SUGERIDO AO CONSUMIDOR FINAL

Múltiplo: 1 UNIDADE(S)

Origem: 3-NACIONAL, MERCADORIA OU BEM COM CONTEÚDO DE
IMPORTAÇÃO SUPERIOR A 40% E INFERIOR OU IGUAL A 70%

Link:

<https://www.aldo.com.br/produto/40919-7/bateria-solar-litio-byd-b-box-pro-256kwh-48v-litio-energia-solar-6000-ciclos-smart>

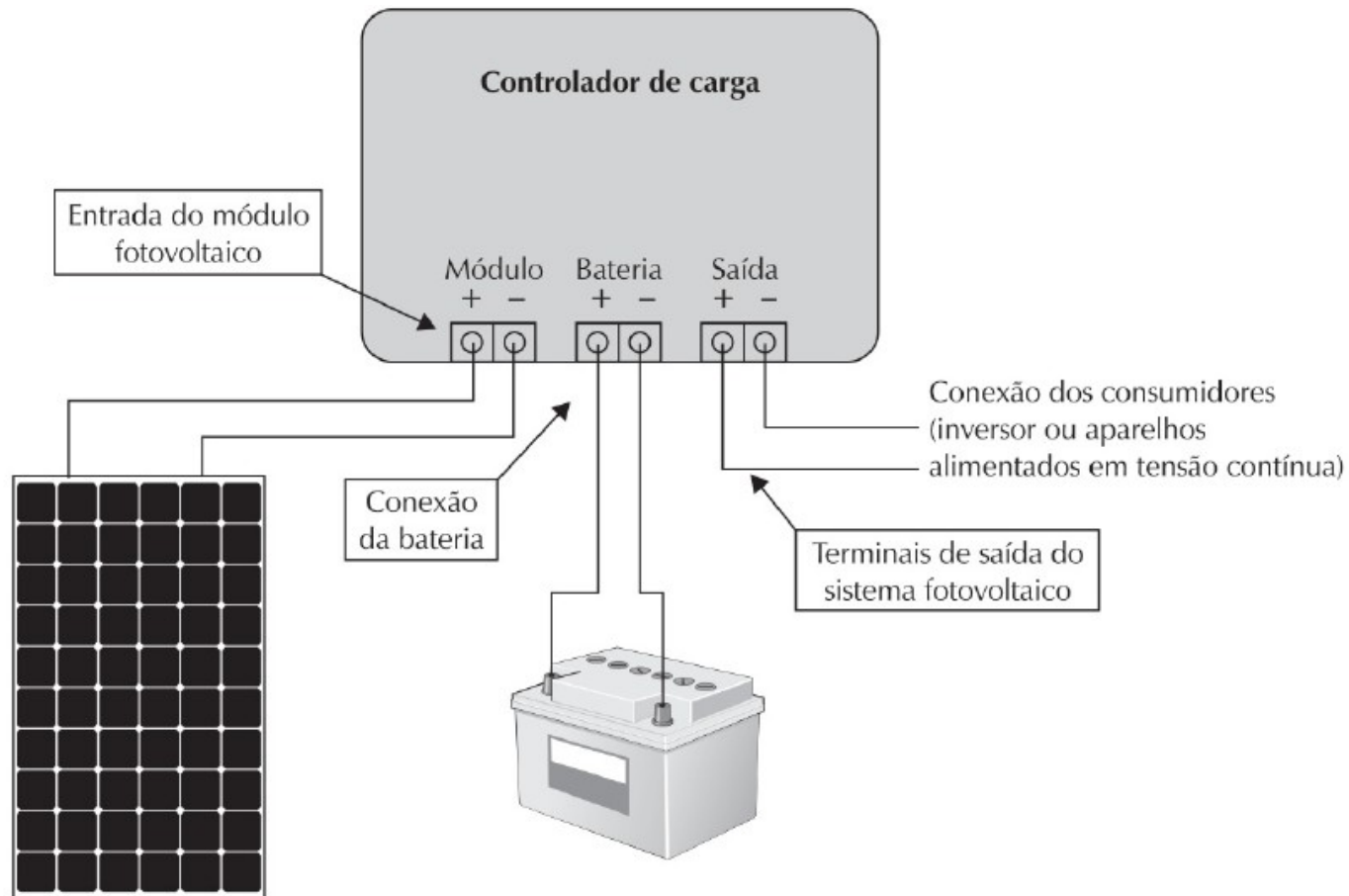
Controlador de Carga

Controlador de carga

- Controladores disponíveis para operarem em: 12V; 24V ou 48V
- 3 tipos de controle: On-Off, PWM e MPPT.



Diagrama de ligações do Controlador de Carga



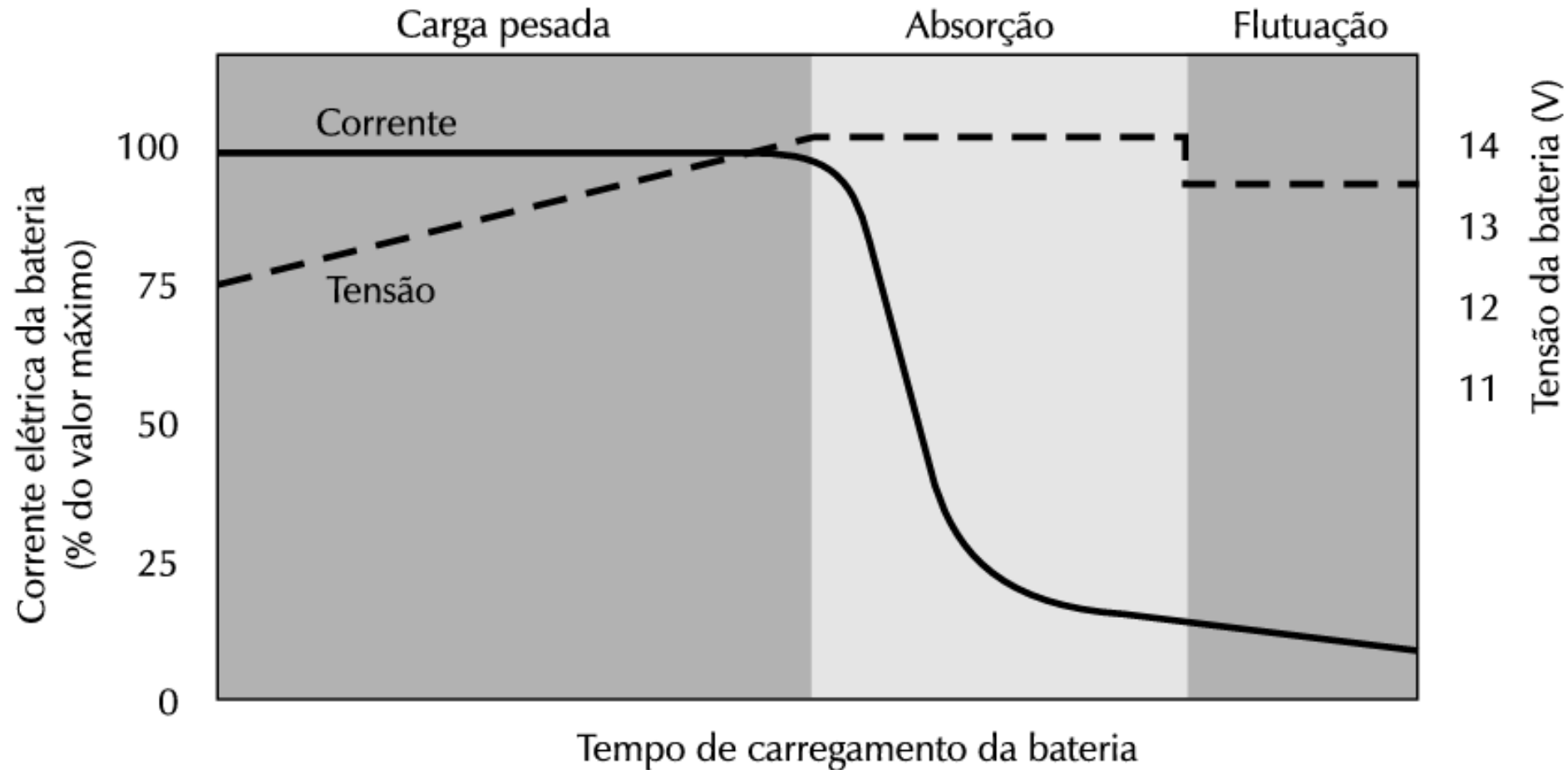
- O diagrama esquemático de ligações se aplica a quase todos os controladores de carga disponíveis no mercado.
- Por serem dispositivos que funcionam em corrente contínua, deve-se tomar cuidado para que não ocorra a inversão de polaridades.
- Em SFI (Sistemas Fotovoltaicos Isolados), é necessário instalar proteção (fusíveis ou disjuntores CC).

Funções do controlador de carga

- Gerenciamento da tensão e corrente fornecida pelo(s) módulos fotovoltaicos.
- Gerenciamento do carregamento do banco de baterias, incluindo as seguintes fases:
 - Estágio de carregamento pesado
 - Estágio de absorção
 - Estágio de flutuação
- Desligamento da carga quando é detectada que a bateria está com nível de carga abaixo de um valor especificado.
- Reconecta a carga quando o nível de carregamento da bateria atinge um determinado nível especificado.

Estado de carga	Tensão em Circuito Aberto
100% (plena carga)	12,72 V
90%	12,48 V
80%	12,42 V
70%	12,30 V
60%	12,18 V
50%	12,06 V
40%	11,88 V
30%	11,76 V
20%	11,58 V
10%	11,34 V
0% (descarga total)	10,50 V

Os estágios de carregamento da bateria (chumbo-ácido)



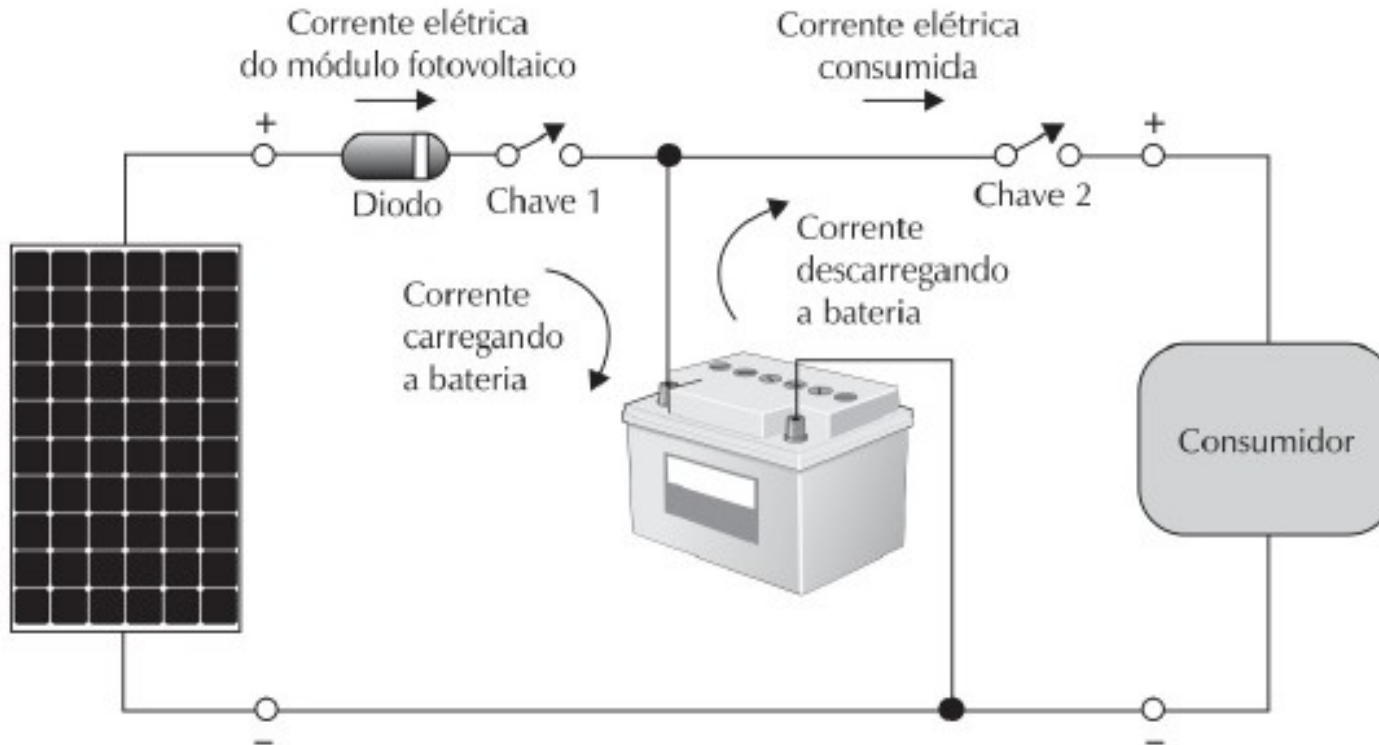
Tipos de Controladores de Carga

- Os controladores de carga são classificados de acordo com a tecnologia de controle que os mesmos utilizam.
- Os tipos disponíveis de controladores de carga são:
 - On-Off.
 - PWM (*Pulse Wide Modulation*).
 - MPPT (Maximum Power Point Tracker).

