

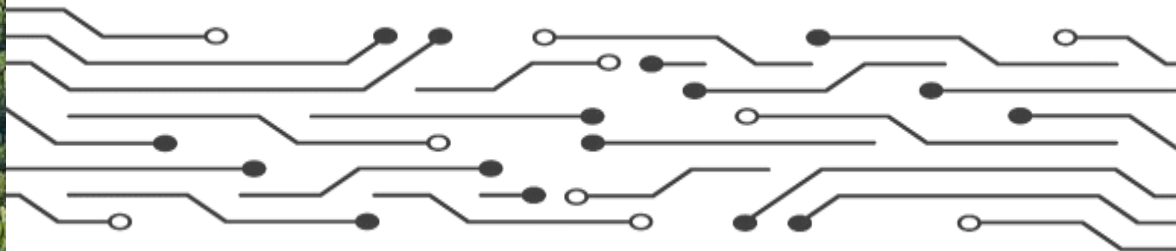


**DVBRAZIL**



**ENERGIA SOLAR OFF-GRID  
PARA ESTAÇÕES REPETIDORAS**

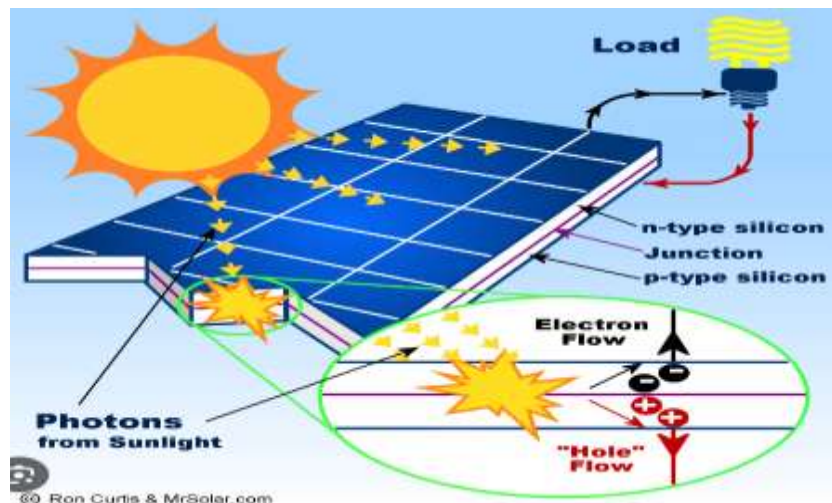
**Orientações Técnicas**



**#NetBR Ed.295**

# Nesta Apresentação

... Conheceremos os fundamentos e equipamentos necessários para operar uma estação repetidora Solar OFF-GRID, ou seja, em locais onde não há rede elétrica disponível, e usando energia solar com baterias. Abordaremos alguns exemplos práticos, cálculos simples, e equipamento necessários, mas não abordaremos aqui as questões de engenharia elétrica, e custos. Recomenda-se um conhecimento prévio sobre corrente, tensão, e potência, para melhor entendimento. Caso tenha dúvidas, ou algo para acrescentar, poderá tecer comentários e contribuições ao final da apresentação, ou na página desta edição ao website [dvbrazil.com.br](http://dvbrazil.com.br)



# Primeiro passo: conheça o consumo

O primeiro passo, e a base de todos os cálculos, é conhecer o consumo elétrico da estação, procurando conhecer previamente as questões de tensão e corrente consumida de **cada componente no sistema**. Vamos imaginar dois cenários, sendo o primeiro de uma repetidora 24x7, sem conexão com rede, composta por 2 rádios Motorola GM300 UHF e uma placa controladora, e com **tráfego moderado a alto** - 6 horas por dia em QSO, e 18 horas em *standby*.



