

Dimensionamento de sistemas solares

Dimensionamento de Sistema Solar Autônomo (Off-Grid)

A complexidade ou não do dimensionamento de um sistema autônomo "OFF-GRID" dependerá da aplicação:

- Tensão de trabalho e número de fases;
- Quantidade de pontos de consumo;
- Período de funcionamento das cargas de consumo.

Caso sua aplicação requeira várias tensões e características diferentes, recomendamos que a análise seja feita por pessoa especializada com experiência na implantação de sistemas fotovoltaicos.

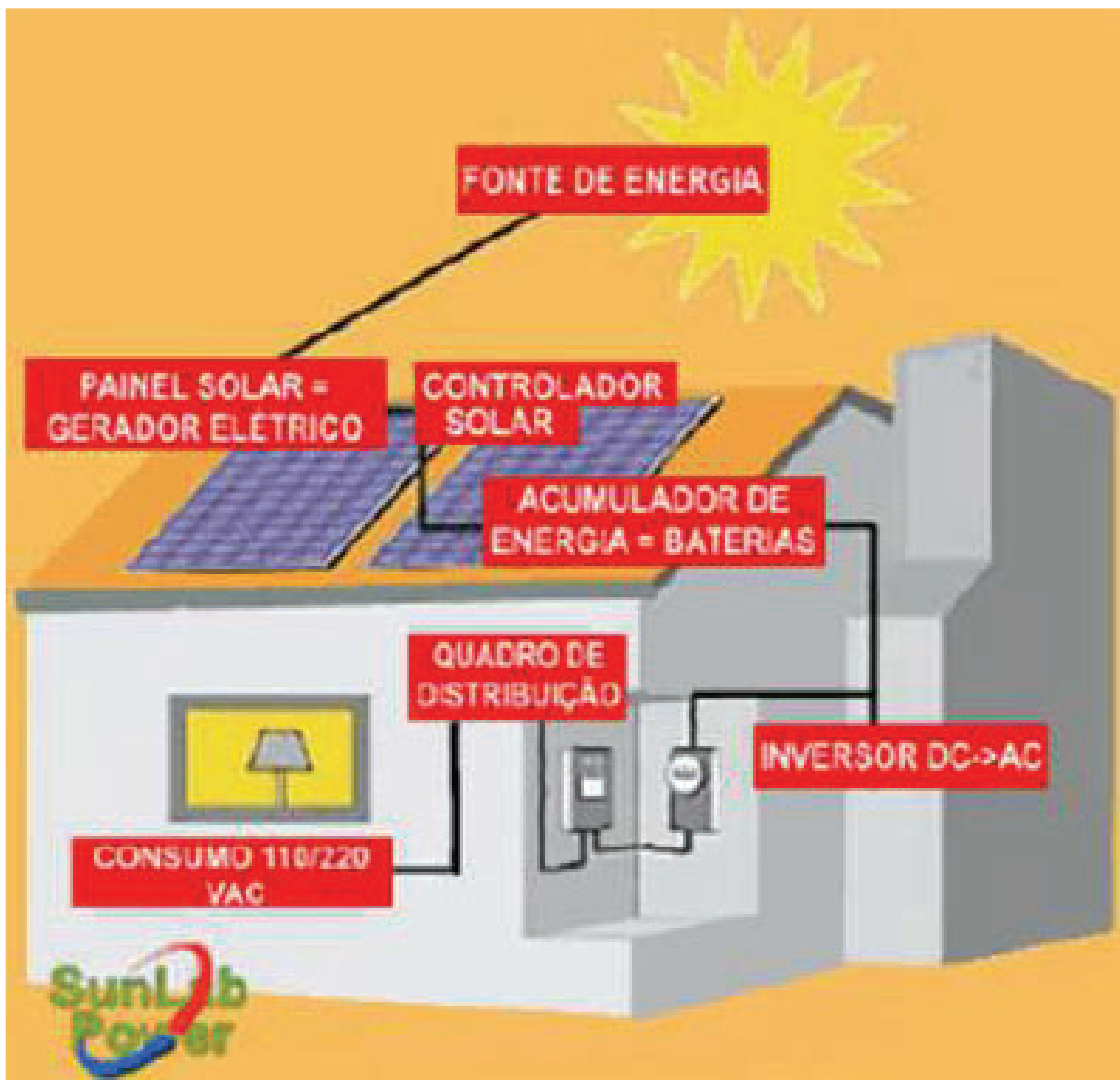
Para o dimensionamento solar, o conhecimento e familiaridade de grandezas elétricas são necessários:

- **Volts (V)** é a grandeza usada para medir Tensões;
- **Ampère (I)** é a grandeza usada para medir a Corrente e
- **Watt (W)** é a medida da potência e também é o produto da tensão pela corrente.