Controlador de carga tipo On-Off

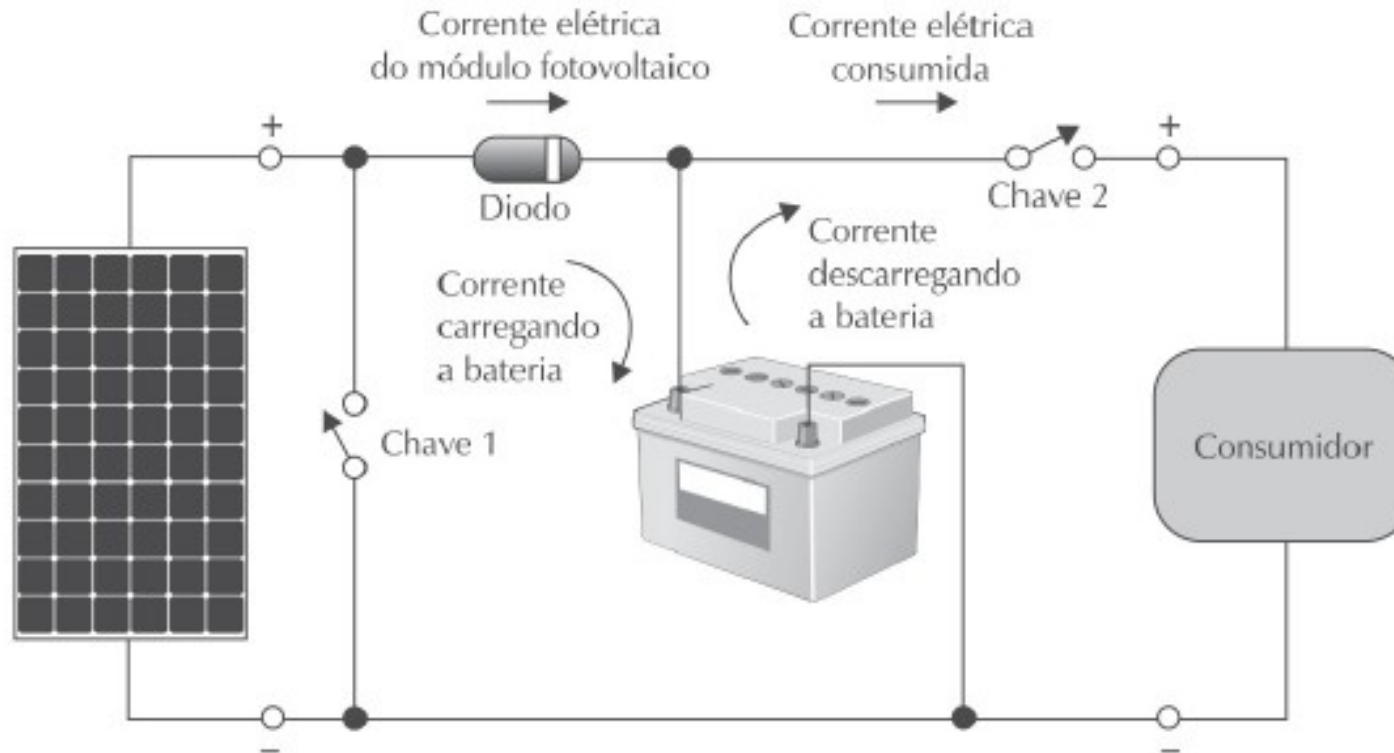
- São os dispositivos mais simples e de baixo custo que existem.
- Possuem basicamente duas funções:
 - Desconectar o módulo fotovoltaico quando a bateria estiver completamente carregada.
 - Desconectar a carga quando a bateria estiver descarregada (nível de 10%).
- Podem ser construídos em 2 tipos diferentes de circuito:
 - Série
 - Paralelo

Controlador de carga On-Off- **Série**



- Chave 1: liga/desliga o módulo fotovoltaico de acordo com o nível de carga da bateria.
- Chave 2 desliga o consumidor (carga) quando a bateria atingir um nível pré-programado de tensão da bateria.
- Lembrando:
 - Bateria chumbo-ácida completamente carregada: 12,72V (tensão de circuito aberto).
 - 0% de carga: 10,5V (tensão de circuito aberto).

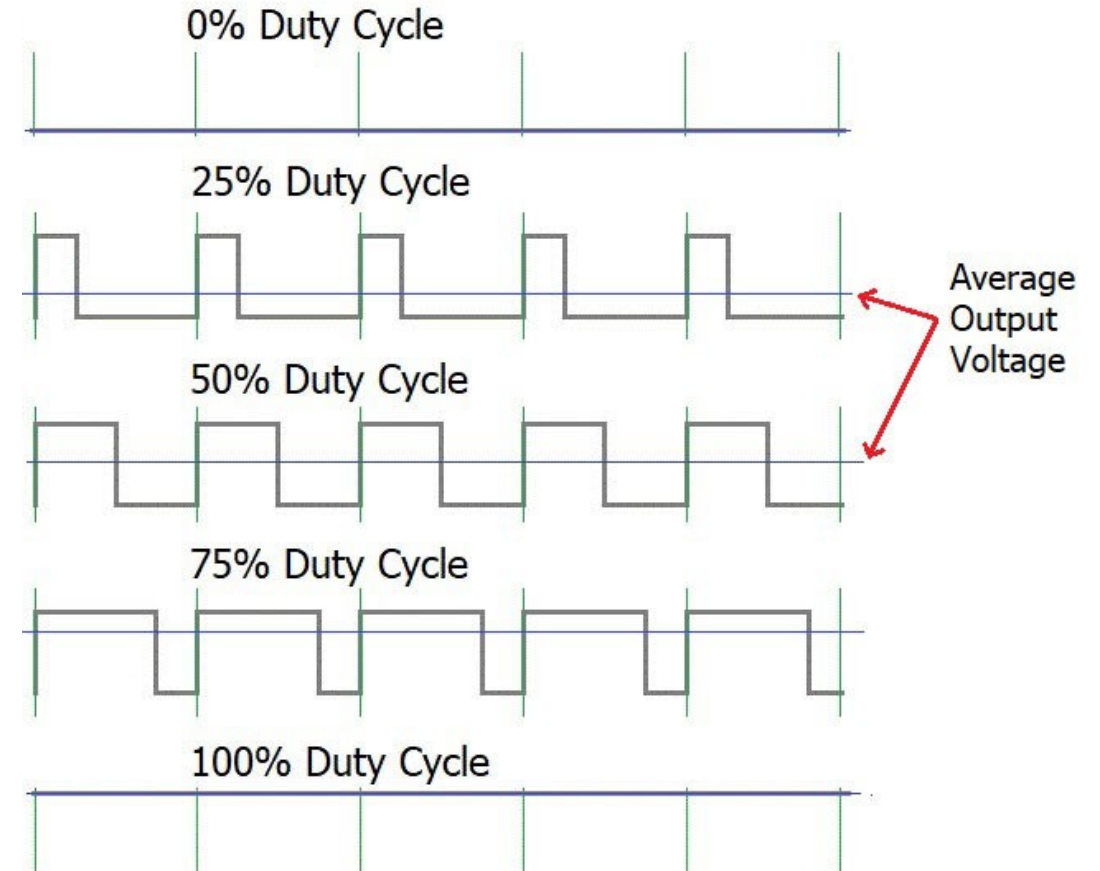
Controlador de carga On-Off- Paralelo



- Chave 1: curto circuita o módulo fotovoltaico.
- Chave 2 desliga o consumidor (carga) quando a bateria atingir um nível pré-programado de tensão da bateria.
- Diodo: a corrente circula em único sentido.
 - Impede que haja circulação de corrente da bateria para o módulo fotovoltaico.
 - Impede que ocorra curto circuito quando a chave 1 estiver fechada.

Controlador tipo PWM

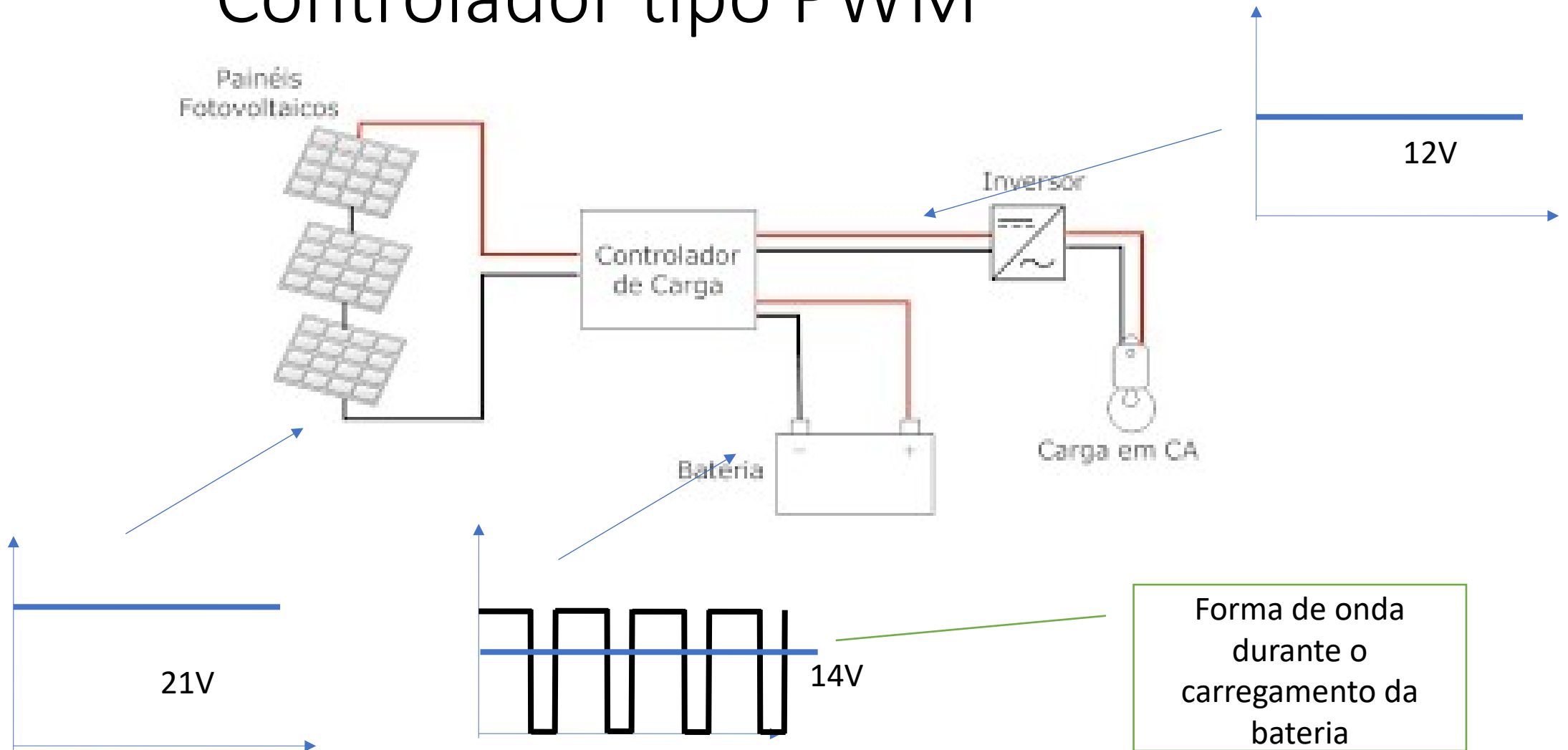
- PWM = Pulse Width Modulation
- São mais eficientes que os controladores tipo On-Off.
- O ciclo de carga, absorção e flutuação da bateria trabalham com as tensões especificadas para o melhor rendimento da bateria.
- Lembrando que no sistema On-Off, a tensão da bateria depende da tensão do módulo fotovoltaico.