O equipamento GM300 operando em modo UHF com potência de saída 25W, consome em média 5Watts quando em *standby* e/ou RX sem aplicador, e consome média de 90Watts quando em Transmissão. A placa controladora consome em média 5Watts - já considerando a presença de um regulador de voltagem. Temos então:

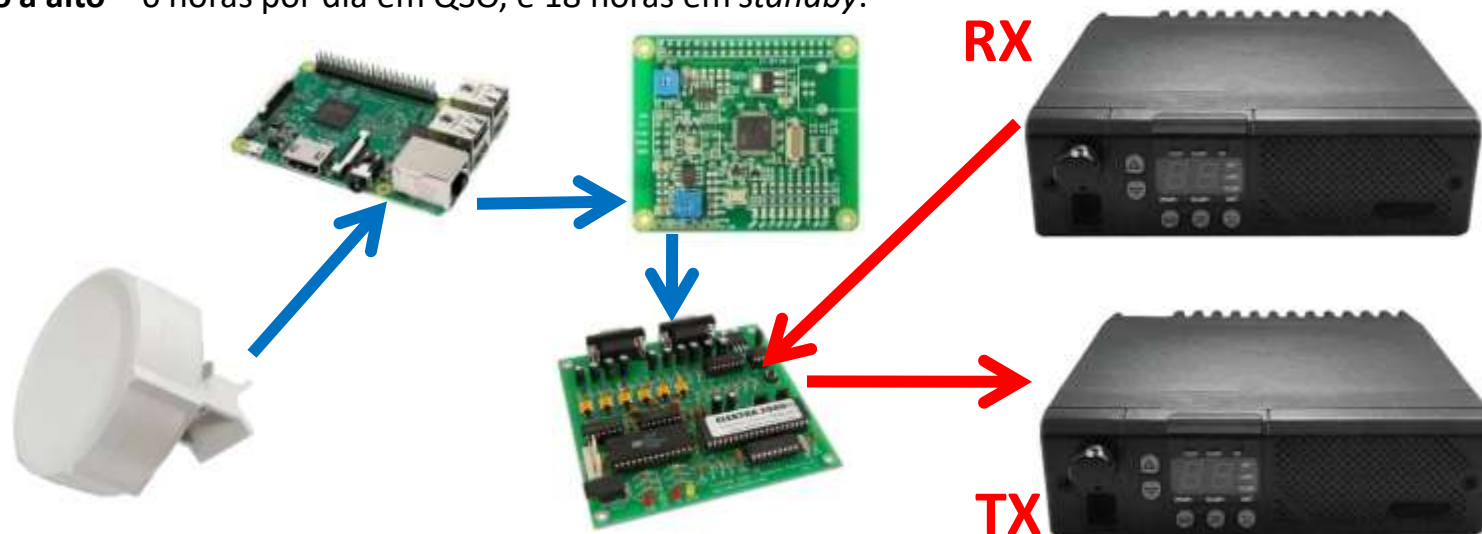
- GM300/RX = 5W X 24H = 120Wh/dia
- Controladora = 5W X 24H = 120Wh/dia
- GM300/TX = 5W X 16H = 80Wh/dia + 90W X 6H = 540Wh/dia

**Sabemos então, que neste cenário, o consumo será de 860Wh/dia (0.86KWh por dia)**



# Segundo cenário: com conexão Internet

Nosso segundo cenário é de uma repetidora DMR 24x7, com conexão internet via rádio (Mikrotik Routerboard), os 2 rádios Motorola GM300 UHF, um raspberry PI3 e placa controladora MMDVM-Audio (\*). Também imaginando **tráfego moderado a alto** – 6 horas por dia em QSO, e 18 horas em *standby*.



- ➔ Equipamentos da repetidora simples = 860Wh/dia
- ➔ Mikrotik Routerboard = 10W X 24H = 240Wh/dia
- ➔ Raspberry + MMDVM + fonte DC/DC = 15W X 24H = 360Wh/dia

(\*) A controladora MMDVM não necessariamente depende de outra controladora, e na maioria dos casos pode acionar os transceptores (inclusive GM300) diretamente, através de interfaces específicas.