Assim: [W] Watt = [V] Volts x [I] Ampère

Outras medidas aplicadas em sistemas solares são:

- **Wp = Watt de pico:** é a máxima potência gerada pelo painel solar em uma condição ideal.
- **Wh = Watt hora:** a potência gerada ou consumida por hora.
- **1 kW = 1000 Watts.**
- **Ap ou Ip = Ampère de pico:** é a corrente máxima possível em uma determinada condição especial.
- **Ah ou Ih = Ampère hora ou corrente máxima obtida ou consumida por hora.**



Para iniciar um dimensionamento é preciso saber o quanto será consumido:

- 1) Para isso, faça a relação, com a quantidade de todos os equipamentos, luzes, etc..., que pretende ligar ao sistema solar.
- 2) Verifique o consumo individual (em Watts) como mostra o exemplo 1 abaixo. É importante que as grandezas estejam na mesma base. Se calcular em Watts, tudo deverá estar em Watt. O mesmo servirá se preferir trabalhar em kW. O resultado você poderá converter ora em um ou ora em outro.
- 3) Faça uma estimativa de horas que cada equipamento ficará ligado por dia.
- 4) Multiplique os valores totais de consumo pelas horas de uso e;

5) Some os resultados, obtendo a demanda diária de energia, ou seja, o valor em Watt x dia.

Exemplo 1:

Dimensionamento da necessidade de geração:

Relação de consumo em Watts					
Qt	Equipamento	Consumo W		horas de uso/dia	Consumo W por dia
		unitário	total		
10	Lâmpadas internas	9	90	10	900
10	Lâmpadas externas	8	80	12	960
1	Televisor	100	100	6	600
1	Geladeira	120	120	8	960
Total do consumo W/dia					3.420

Resultado: Conclui-se que o sistema deverá gerar um mínimo de 3.420 Watt pico (Wp) por dia para sua aplicação.

Dimensionamento e Instalação do Painel Solar

Com esse resultado obtido, devemos dividi-lo pelo tempo médio de insolação do local (veja o mapa de insolação ao lado).

Ex.: Supondo que a localização está na área amarela, temos 6 horas de insolação dia (td) media ao ano.

Logo, a potencia **P** em Watt/pico do sistema solar exigido ($P_{th} = \text{Potencia Total} \times \text{hora}$), será correspondente à necessidade de consumo, dividido pelas horas de insolação (td):

Exemplo 2:

$$P_{th} = 3420 / td$$

$$P_{th} = 3420 / 6$$

$$P_{th} = 570$$

$$\underline{3420 \text{ Watts} / 6 \text{ (horas)} = 570 \text{ Watts hora}}$$

Obtém-se assim, o valor ideal por hora a ser gerado pelo sistema ou painel.

Será necessário um painel ou conjunto de painéis que gerem 570 Wh no mínimo.

Para se obter tal quantidade de energia combinando painéis, faz-se a interligação associando vários deles para fornecer a potencia necessária.

Escolha do Painel Solar:

a) Na [escolha do painel](#), a opção pela tecnologia (mono, poli thin-film, etc..), dependerá da área ocupada, tipo de superfície, durabilidade e estabilidade desejada. São opções relativas a cada aplicação e seu custo x benefício.

b) Outro fator importante em sistemas que estamos descrevendo, são as características de corrente e tensão do(s) painel(is). Não se misturam painéis de diferentes potencias ou tensões ou correntes em um mesmo sistema. É altamente recomendável que tenham características semelhantes.

c) Leve em consideração que painéis solares nestes casos, são para recarga de baterias e estas possuem uma característica de tensão e corrente de carga (12,24,36,48 V). Não adiantará adquirir pela tensão mais alta (mesmo que tendo a mesma potencia), pois o controlador não permitirá que passe para a bateria. Painéis com tensões maiores são recomendados para sistemas ON-GRID. Tensão acima da de recarga da bateria será um fator de ineficiência.

d) Para calculo da perda, ou da poencia real aproveitada do painel solar, considere a tensão de recarga da bateria (ex.: 14,5 V) pela corrente gerada:

Exemplo 3:

O painel ABC possui a tensão em circuito de 17,2 Volts e corrente I de 6,89 Amp.

sua potencia, neste caso é de: $17,2 \times 6,9 = 118,7 \text{ Watts}$. Mas como a tensão não passará de 14,5V, seu rendimento será de fato: $14,5 \times 6,9 = 100,0 \text{ Watts}$!