Controlador tipo PWM

- Possuem sistema de controle, fazendo com que o processo de carregamento da bateria tenha os 3 estágios (carga pesada, absorção e flutuação).
- Dessa forma, a vida útil da bateria pode ser maximizada.
- Lembrete – vida útil da bateria depende de:
 - Temperatura do local de instalação e armazenamento.
 - Profundidade de descarga.
 - Respeitar as tensões aplicadas nos terminais durante a operação de carregamento.

Controlador tipo PWM



Exemplo de catálogo do Controlador PWM

7. Technical Specifications

Item	VS1024AU	VS2024AU	VS3024AU	VS3048AU	VS4524AU	VS4548AU	VS6024AU	VS6048AU
Nominal system voltage	12/24VDC Auto		12/24/36/48VDC Auto		12/24VDC Auto		12/24/36/48VDC Auto	
Battery input voltage range	9V~32V		9V~64V		9V~32V		9V~64V	
Rated charge/discharge current	10A@55℃	20A@55℃	30A@55℃		45A@55℃		60A@55℃	
Max. PV open circuit voltage	50V		96V		50V		96V	
Battery type	Sealed(Default) / Gel / Flooded /User							
Equalize Charging Voltage※	Sealed:14.6V/ Gel: No/ Flooded:14.8V/User:9-17V							
Boost Charging Voltage※	Sealed:14.4V/ Gel:14.2V/ Flooded:14.6V/User:9-17V							
Float Charging Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:13.8V/User:9-17V							
Low Voltage Reconnect Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:12.6V/User:9-17V							
Low Volt. Disconnect Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:11.1V/User:9-17V							
Self-consumption	≤9.2mA/12V; ≤11.7mA/24V; ≤14.5mA/36V; ≤17mA/48V							
Temperature compensation coefficient	-3mV/℃/2V (25℃)							
Charge circuit voltage drop	≤0.29V							
Discharge circuit voltage drop	≤0.16V							
LCD temperature range	-20℃~+70℃							
Working environment temperature	-25℃~+55℃(Product can work continuously at full load)							
Relative humidity	≤95%, N.C.							
Enclosure	IP30							
Grounding	Common Positive							
USB output	5VDC/2.4A(Total)							
Overall dimension	142x85x41.5mm	160x94.9x49.3mm	181x100.9x59.8mm		194x118.4x63.8mm		214x128.7x72.2mm	
Mounting dimension	130x60mm	148x70mm	172x80mm		185x90mm		205x100mm	
Mounting hole size	Φ4.5mm		Φ5mm		Φ5mm		Φ5mm	
Terminals	4mm ² /12AWG	10mm ² /8AWG	16mm ² /6AWG		16mm ² /6AWG		25mm ² /4AWG	
Net weight	0.22kg	0.35kg	0.55kg	0.58kg	0.76kg	0.88kg	1.02kg	1.04kg

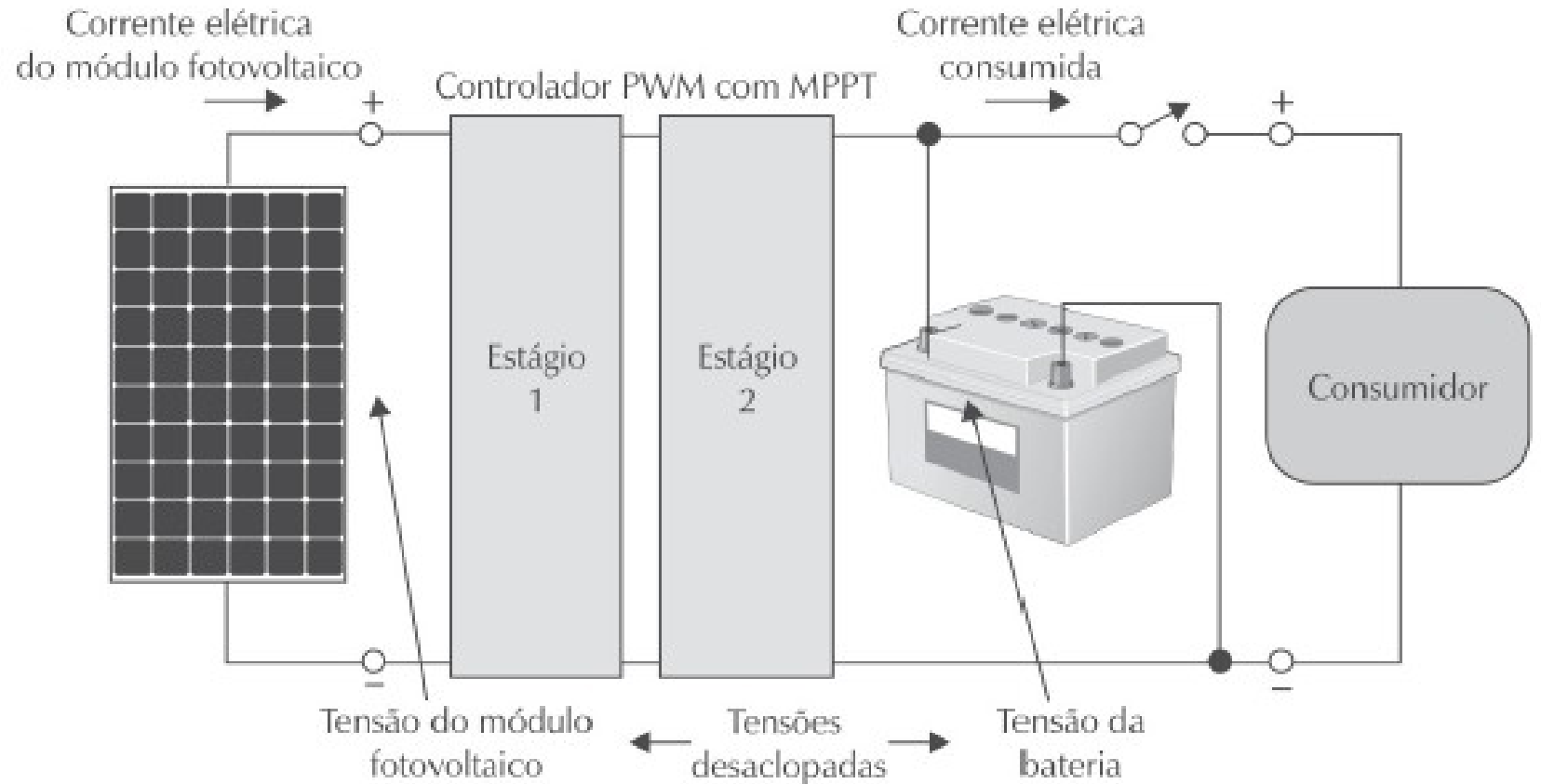
※Above the parameters are in 12V system at 25℃, twice in 24Vsystem, triple in 36V system and quadruple in 48V system.

Controlador tipo MPPT

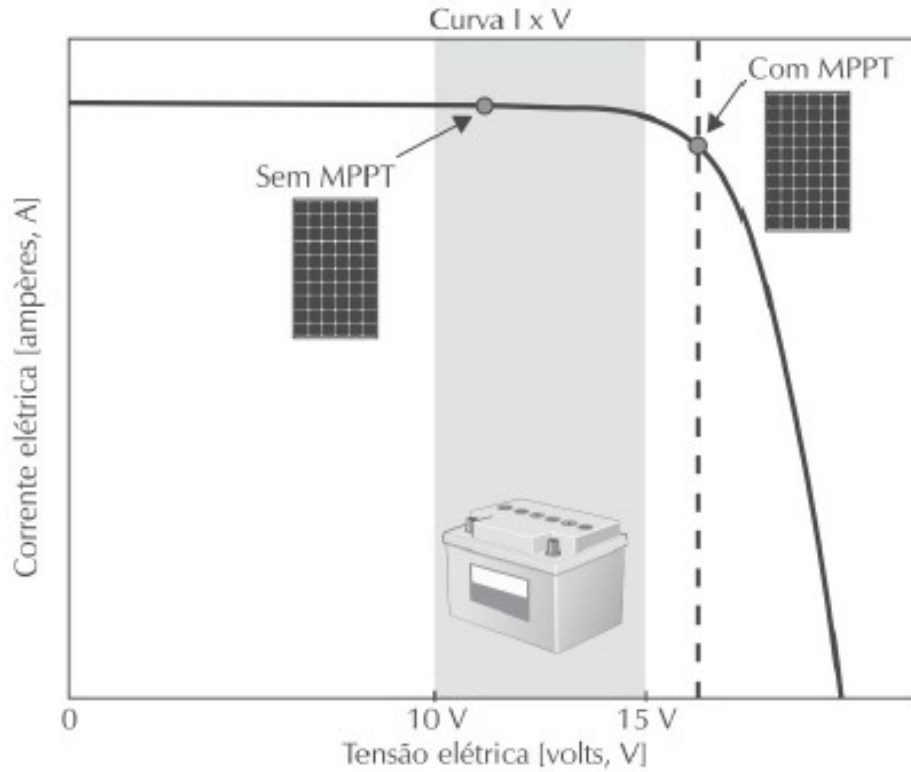
- MPPT: *Maximum Power Point Tracker* (Rastreador do ponto de máxima potência)
- Controladores de carga com buscador de ponto máximo de potência são atualmente os controladores de melhor eficiência.
- A função de MPPT pode produzir ganhos em potência de até 35% comparados com controladores convencionais.
- São os controladores mais caros.