**Neste segundo cenário, o consumo será de 1460Wh/dia (1.46KWh por dia)**



Equipamentos GM300 configurados para saída RF de 45W, podem consumir até 160Watts de potência quando transmitindo. Uma ventoinha 12V pode adicionar até 100Wh/dia. Portanto, procure conhecer previamente as especificações de tensão, corrente, e consumo, de CADA componente em seu sistema.

# Considere: Fatores Locais

Antes de irmos para o segundo passo, que são os acumuladores (baterias), precisamos considerar os fatores de incidência solar na região onde está instalada a estação.

Conforme veremos mais adiante, a energia solar fica reduzida em dias com muitas nuvens e dias chuvosos. Por exemplo, iremos calcular a potência necessária para solares de forma que entreguem em um dia, 100% da energia consumida pela estação em um dia, cientes de que em dias com nuvens a entrega será de apenas 50%, e em dias chuvosos será em torno de 15%. Quanto ao sol, em algumas regiões do nordeste a incidência solar é de 95% dos dias do ano com sol pleno, enquanto no litoral norte do Paraná, apenas 15% dos dias do ano possuem sol pleno.



Portanto temos de dimensionar os acumuladores para que forneçam toda a energia requerida pela estação o tempo todo, mesmo quando a entrada de energia for deficitária. **Para um cálculo mais conservador, vamos assumir uma região onde 1/3 dos dias sejam de sol pleno, 1/3 dos dias com algumas nuvens, e 1/3 dos dias com céu fechado.**

Se estivermos em uma região com 100% de incidência solar ao ano, e precisamos consumir 1000Wh/dia, então um acumulador de 1000Wh/dia seria suficiente. Dentro do cenário proposto, teríamos uma média apenas 550Wh/dia entregue pelos painéis, e não os 1000Wh/dia requeridos. Esta diferença de 450Wh/dia deveria ser suprida pelo acumulador, portando o acumulador **deveria** ser de 1450Wh – um acréscimo de 45%.

Porém o acumulador depende dos painéis solares para recarga, que não podem estar limitados a entregar apenas 100% do consumo. Precisam então entregar um pouco mais, para recarregar uma bateria que já doou mais do que recebeu. Podemos então dividir este adicional de potência necessária, entre as duas partes:

**Acrescer 22% nos acumuladores, e crescer 22% nos painéis solares.**

# Segundo passo: acumuladores

Acumuladores, popularmente chamados de “baterias”, farão o acúmulo e a entrega de energia para a estação, quando a energia solar estiver indisponível. Para sistemas OFF-GRID, existem ao menos 3 opções de acumuladores:



**BATERIAS AUTOMOTIVAS**

- 👍 Mais baratas e acessíveis
- 🗨️ Vida útil 2 anos (em offgrid)
- 🗨️ Descarga máxima de 20%



**BATERIAS ESTACIONÁRIAS**

- 👍 Adequadas para off-grid
- 👍 Vida útil 4~5 anos
- 👍 Descarga máxima de 50%



**BATERIAS DE LÍTIU**

- 🗨️ Absurdamente caras
- 👍 Vida útil 10~15 anos
- 👍 Descarga máxima de 80%

**Vamos escolher a bateria estacionária** para nossos cálculos. Vamos usar a referência de 1000Wh/dia para facilitar os cálculos com números redondos. 1000Wh/dia em teoria requer uma bateria de 83AH (em tabela C20). Considere que podemos usar apenas 50% da carga, então a bateria deve ser de 166AH. Lembra-se que temos de adicionar 22% no acumulador? São necessários agora 202AH. Ou seja, a **potência da bateria estacionária deve ser 243% do consumo.**

**Cenário de repetidora simples:  $860W/12V = 71.6AH + 243\% = 175AH$**

**Cenário de repetidora DMR:  $1460W/12V = 121.6AH + 243\% = 295AH$**

## Terceiro passo: painéis foto-voltáicos



Também conhecidos como “Painéis Solares”. Estão disponíveis em diferentes tecnologias, tamanhos, potências. Podem ser encontrados facilmente na Internet, em lojas especializadas, e até em grandes lojas de elétrica e material para construção. Sua especificação mais importante é a potência em Watts. Iremos aqui calcular “quantos Watts” em painéis iremos necessitar para nossos cenários.