Portanto do painel de 118,7 Wp, se aproveitará 100 Wp, uma perda de 18,7%.

Supondo que optemos por 6 painéis de 100Wp (118 Wp nominal), teremos:

6 unidades x 100 Wp = 600 Watts hora

A associação da potencia real (Wp) entre eles, deve resultar em um valor maior que a necessidade de consumo. A potencia acima da necessária, será sua reserva de potencia.

Associação de Painéis Solares:

Painéis solares geram eletricidade em corrente contínua (igual ao que é gerado em automóveis) e portanto, fornecem energia polarizada, ou seja, um pólo é POSITIVO (+) e o outro pólo é NEGATIVO (-).

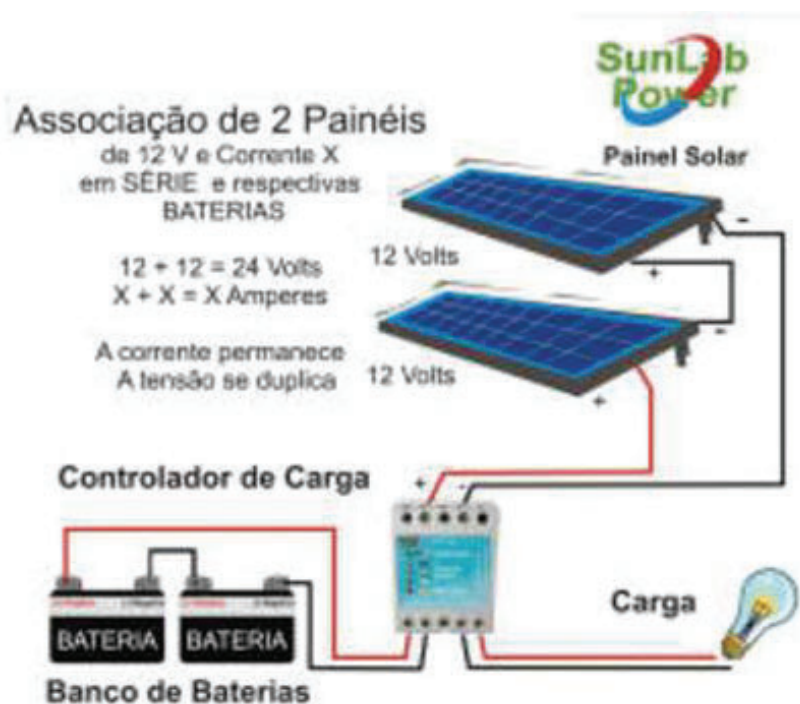
Em sua grande maioria, são fabricados para atender a uma tensão nominal de 12 ou 24 Volts, mas geram 17 ou 34 Volts quando ligados no sistema. Por isso o uso de controlador é imprescindível.

A associação de painéis obedece à Lei de Ohm, ou seja:

a) Se conectarmos um painel a outro em PARALELO (**Fig.1**) - (positivo com positivo e negativo com negativo), a cada painel adicionado, a tensão se mantém e as correntes se somam;



b) Se conectarmos um painel a outro em SÉRIE (**Fig.2**) - (positivo de um painel com o negativo do outro), a cada painel adicionado a corrente se mantém e as tensões se somam.



Com estas propriedades, as associações nos permitem ter sistemas em tensões múltiplas: (Ex. $12+12= 24V$, $24+24= 48V$, etc.), e da mesma forma os múltiplos de corrente.

Instalação dos Painéis Solares:

O painel deve ser instalado na direção do Norte geográfico, para localidades que estão no hemisfério sul do nosso planeta.

O local deve ser seguro, evitando o acesso de animais e pessoas. Evite instalar onde haja sombreamento, mesmo que durante parte do dia pois isso causa perdas de eficiência e até deterioração acentuada de células.

Procure instalar os painéis o mais próximo do consumo.

Os conjuntos devem ser fixados em suportes adequados, sobretudo em telhados, lajes, postes, etc..., sob risco de stress dos materiais e danos no decorrer do tempo.