Controlador tipo MPPT

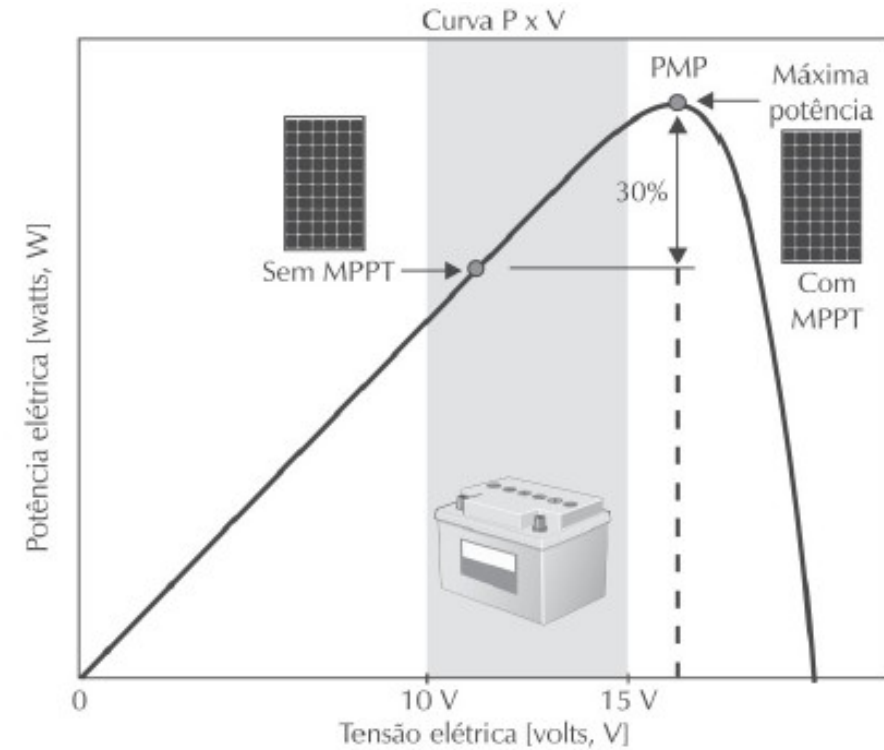
- Diagrama esquemático
- Estágio 1: Controla tensão do módulo fotovoltaico para operar na sua máxima potência.
- Estágio 2: PWM para fornecer à bateria as tensões de carga, absorção e flutuação.



Modo de operação MPPT vs PWM



Curva I-V do módulo



Curva de Potência do módulo

Controlador MPPT

- Em geral, o controlador MPPT permite ganhos da ordem de 30% em produção de energia.
- Embora sejam mais caros, necessita-se de aproximadamente 30% menos potência instalada em módulos fotovoltaicos para fornecimento de energia.

Exemplo de especificação controlador MPPT



Product models

TRIRON1206N TRIRON2206N
 TRIRON1210N TRIRON2210N
 TRIRON3210N TRIRON4210N
 TRIRON2215N TRIRON3215N
 TRIRON4215N

Electrical parameters	TRIRON 1206N	TRIRON 2206N	TRIRON 1210N	TRIRON 2210/15N	TRIRON 3210/15N	TRIRON 4210/15N
Nominal system voltage	12/24VDC auto work					
Rated charge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A
Rated discharge current	10A	20A	10A	20A	30A	40A
Battery input voltage range	8~32V					
Max. PV open circuit voltage	TRIRON**06N : 60Vat Min operating environment temp; 46Vat 25°C environment temp TRIRON**10N : 100Vat Min operating environment temp; 92Vat 25°C environment temp TRIRON**15N : 150Vat Min operating environment temp; 138Vat 25°C environment temp					
MPP voltage range	(Vbat+2V)~36V		TRIRON**10N : (Vbat+2V)~72V TRIRON**15N : (Vbat+2V)~92V			
Max.PV input power	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	130W/12V 260W/24V	260W/12V 520W/24V	390W/12V 780W/24V	520W/12V 1040W/24V
Battery type	Sealed / Gel / Flooded;LiFePO4 / Li-NiCoMn / User					
◆ Lead-acid batteries	Equalize charging voltage	Sealed: 14.6V, Flooded: 14.8V, User-defined: 9~17V				
	Boost charging voltage	Gel: 14.2V, Sealed: 14.4V, Flooded: 14.6V, User-defined: 9~17V				
	Float charging voltage	Gel /Sealed /Flooded: 13.8V, User-defined: 9~17V				
	Low voltage reconnect voltage	Gel /Sealed /Flooded: 12.6V, User-defined: 9~17V				
	Low voltage disconnect voltage	Gel /Sealed /Flooded: 11.1V, User-defined: 9~17V				
◆ Li-battery	Boost charging voltage	LiFePO4:14.4V; Li-NiCoMn: 12.4V; User:9-17V				
	Float charging voltage	LiFePO4: 13.6V; Li-NiCoMn: 11.8V; User:9-17V				
	Low voltage reconnect voltage	LiFePO4:12.4V; Li-NiCoMn: 10.40V; User:9-17V				
	Low voltage disconnect voltage	LiFePO4:11.0V; Li-NiCoMn: 9.20V; User:9-17V				

Exemplo de especificação
controlador MPPT

Demais características

Discharge circuit pressure drop	≤0.18V
Temp. compensation	-3mV/°C/2V (Lithium battery has no Temp. compensation)
Grounding	Common negative
RS485 communication interface	5VDC/100mA
USB interface	5VDC/2.2A(total)
Relay interface	30VDC/1A
LCD backlight time	60s(default)

Environment parameters


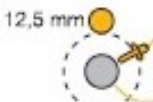
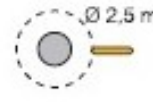
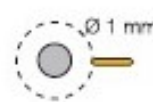


Working environment temperature	-25°C~+55°C (with LCD) -30°C~+55°C (without LCD)
Storage temperature range	-30°C~+70°C
Humidity range	≤95%,(N.C)
Enclosure	IP30







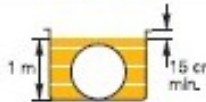
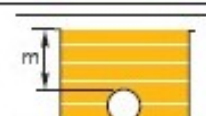
Mechanical parameters

Model	TRIRON1206N TRIRON1210N	TRIRON2206N TRIRON2210/15N	TRIRON3210N TRIRON3215N	TRIRON4210N TRIRON4215N
Dimension	135×180.8×47.3mm	150×216×56.7mm	158×238.3×62.7mm	183×256.8×66.7mm
Terminals	12AWG(4mm ²)	6AWG(16mm ²)	6AWG(16mm ²)	6AWG(16mm ²)
Net weight	0.56kg	0.92kg	1.35kg	2.06kg

O que é IP?

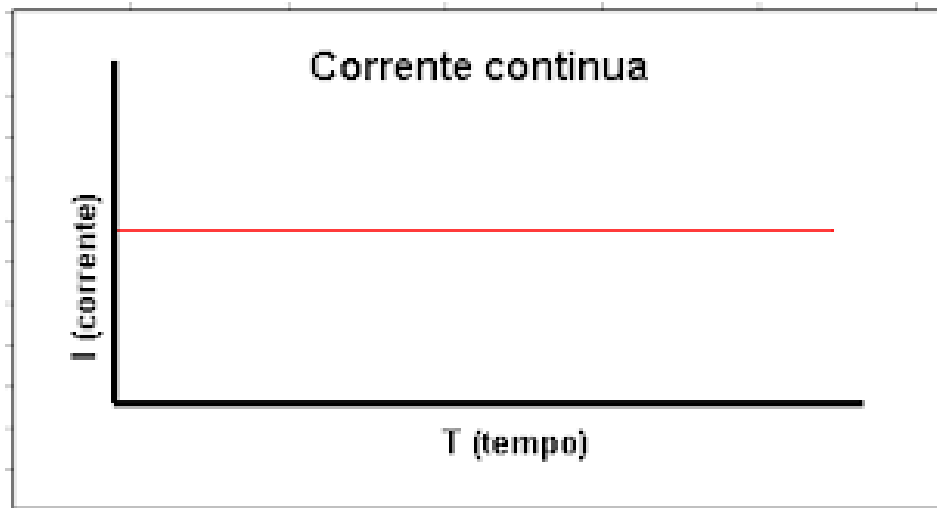
- Grau de proteção
- De acordo com a norma NBR IEC 60529.
- Define a proteção que um dispositivo tem contra objetos sólidos e líquidos.
- Exemplo: IP-30 (proteção contra corpos sólidos superiores a 2,5mm e não tem proteção contra líquidos).

1º algarismo proteção contra penetração de corpos sólidos		
IP	Testes	
0		Sem proteção
1		Corpos sólidos superiores a 50 mm (ex.: contatos involuntários da mão)
2		Corpos sólidos superiores a 12,5 mm (ex.: dedos da mão)
3		Corpos sólidos superiores a 2,5 mm (ex.: chave de fenda, fios)
4		Corpos sólidos superiores a 1 mm (ex.: ferramentas finas, pequenos fios)
5		Poeira e areia (sem depósito prejudicial)
6		Totalmente protegido contra poeira

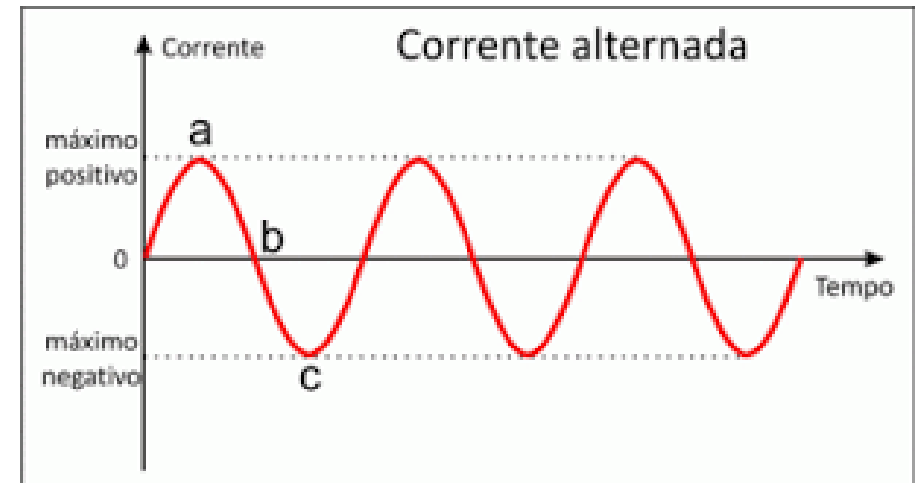
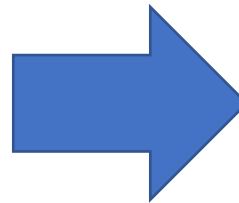
2º algarismo proteção contra penetração de líquidos		
IP	Testes	
0		Sem proteção
1		Quedas de gotas de água (condensação)
2		Quedas de água de até 15° de inclinação
3		Chuva de até 60° de inclinação
4		Projeção de água de qualquer direção
5		Jato de água de qualquer direção (ex.: mangueira de bombeiro)
6		Projeção de água semelhante a vaga do mar
7		Imersão
8		Imersão prolongada sob pressão