**Montagem:** se estiverem abaixo da Linha do Equador, devem ser direcionados para o norte, se estiverem acima, devem ser direcionados ao sul. A inclinação depende da latitude, e o cálculo é bem simples:  $\text{inclinação} = \text{latitude} + (\text{latitude}/3)$ . Por exemplo, no Rio de Janeiro onde a latitude é 22 graus, temos  $22 + (22/3) = 29$  graus de inclinação. **Ao adquirir painéis, lembre-se também de dimensionar os apoios e suportes necessários – para que não saiam voando.**

Já a potência nominal em Watts, não é a real, ela é alcançada apenas sob condições ideais de laboratório: 1000W/M<sup>2</sup> e temperatura de zero graus. Aqui no Brasil, em média, um painel solar vai entregar 85% de sua capacidade nominal, em pleno sol e com superfície limpa.

Outra questão, o tempo e ângulo de exposição ao sol. Nas latitudes entre 0 e 45, um painel entregará sua plena energia por 4 horas, e por mais 4 horas entregará 50% da energia. Note que estamos falando em **máximos**. Ou seja, um painel solar de 1000W entregará 5KWh por dia em pleno sol (já descontada a eficiência de 85%). Em teoria, o painel deve ser dimensionado a 20% do consumo diário requerido.

**Cenário de repetidora simples :**  $860\text{W}/5 = 172\text{W} + 22\% = 209\text{W}$

**Cenário de repetidora DMR :**  $1460\text{W}/5 = 292\text{W} + 22\% = 346\text{W}$

**IMPORTANTE:** em regiões que enfrentem 4 ou mais dias chuvosos consecutivos, recomenda-se dobrar a capacidade dos painéis solares.



## Quarto passo: controlador de carga



Controlador PWM

O controlador de carga é o equipamento que vai receber a energia elétrica vinda dos painéis solares, efetuar ajustes de corrente e tensão, para carregar as baterias em níveis seguros. Ele também é responsável por regular corrente e tensão para entrega de energia para a carga (equipamentos consumidores), comutando para consumo dos acumuladores quando a energia provida pelos painéis é insuficiente.



Controlador MPPT

Existem 2 tipos de controladores de carga: os PWN e os MPPT. Os PWM são mais baratos e mais simples, dimensionados para pequenos sistemas. Eles também são ineficientes (e até inseguros) para alimentar cargas superiores a 100Watts, bem como não são eficientes em gerenciar acumuladores com mais de 40AH.

Já os controladores MPPT (*Maximum Power Point Tracking* ou Rastreamento do Ponto de Máxima Potência) são mais robustos, e **será nossa opção para os nossos cenários**. Um MPPT de 20A já é suficiente (atende até 240W de consumo). O controlador MPPT consegue extrair o máximo possível de energia dos painéis solares, faz uma carga e controle mais eficientes de carga nos acumuladores, é programável, seguro, e bem configurado podem maximizar a vida útil dos acumuladores.