Dimensionamento do controlador de carga

O [controlador de carga](#) é definido pela tensão de trabalho do sistema. A capacidade do controlador deve superar a corrente dos painéis ou as de consumo.

A corrente do sistema será a soma das correntes dos painéis solares e a corrente demandada (a ser consumida)

Defina o controlador pelo maior valor encontrado (painel ou demanda).

Exemplo 4:

No exemplo anterior, o consumo diário representa 570 Watt/hora, e a geração é de 600 Wh; Divide-se este valor pela tensão do sistema (*veja abaixo*), obtendo-se a corrente que será necessária para escolher o controlador.



Se o sistema funciona em 12 Vdc:

$$600 \text{ W} \div 12 \text{ V} = 50 \text{ Ampères}$$

Caso a corrente total supera a capacidade de um controlador, divida sua instalação em duas ou mais linhas (barramentos) de energia, executando o mesmo princípio de balanceamento de carga de uma instalação elétrica convencional.

Exemplo 5:

Se a instalação for em 12V será necessário a divisão da carga em dois controladores de 30A + 30A = 60A que será maior que os 50A.

Se o sistema funcionar em 24 Vcc: $600 \text{ W} \div 24 \text{ V} = 25 \text{ Ampères}$

Neste caso, com a instalação em 24V não será necessário a divisão da carga, e só será utilizado um controlador com capacidade maior que 25A, ou seja, o de 30A. Porém se os painéis solares são para 12 V, assim como as baterias, devem ser associados em série para obter a tensão de 24 V.

Não é recomendável instalar sistemas que trabalhem em alta corrente, exceto para aplicações específicas; Tais sistemas são exponencialmente mais caros, requerem muito mais cuidado e segurança. Balancear a carga, dividindo a potencia total em barramentos, é uma forma recomendada, segura e racional de instalação.

Existem vários **tipos de controladores**, para sua aplicação. Os modelos são:

- SLC : Em 12V ou 24V ou Auto (12/24V). Aplicável em sistema solar autônomos, em instalações compactas e simplificadas.

- LZP : Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema solar autônomo, em instalações para iluminação ou similares; Possuem função fotossensora: - só liberam energia se for escuro, ou vice-versa.

- CCS: Em 12V ou 24V. Aplicável em sistema solar autônomo, em instalações mais complexas e monitoradas.

- CSH: Em 12V ou 24V. Para sistema solar e energia da rede (híbrido), em instalações de alta confiabilidade.

Dimensionamento das Baterias

Com o total da corrente produzida pelo(s) painé(is), multiplique pelas horas de insolação diária:

Exemplo 6:

Os painéis, produzem 50Ah em 12 Volts ou 25Ah em 24V. Vamos instalar em 12V operando por 6 horas de insolação, assim teremos:

50 Ah x 6 horas = 300 Ampères dia.

Obs.: O resultado para 24Volts será a metade.

Considerando uma bateria IDEAL em 12 V, teríamos 1 unidade de 300 Ah. Como esse acumulador "ideal" não existe até o momento, temos que optar pelas tecnologias existentes, e a escolha da bateria para um sistema solar deve ter outros critérios a atender, entre eles:

- a) A bateria deve receber a recarga de corrente dimensionada (No ex.: 50 Amp.)
- b) Deve ter a mesma tensão do sistema (No ex.: 12 Volts).
- c) Devemos saber qual é o limite da descarga que a bateria aceita. Baterias de descarga profunda mais comuns, aceitam ou recomendam operar entre 50% a 70% de descarga.

Se optar por descarga de 50% então seu numero de baterias dobrará.

Supondo que escolha atender através de baterias de 100 Ah e esse acumulador, a sua carga e descarga segura fosse de 50%, necessitaríamos de 6 baterias:

$300 \text{ A/dia} \div 100 \text{ Ah} = 3$ (atendendo a 50%)

$3 = 50\% \therefore 6 = 100\%$

Quanto maior a quantidade de baterias, maior será a autonomia de seu sistema.

NÃO É RECOMENDÁVEL:

- Instalar sistema solar com baterias automotivas. Estas não foram projetadas para a descarga de corrente contínua. Em geral as baterias automotivas proporcionam alta corrente no início e reduzem a potência rapidamente. A resistência na recarga também é mais alta e a vida útil fica comprometida na aplicação solar.
- **NUNCA INSTALE BATERIA em painel solar SEM O CONTROLADOR DE CARGA**, sob o risco de perda da bateria e perigo de explosão e incêndio.