Inversor de frequência para SFI

Função do inversor

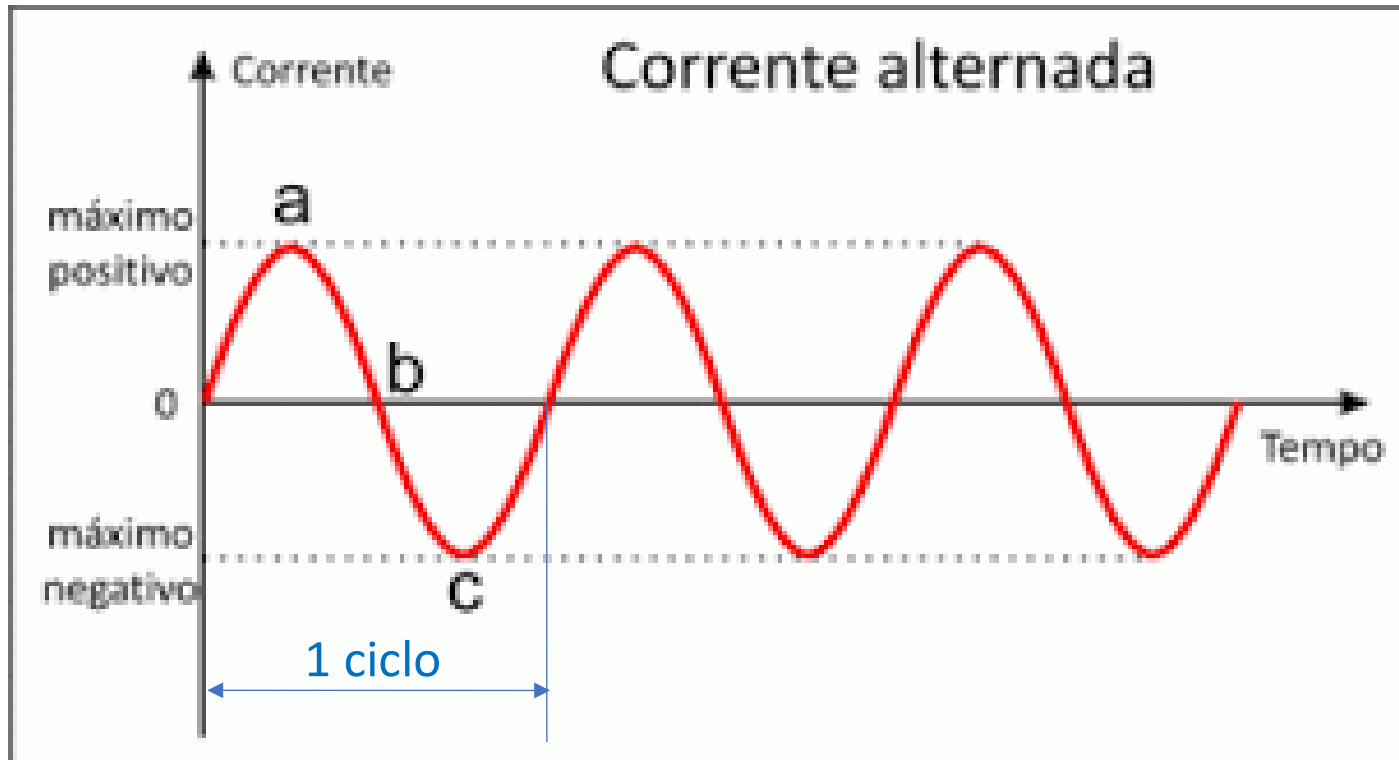


Forma da tensão e corrente obtida nos módulos fotovoltaicos e banco de baterias.



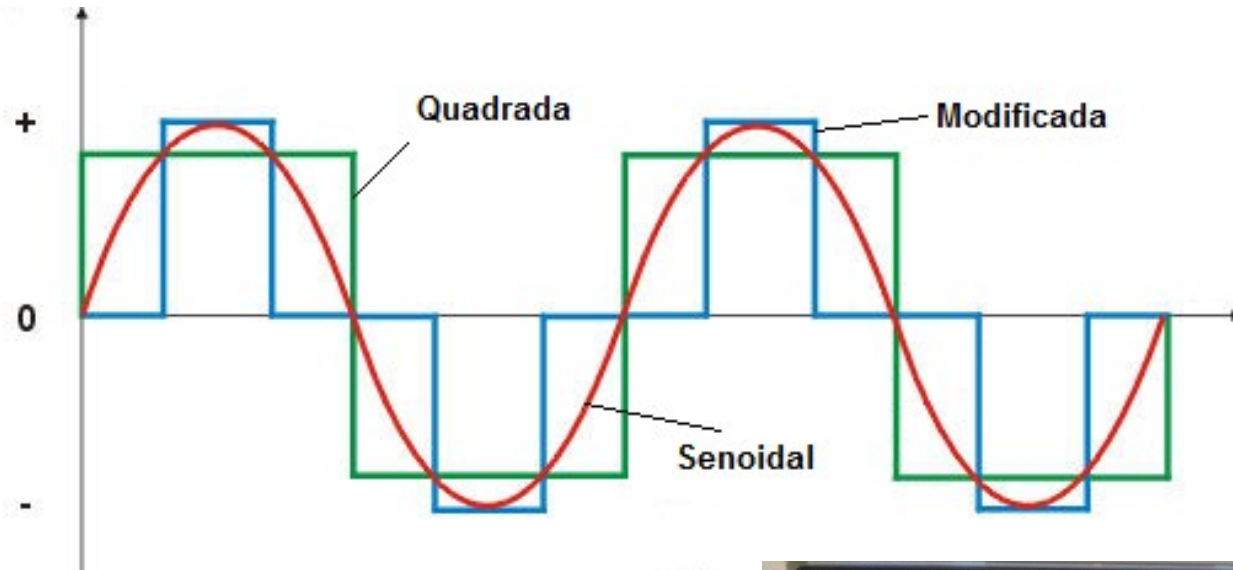
Forma da tensão e corrente obtida na saída do inversor.

Aspectos da corrente alternada

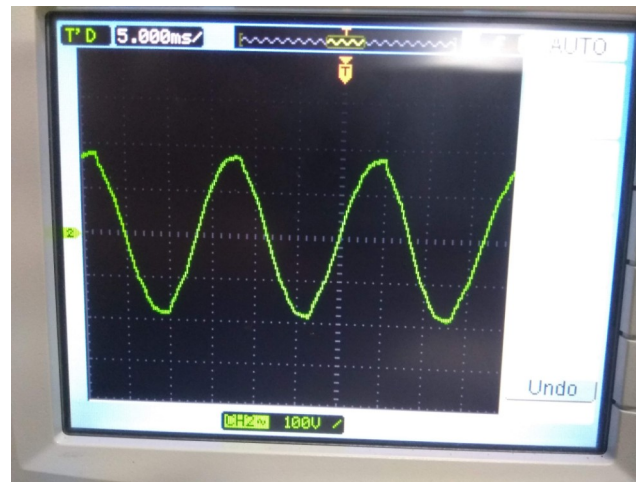
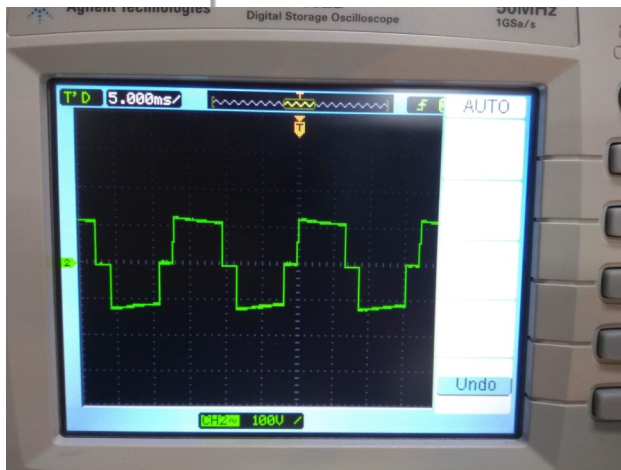


- No Brasil, corrente alternada tem frequência de 60Hz.
- Isso quer dizer que em 1 segundo, temos 60 ciclos da corrente (ou tensão).
- Essa frequência é a utilizada na maioria dos eletrodomésticos.
- A tensão de alimentação dos equipamentos domésticos no Brasil é de 127V ou 220V com frequência de 60Hz

Tipos de ondas fornecidas por sistemas eletrônicos



- Na figura ao lado temos 3 tipos de ondas:
 - **Onda senoidal pura** (obtida pelos geradores elétricos e inversores específicos).
 - **Onda quadrada.**
 - **Onda senoidal modificada** (obtida por alguns tipos de inversores) de baixo custo.



Características técnicas a considerar nos inversores

- Forma de onda de saída: senoidal ou senoidal modificada.
- Potência nominal: é a potência que o inversor pode fornecer em condições normais de operação.
- Potência Máxima: é a potência que o inversor pode fornecer em condições de sobrecargas momentâneas – principalmente quando o mesmo alimenta motores elétricos (ventiladores, bombas, aspiradores, etc).
- Tensão de entrada CC – é a tensão gerenciada pelo controlador de carga (banco de baterias e do arranjo fotovoltaico).
- Tensão de saída CA – é a tensão de alimentação das cargas em corrente alternada.
- Frequência de saída – é a frequência da corrente e tensão elétrica, podendo ser de 50Hz ou 60Hz.

Especificações técnicas de inversor (senoidal pura)



Model	IP350-11	IP500-11	IP350-21	IP500-21	IP350-12	IP500-12	IP350-22	IP500-22
Electrical parameters								
Input Rated Voltage	12VDC		24VDC		12VDC		24VDC	
Input Voltage Range	10.8 ~ 16VDC		21.6 ~ 32VDC		10.8 ~ 16VDC		21.6 ~ 32VDC	
Input surge voltage	< 32VDC		< 44VDC		< 32VDC		< 44VDC	
Fuses	32VDC/50A	2*32VDC/35A	32VDC/30A	2*32VDC/25A	32VDC/50A	2*32VDC/35A	32VDC/30A	2*32VDC/25A
No-load consumption	< 0.7A	< 0.9A	< 0.5A	< 0.5A	< 0.7A	< 0.9A	< 0.5A	< 0.5A
Output Voltage	110VAC(±5%)/120VAC(-10% ~ +5%)				220VAC(±5%)/230VAC(-10% ~ +5%)			
Output Continuous Power	280W	400W	280W	400W	280W	400W	280W	400W
Output Power 15 min.	350W	500W	350W	500W	350W	500W	350W	500W
Load power factor	0.2-1 (VA lower than Output Continuous Power)				0.2-1 (VA lower than Output Continuous Power)			
Max. surge power	750W	1000W	750W	1000W	750W	1000W	750W	1000W
Output Wave	Pure sine wave							
Output Frequency	50/60±0.1 Hz							
Distortion THD	THD≤5% (resistive load)							
Peak Efficiency	91% 90%(IP350-11)				92% 91%(IP350-12)			
Max. USB Output	5VDC/1A							

Especificações técnicas de inversor (**onda senoidal modificada**)



Modelo	300	800	1000	1500	2000	3000
Tensão do banco de baterias	12Vdc					
Faixa de tensão de entrada das baterias	10,5Vdc - 15,0 Vdc					
Potência Nominal	300W	800W	1000W	1500W	2000W	3000W
Potencia de Surto	600W	1600W	2000W	3000W	4000W	6000W
Tensão de Saída	127V ou 220V					
Faixa de tensão de saída	117Vac - 133Vac ou 202Vac - 231Vac					
Corrente máxima de entrada	31 A	83 A	104 A	156 A	208 A	295 A
Corrente máxima de saída - 127V	2,36 A	6,29 A	7,87 A	11,81 A	15,74 A	23,62 A
Corrente máxima de saída - 220V	1,36 A	3,36 A	4,54 A	6,81 A	9,09 A	13,63 A
Bitola condutor DC- até 0,5 m - 127V	4 mm ²	25 mm ²	35 mm ²	50 mm ²	70 mm ²	150 mm ²
Bitola condutor DC - até 0,5 m - 220V	2,5 mm ²	16 mm ²	35 mm ²	50 mm ²	70 mm ²	150 mm ²
Frequência de saída	60Hz ± 2					
Formato de onda	Modificada					
Eficiência do Inversor	86%	85%	86%	85%	86%	85%
Entrada USB	5V/2A					
Dimensões (mm)	152x111x61	202x153x61	242x153x61	293x224x81	310x224x81	338x265x117
Peso (kg)	0,52	1,02	1,41	2,38	2,67	5,03