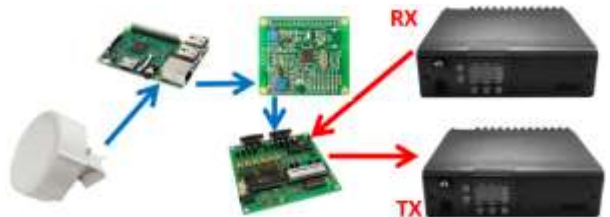
# Resumo dos cenários

Vamos a um resumo do que já calculamos e encontramos. Antes, vamos revisar alguns parâmetros e fatores que estamos assumindo:

- O cálculo de consumo considera operação 24X7 e que o consumo máximo ocorre por 25% do tempo;
- Assumimos uma região com 1/3 dos dias em sol pleno, 1/3 dos dias com algumas nuvens, e 1/3 dos dias nublados;
- Assumimos dividir por igual a reserva de segurança de energia, 50% em carga solar e 50% nos acumuladores;
- Optamos por utilizar baterias estacionárias como acumuladores, e descarga máxima de até 50%;
- Assumimos um índice de eficiência de 85% (sobre a potência nominal) para painéis solares no Brasil;
- Optamos por um controlador de carga do tipo MPPT.



Para nosso cenário de repetidora simples, sabemos que iremos precisar de 1 controlador MPPT, 3 baterias estacionárias de 60AH, e painel solar entre 200~400W.



Para nosso cenário de DMR com conexão internet via rádio, sabemos que iremos precisar de 1 controlador MPPT, 3 baterias estacionárias de 100AH, e painel solar entre 350~700W.

# O que não abordamos

-Não abordamos o uso de **inversores de tensão**, um componente muito comum e importante nos sistemas off-grid, responsáveis por fornecer saída AC 110V ou 220V para consumo de equipamentos eletro-eletrônicos. Em nosso cenário um **inversor não é necessário**, pois todos os equipamentos elencados podem ser conectados diretamente em 12V na saída do MPPT;

- Não abordamos demais equipamentos necessários em uma estação repetidora, tais como ventoínhas, ventilação, sensores, alarmes, iluminação, etc.



Não abordamos os cabos, disjuntores, e conectores necessários para as instalações. Cabos e conectores de capacidade inferior a tensão e corrente podem danificar todos os equipamentos envolvidos, além de criar o risco de incêndios e explosões.



Não abordamos a instalação e configuração do controlador MPPT. Configurações incorretas podem danificar o controlador e os acumuladores.



Não abordamos as formas de instalações em série ou paralelo, de painéis e de baterias. Painéis ligados de forma incorreta, podem causar a perda significativa de eficiência, ou danificar o controlador MPPT. Baterias ligadas de forma incorreta, podem danificar as baterias.



Não abordamos as questões de manutenção periódica de acumuladores e painéis. A prolongada ausência de manutenção diminui a eficiência e vida útil destes componentes.

# Considerações Finais

Nos cenários aqui propostos para energia solar, as tensões são baixas, mas as correntes são muito altas, podendo ultrapassar os 300A. Nestes casos, **SEMPRE** procure orientação de técnico eletricista ou empresa especializada.



Nesta apresentação vimos os conceitos e cálculos básicos para implementar um sistema solar off-grid de baixa tensão, na operação de estações repetidoras em locais sem acesso a rede de energia elétrica. Vimos quais os equipamentos necessários, e uma alguma noção de como dimensionar suas especificações e capacidades.

Todavia este conteúdo não objetiva ser um tutorial (nem aula) de como criar um sistema solar off-grid, pois alguns itens importantes não foram abordados. Ao menos, já nos é possível entender os componentes envolvidos, e criarmos esboços de projetos.

Caso tenha interesse por um ou mais assuntos aqui abordados, recomendamos que faça suas próprias buscas e pesquisas, tendo este material e conteúdo aqui apresentado como “ponta-pé inicial” ou mera referência.



**AGRADECEMOS PELA ATENÇÃO**

**#NetBR Ed.293**



•O Autor deste artigo (PY2UTU) e seus divulgadores (DVBrazil) não assumem responsabilidade sobre atos ou omissões de terceiros que venham mencionar o conteúdo deste artigo em outros conteúdos e materiais e meios. Algumas imagens presentes são de domínio público, as demais imagens presentes neste conteúdo foram geradas por AI e cedidas a DVBrazil. Reprodução ou divulgação, ainda que parcial, requer prévia autorização da DVBrazil.