É RECOMENDÁVEL:

- Na instalação, o uso de [fusíveis, disjuntores ou diodos](#) de proteção.
- Trabalhe com baterias de descarga de ciclo profundo, com sistema de vasos selados onde o vapor é recuperado e recirculado no acumulador.
- Sempre combine baterias da mesma marca e com a mesma capacidade.

Dimensionamento do Inversor

Como a energia proveniente dos painéis e baterias é em corrente contínua (CC) e muitos dos equipamentos que utilizamos são fabricados para corrente alternada (AC) os inversores são utilizados para modificar a tensão de entrada (Ex.: 12 Volts) em tensões de saída 110 ou 220 Volts, assim como a corrente contínua em alternada (senoidal).

Sua aplicação está na alimentação de equipamentos que trabalham em AC (corrente alternada), através da energia solar.

Há duas tecnologias características dos inversores, relacionados à qualidade de reprodução de uma senóide

1) Senóide MODIFICADA: São inversores que geram uma forma de onda quadrática, sendo tratada para se aproximar da senoidal AC. Tem ótimo custo-benefício e pode ser aplicado na maioria das cargas de consumo, exceto motores e equipamentos indutivos não retificados na entrada.

2) senóide PURA: Os inversores com essa característica, podem ser utilizados para o suprimento de energia AC em qualquer sistema. Sua diferença está no custo e tamanho.

O inversor também é definido pela tensão de trabalho na entrada, que deve corresponder ao do sistema solar e pela tensão requerida na saída em 110 Volts ou 220 Volts. E ainda poderá ser mono ou trifásico.

A potencia de um inversor deve superar a do maior consumo dos equipamentos, incluindo os picos*.

*Verifique o consumo de pico e não esqueça que motores AC sem inversores de frequência e algumas maquinas e equipamentos exigem uma carga na partida, muito superior ao de operação.

Se esse for o seu caso, considere no dimensionamento um valor compatível com o pico de consumo.

Dicas e Informações para a Montagem do Sistema Solar Fotovoltaico

Painel Solar: Para não ocorrer danos tanto ao painel quanto aos equipamentos, recomendamos que os painéis estejam cobertos com lona ou plástico preto durante a instalação.

Sistemas simples com poucos painéis, não geram corrente ou tensão suficientes para causar choque à pessoa, porém sistemas maiores e "ON-GRID" só devem ser instalados por pessoal habilitado.

Controladores de Carga: Recomenda-se a instalação do(s) controlador(es) o mais próximo possível das baterias, evitando perdas de energia na fiação. A instalação de bateria e controlador, sempre deve ser em local à sombra e ventilado.

Os controladores fazem a compensação da carga na bateria, conforme a temperatura do ambiente e se colocados ao sol podem provocar leituras falsas do sistema. Todo cuidado deve ser tomado com possíveis inversões na ligação dos pólos negativo e positivo, para não queimar fusíveis ou equipamentos.

Fiação para o sistema solar: Utilize somente fiação de qualidade comprovada e dentro das normas da ABNT. Fios de baixa qualidade ou fora de especificação irá comprometer o rendimento do sistema, provocando perda de energia, aquecimento

e mau contato. Veja na tabela abaixo a bitola de fio a ser utilizado aplicando-se a distância e a corrente de seu sistema. Os dados são para fio flexível, singelo com perda máxima até 5% da tensão em 12 Vdc. Para sistemas em 24 Vdc multiplique a distância por 2.

TABELA DE ESPESSURA DE FIO PARA SISTEMA SOLAR A 12 Vdc											
Bitola mm ²	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Amperes											
1	32	61	81	150	205	325	517	652	822	1308	1650
2	16	26	40	84	102	163	250	326	411	654	825
4	8	13	20	33	51	81	120	163	205	327	412
6	5	8	14	22	34	54	86	109	137	218	275
8	4	6	10	16	26	41	65	82	103	164	206
10	3	5	8	13	20	33	52	65	82	131	165
15	2	3	5	8	14	22	34	43	55	87	110
20	-	2	4	6	10	16	26	33	41	66	83
25	-	-	3	5	8	13	21	26	33	52	66
30	-	-	2	4	7	11	17	22	27	44	55
35	-	-	-	3	6	9	15	19	23	37	47
40	-	-	-	-	5	8	13	16	20	33	41
45	-	-	-	-	4	7	11	14	18	29	37
50	-	-	-	-	3	6	10	13	17	28	35