Dimensionamento de sistemas Off- Grid

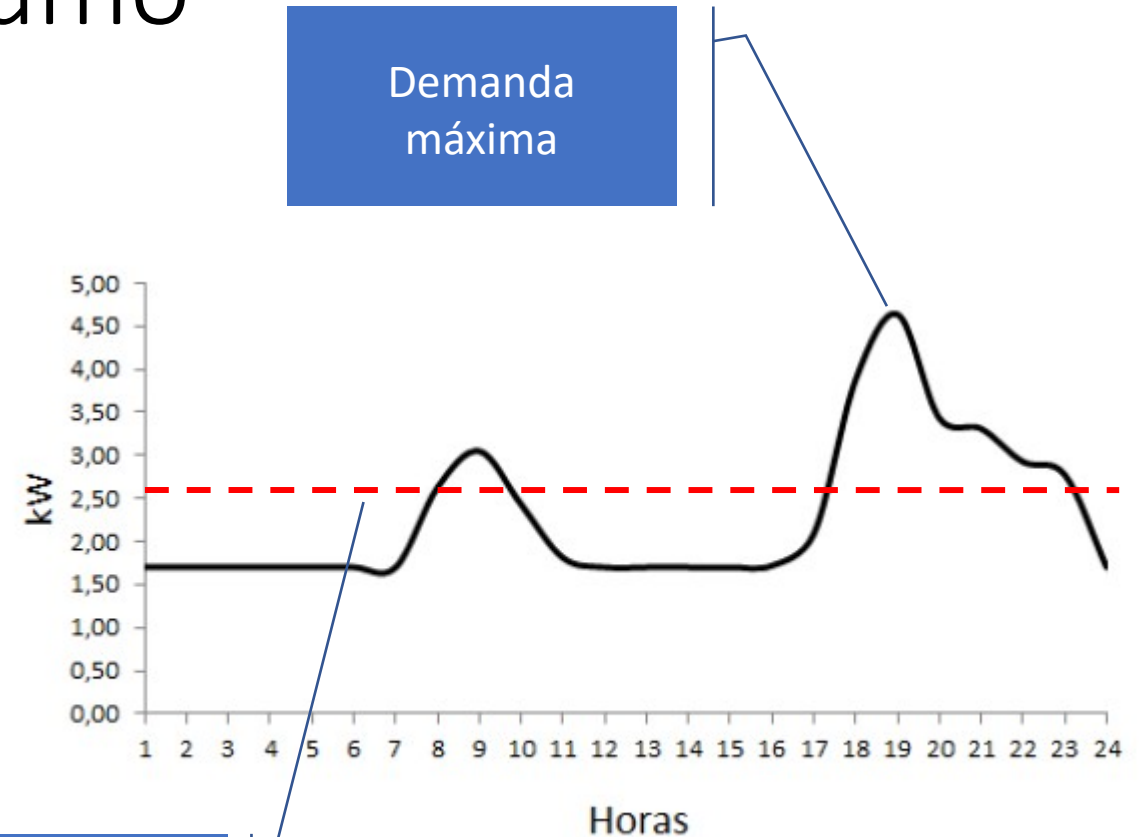
Dados do Projeto a ser executado

- Local: IFSP-Guarulhos (Av. Salgado Filho, 3501) – valor de irradiância no local de 4,3 kWh/m².dia.
- O sistema deverá ser capaz de alimentar uma carga de 300W que fica ligada diariamente pelo tempo de 8h (período das 22 às 6h).
- Módulos serão instalados na mesma inclinação que a latitude geográfica do local. (**Azimute=0°**)
- Dimensionar:
 - Módulos fotovoltaicos (36 células).
 - Controlador de carga (PWM) alimentado em 12V.
 - Banco de Baterias (estacionária de chumbo-ácida) considerando Pd = 50%.
 - Inversor onda modificada com tensão de entrada de 12V.

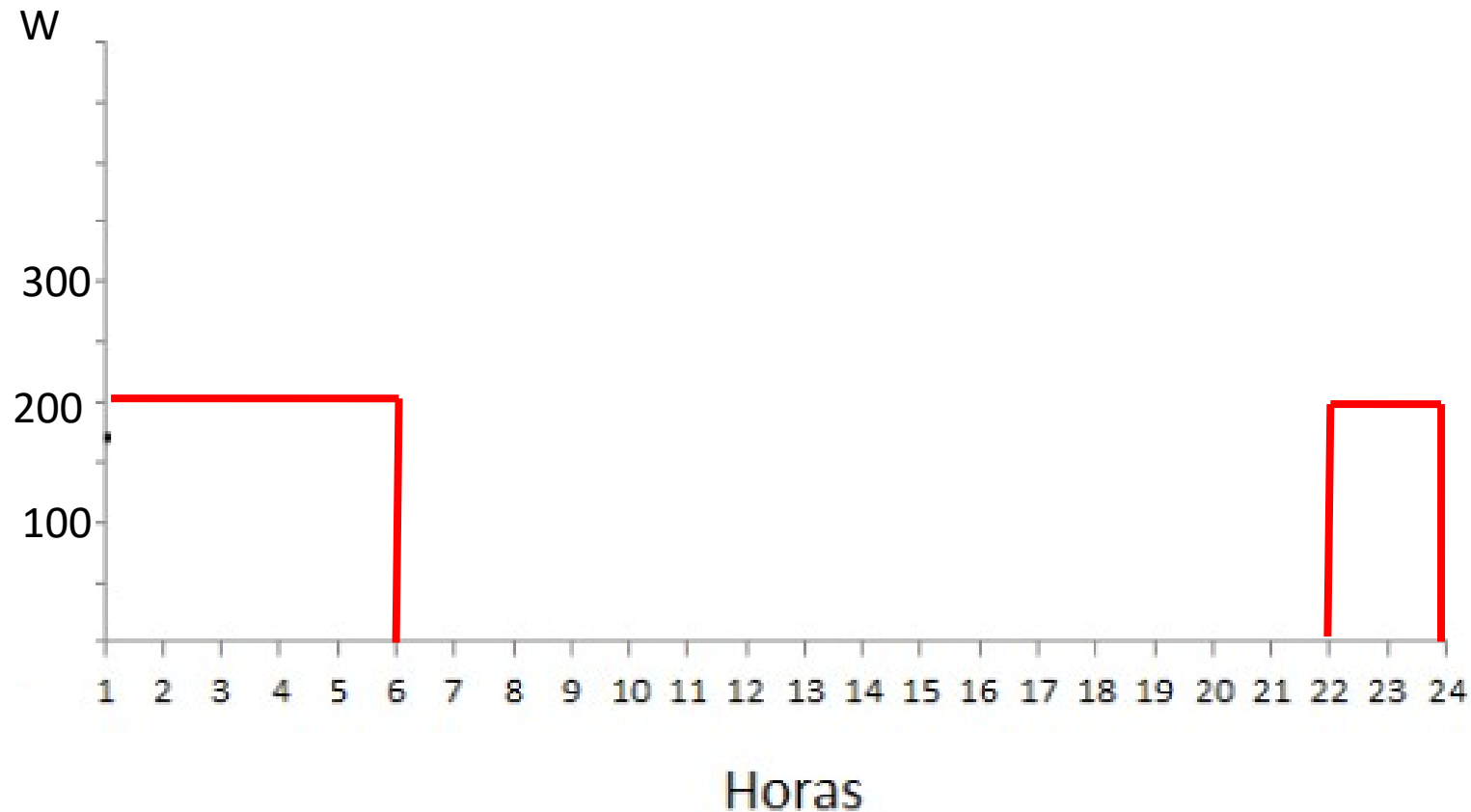
Estudo da demanda e consumo

Demanda e consumo

- Demanda: é a potência (em kW) consumida numa instalação em um determinado momento.
- Demanda máxima: é o máximo valor de demanda observado em uma instalação (**serve para dimensionar o inversor**).
- Curva de demanda: é a curva onde pode-se verificar as potências consumidas ao longo de um período.
- Consumo: é a potência integralizada (em kWh) em um determinado período de tempo, podendo esse tempo ser dado em dias, semanas ou meses (**dimensiona a bateria**).



Demanda e consumo



A curva de demanda abaixo mostra o consumo da carga de 200W, no período das 22 às 6h.

- Essa carga será alimentada em CA.
- Nesse exemplo, não temos carga alimentada em CC

Sendo L_{CA} a energia consumida pela carga no período sendo alimentada por tensão alternada:

$$L_{CA} = P \times \Delta t$$

$$L_{CA} = 200 \times 8 = 1600 \text{ Wh}$$

Cálculo: Energia consumida no dia

$$L = \left(\frac{L_{CC}}{\eta_{bat}} \right) + \left(\frac{L_{CA}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{Inv}} \right)$$

Sendo:

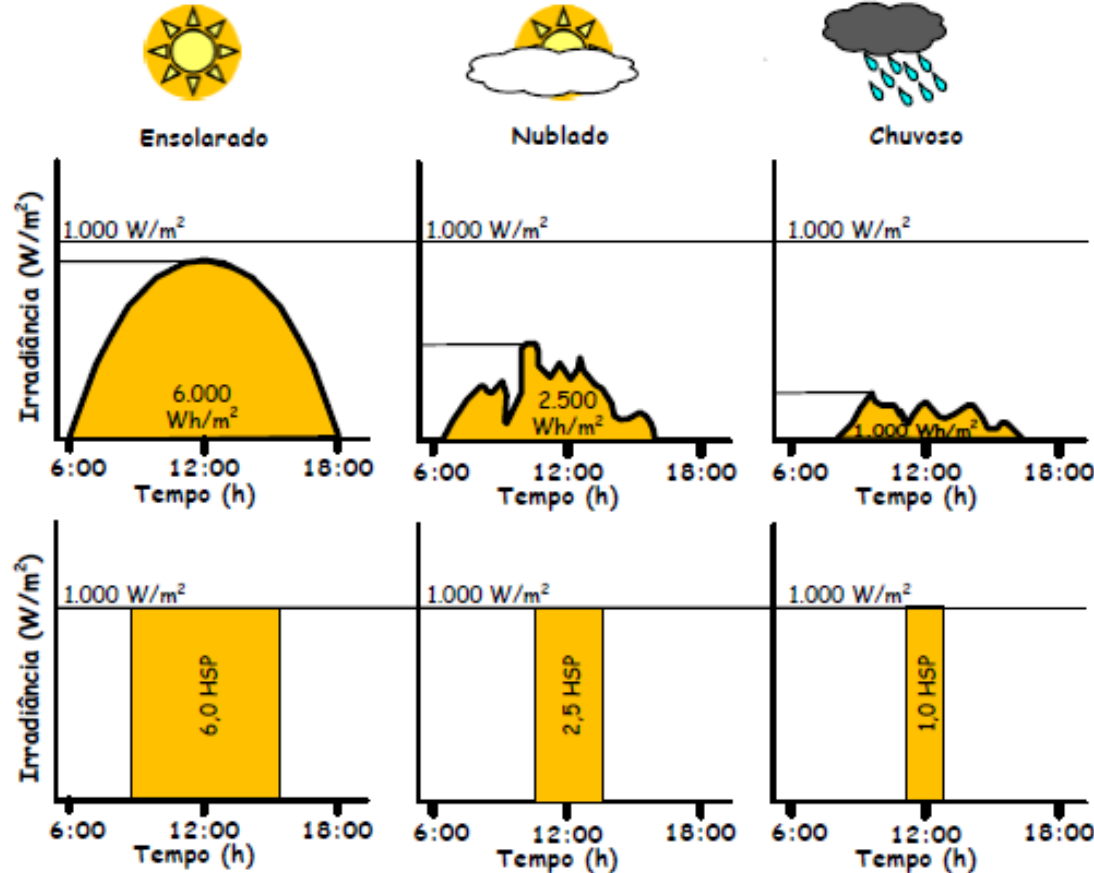
- L = Energia total (corrigida) consumida no período de 1 dia [Wh].
- L_{CC} = quantidade de energia consumida diariamente em CC [Wh].
- L_{CA} = quantidade de energia consumida diariamente em CA [Wh].
- η_{bat} = rendimento da bateria (base 0,86).
- η_{Inv} = rendimento do inversor (base 0,85).

Resolução para o exemplo dado

$$L = \left(\frac{0}{0,86} \right) + \left(\frac{1600}{0,86 \times 0,85} \right)$$

$$L = 2188,8 \text{ Wh}$$

HSP: Horas de Sol Pleno



- A irradiação solar obtida em uma região pode ser definida em termos de HSP (horas de sol pleno).
- A utilização da irradiação em HSP facilita o cálculo da potência necessária em termos de módulos fotovoltaicos.

Cálculo: Potência do Arranjo Fotovoltaico

$$P_M = \frac{L}{HSP \times R1 \times R2}$$

$$HSP = \frac{H}{1 \text{ kWh/m}^2}$$

Sendo:

- P_M = Potência do Arranjo Fotovoltaico (a ser instalado).
- L = Energia total (corrigida) consumida no período de 1 dia [Wh].
Resultado do slide 15.
- R1 = Fator de redução devido a sujeira, degradação e perdas por temperatura (valor = 0,75 para silício).
- R2 – Fator devido perdas na fiação, diodos, controlador (valor = 0,9).
- HSP = Horas de Sol Pleno para o mês em que a radiação solar é mínima.
- H = Irradiação solar em kWh/m².dia

Resolução para o exemplo dado

$$HSP = \frac{4,3 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{dia}}}{1 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}} = 4,3 \text{ h/dia}$$

$$P_M = \frac{L}{HSP \times R1 \times R2}$$

$$P_M = \frac{2188}{4,3 \times 0,75 \times 0,90} = 754 \text{ W}$$

Cálculo: Quantidade de módulos (36 células)

Tomando como base Modelo Komaes 36 cel 150W

$$N_{MS} = \frac{1,2 \times V_{sist}}{V_{MP}}$$

Sendo:

- N_{MS} = quantidade de módulos fotovoltaicos em série.
- V_{sist} = Tensão do sistema (é a tensão de alimentação da carga em corrente contínua e/ou tensão de entrada do inversor de frequência).
- V_{MP} = Tensão de máxima potência do módulo fotovoltaico.

Electrical Characteristics						
Model Number		KM(P)130	KM(P)135	KM(P)140	KM(P)145	KM(P)150
Maximum Power as per STC	Pmax(W)	130	135	140	145	150
Power Tolerance	%	0/+5%				
Maximum Power Voltage	Vm(V)	17.96	18.14	18.36	18.15	18.28
Maximum Power Current	Im(A)	7.26	7.45	7.65	7.99	8.21
Open Circuit Voltage	Voc(V)	21.6	21.74	21.96	21.72	21.9
Short Circuit Current	Isc(A)	7.83	8.04	8.17	8.69	8.93
Maximum System Voltage	VDC	1000				
Cell Efficiency	%	14.8	15.4	16.0	16.6	17.1
Module Efficiency	%	12.9	13.4	13.9	14.4	14.9
Cells per Module	Pcs	36 (4×9)				
Cell Type		Polycrystalline silicon				
Cell Size	mm	156×156				

Resolução para o exemplo dado

$$N_{MS} = \frac{1,2 \times V_{sist}}{V_{MP}} = ?$$

$$N_{MS} = \frac{1,2 \times 12}{18,28} = 0,78 \text{ módulos}$$

Arredondando, $N_{MS} = 1 \text{ módulo em série}$

Cálculo: quantidade de módulos (ou arranjos) em paralelo

$$I_M = \frac{P_M}{V_{sist}}$$

$$N_{MP} = \frac{I_M}{I_{MP}}$$

Sendo:

- I_M = Corrente do sistema de geração
- P_M = Potência do arranjo fotovoltaico (conforme cálculo no slide).
- V_{sist} = tensão do sistema (podendo ser 12V, 24V ou 48V).
- N_{MP} = Número de módulos ou arranjos em paralelo.
- I_{MP} = Corrente no ponto de máxima potência do módulo selecionado.

Resolução para o exemplo dado

$$I_M = \frac{P_M}{V_{sist}} = \frac{754}{12} = 62,8 \text{ A}$$

Cálculo para módulos Komaes – 150W, 36 células.

$$N_{MP} = \frac{I_M}{I_{MP}} = \frac{62,8}{8,21} = 7,6 \text{ Módulos}$$

Arredondando o resultado:

$$N_{MP} = 8 \text{ Módulos em paralelo}$$

Dimensionamento do banco de baterias

Cálculo: dimensionamento do banco de baterias

$$L = \left(\frac{L_{CC}}{\eta_{bat}} \right) + \left(\frac{L_{CA}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{Inv}} \right)$$

$$CB_{C20} = \frac{L \times N_d}{P_d}$$

$$CBI_{C20} = \frac{CB_{C20}}{V_{sist}}$$

$$N_{bat\ serie} = \frac{V_{sist}}{V_{bat}}$$

$$N_{bat\ paralelo} = \frac{CBI_{C20}}{CBI_{bat}}$$

$$Total\ Baterias = N_{bat\ serie} \times N_{bat\ paralelo}$$

Onde:

- L = Energia consumida no período de 1 dia [Wh] **(vide slide 15 para maiores detalhes).**
- CB_{C20} = capacidade necessária da bateria (ou banco de baterias) em [Wh] no regime de descarga C20.
- N_d = número de dias de autonomia do sistema.
- P_d = profundidade de descarga.
- CBI_{C20} = capacidade da bateria em [Ah] no regime de descarga C20 (procurar no catálogo de baterias).
- V_{sist} = Tensão do sistema.
- $N_{bat\ paralelo}$ = número de baterias em paralelo.
- CBI_{bat} = Capacidade da bateria em regime C20.
- $N_{bat\ serie}$ = número de baterias em série.
- V_{bat} = tensão da bateria (12V).

Cálculo: dimensionamento do banco de baterias

$$L = \left(\frac{L_{CC}}{\eta_{bat}} \right) + \left(\frac{L_{CA}}{\eta_{bat} \cdot \eta_{Inv}} \right) = \left(\frac{0}{0,86} \right) + \left(\frac{1600}{0,86 \times 0,85} \right) = 2163,33 \text{ Wh}$$

$$CB_{C20} = \frac{L \times N_d}{P_d} = \frac{2165 \times 2}{0,50} = 8660 \text{ Wh}$$

$$CBI_{C20} = \frac{CB_{C20}}{V_{sist}} = \frac{2860}{24} = 360 \text{ Ah}$$

$$N_{bat\text{paralelo}} = \frac{CBI_{C20}}{CBI_{bat}} = \frac{360}{150} = 2,4 = 3 \text{ baterias paralelo}$$

$$N_{bat\text{serie}} = \frac{V_{sist}}{V_{bat}} = \frac{24}{12} = 2 \text{ baterias}$$

OBS:

Cálculos efetuados considerando:
 Nd = 2 dias de autonomia do sistema.

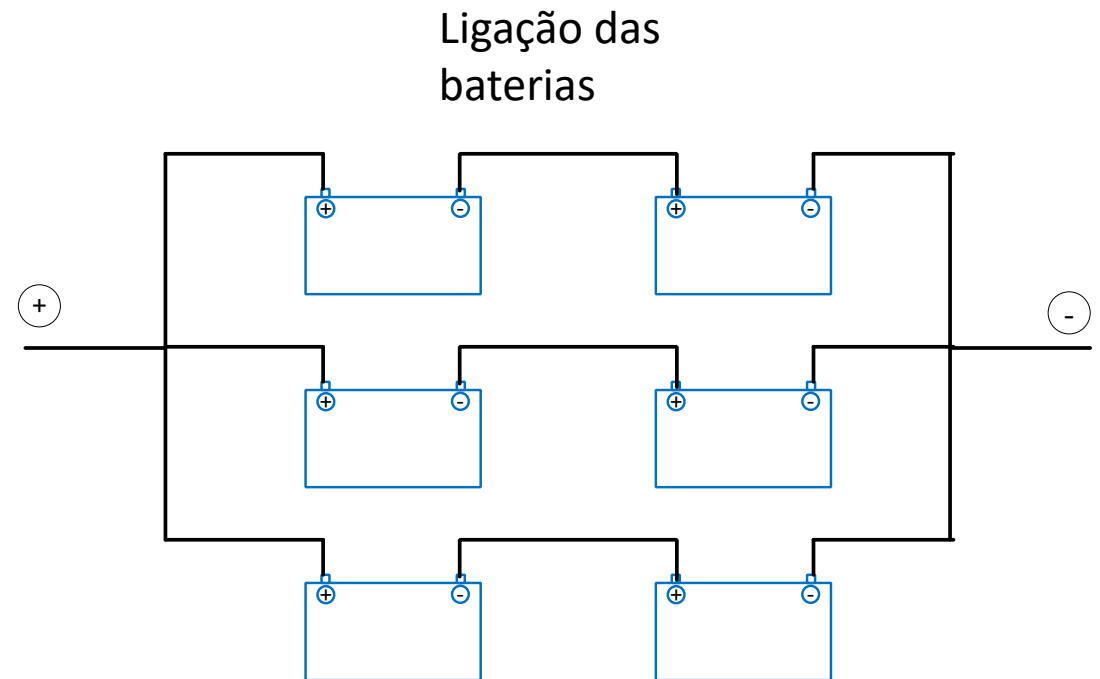
Pd = profundidade de descarga das baterias de 50% (0,50).

Bateria utilizada: DF2500 -> CBI_{bat} = 150Ah.

Principais Características Elétricas										
MODELOS		DF300	DF500	DF700	DF1000	DF1500	DF2000	DF2500	DF3000	DF4001
Capacidade a 25 °C (Ah)	10 h	24	30	41	54	76	94	130	156	200
	20 h	26	36	45	60	80	105	150	170	220
	100 h	30	40	50	70	93	115	165	185	240
Dimensões (mm)	Comprimento	175	175	210	244	330	330	511	511	525
	Largura	175	175	175	175	172	172	213	213	275
	Altura	175	175	175	175	240	240	230	230	250
Peso (kg)		8,8	9,7	12,5	14,7	23,9	27,1	44,6	48,3	60,3
Torque	Mínimo	9 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m	13,6 N.m	13,6 N.m	9 N.m	9 N.m	9 N.m
	Máximo	11 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m	20,3 N.m	20,3 N.m	11 N.m	11 N.m	11 N.m
Tensão de Flutuação							de 13,2 a 13,8 V a 25 °C			
Tensão de carga / equalização							de 14,4 a 15,5 V a 25 °C			
Compensação de Temperatura							para cada 1°C acima de 25 °C, subtrair 0,033 V para cada 1°C abaixo de 25 °C, adicionar 0,033 V			

Resultado: Quantidade de Baterias

- Modelo Freedom DF-2500



Dimensionamento do controlador de carga

Cálculo: dimensionamento do Controlador de Carga – Utilizando módulos Komaes

Onde:

$$I_c = 1,25 \times N_{MP} \times I_{sc}$$

$$I_c = 1,25 \times 5 \times 8,93 = 55,8 \text{ A}$$

- I_c = corrente nominal do controlador de carga.
- N_{MP} = número de módulos (ou arranjos) em paralelo.
- I_{sc} = corrente de curto circuito do módulo ou arranjo.
- I_{sc} : veja catálogo no slide 77, marcado em azul.

Cálculo: dimensionamento do Controlador de Carga – Utilizando módulos Canadian

Onde:

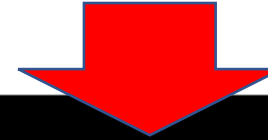
- I_c = corrente nominal do controlador de carga.
- N_{MP} = número de módulos (ou arranjos) em paralelo.
- I_{SC} = corrente de curto circuito do módulo ou arranjo.
- I_{sc} : veja catálogo no slide 19, marcado em azul.

$$IC = 1,25 \times N_{MP} \times I_{sc}$$

$$I_c = 1,25 \times 4 \times 9,45 = 47,25$$

Controlador de carga especificado

Controlador selecionado para os 2 tipos de módulos fotovoltaicos.



7. Technical Specifications

Item	VS1024AU	VS2024AU	VS3024AU	VS3048AU	VS4524AU	VS4548AU	VS6024AU	VS6048AU
Nominal system voltage	12/24VDC Auto			12/24/36/48VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24/36/48VDC Auto	12/24VDC Auto	12/24/36/48VDC Auto
Battery input voltage range	9V~32V			9V~64V	9V~32V	9V~64V	9V~32V	9V~64V
Rated charge/discharge current	10A@55°C	20A@55°C	30A@55°C		45A@55°C		60A@55°C	
Max. PV open circuit voltage	50V			96V	50V	96V	50V	96V
Battery type	Sealed(Default) / Gel / Flooded /User							
Equalize Charging Voltage※	Sealed:14.6V/ Gel: No/ Flooded:14.8V/User:9-17V							
Boost Charging Voltage※	Sealed:14.4V/ Gel:14.2V/ Flooded:14.6V/User:9-17V							
Float Charging Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:13.8V/User:9-17V							
Low Voltage Reconnect Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:12.6V/User:9-17V							
Low Volt. Disconnect Voltage※	Sealed/Gel/Flooded:11.1V/User:9-17V							
Self-consumption	≤9.2mA/12V; ≤11.7mA/24V; ≤14.5mA/36V; ≤17mA/48V							
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V (25°C)							
Charge circuit voltage drop	≤0.29V							
Discharge circuit voltage drop	≤0.16V							

Na próxima aula veremos como especificar controlador de carga MPPT.

- Marca: Epever
- Modelo: VS6024AU
- Pode ser utilizado com ambas as configurações de módulos.

Dimensionamento Inversor

Dimensionamento

- O dimensionamento do inversor deve atender às seguintes condições:
 - Potência ser maior que a maior demanda da curva de carga (20% maior).
 - Tensão de entrada ser compatível com a tensão do banco de baterias e do controlador de cargas.
 - Tensão de saída ser compatível com a tensão de alimentação das cargas.
 - Tipo da forma de onda ser compatível com as cargas a serem alimentadas.
- Potência:
 - Até 5kW → inversor monofásico.
 - Acima de 5kW → inversor trifásico.

Dimensionando para o exemplo

- Tensão de entrada: 24V
- Tensão de saída: 110V
- Máxima demanda: 400W (considerando a curva de carga).
- Potência nominal:
 $P_n = 1,2 \times 400 = 480W$
- Fabricante do inversor: UNITRON



Inversor Onda Modificada com USB 400W

- * Tomada saída: 1 padrão 3P
- * Saída USB: 1 de 5Vdc 500ma
- * 12V Consumo hora: 60 Ah
- * 24V Consumo hora: 30 Ah
- * Potência: 400W
- * Cabo incluso

45089	400W 12VDC/127V
48449	400W 12VDC/220V
48454	400W 24VDC/127V
49045	400W 24VDC/220V

2 modelos disponíveis no catálogo do fabricante. Devemos selecionar o de 800W.

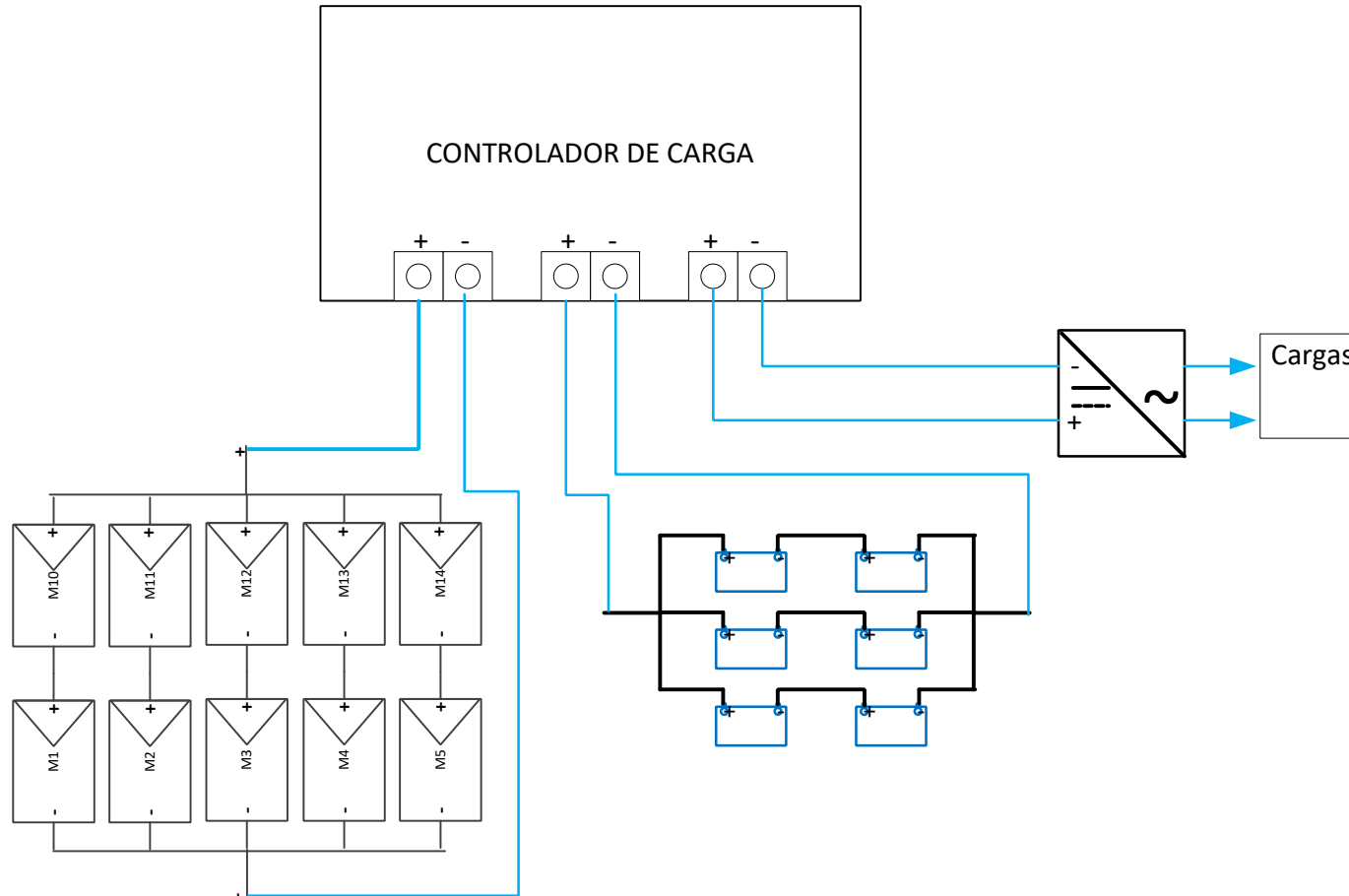


Inversor Onda Modificada com USB 800W

- * Tomada saída: 2 padrão 3P
- * Saída USB: 1 de 5Vdc 500ma
- * 12V Consumo hora: 120 Ah
- * 24V Consumo hora: 60 Ah
- * Potência: 800W
- * Cabo incluso

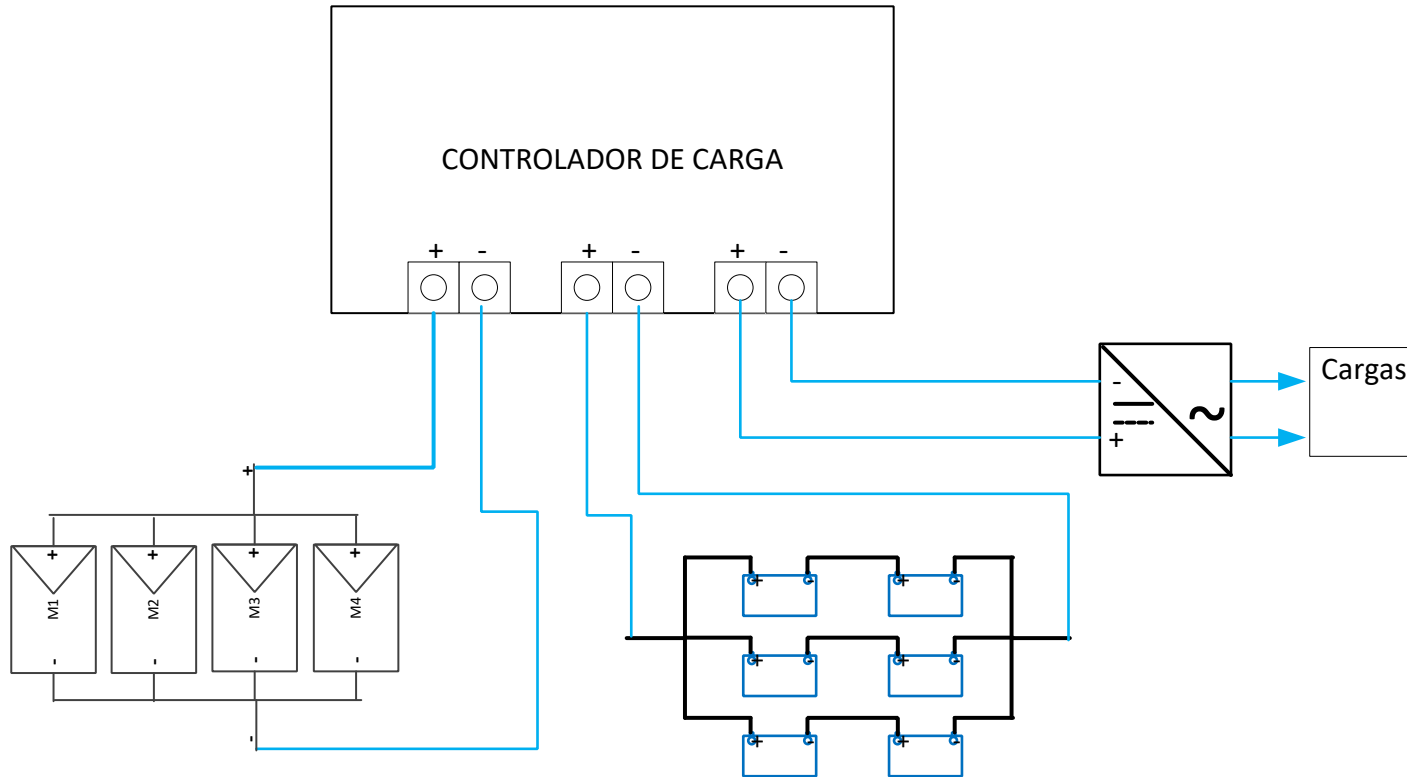
45090	800W 12VDC/127V
48451	800W 12VDC/220V
48455	800W 24VDC/127V

Diagrama esquemático do projeto executado (módulos Komaes 150W, 36cel).



- 1 controlador de carga Marca Epever, modelo: VS6024AU.
- 10 módulos fotovoltaicos 36 células, marca Komaes, potência 150Wp.
- 6 baterias marca Freedom, modelo DF2500, 150Ah (C20).
- Inversor onda modificada, marca Kayonik, modelo 48455, entrada 24Vcc, saída 127Vca, 800W.

Diagrama esquemático do projeto executado (módulos **Canadian** 150W, 36cel).



- 1 controlador de carga
Marca Epever, modelo:
VS6024AU.
- 4 módulos fotovoltaicos 60
células, marca Canadian,
potência 275Wp.
- 6 baterias marca Freedom,
modelo DF2500, 150Ah
(C20).
- Inversor onda modificada,
marca Kayonik, modelo
48455, entrada 24Vcc,
saída 127Vca, 800W.