

## PROJETO DE GARAGEM FOTOVOLTAICA OFF-GRID PARA ABASTECIMENTO DE VEÍCULO AUTÔNOMO SUSTENTÁVEL

Gabriel Urbano Alberton (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Rafael Krummenauer (Coorientador), Carlos Alexandre Ferri (Orientador). E-mail: caferri2@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

**Área e subárea do conhecimento:** Engenharias / Engenharia Elétrica

**Palavras-chave:** Energia Solar; Sistemas Off-Grid; Recarga de Veículos

### RESUMO

O projeto de pesquisa aborda a implementação de um sistema fotovoltaico off-grid para recarga de um veículo elétrico. A pesquisa considerou a eficiência dos equipamentos e o consumo energético médio de um veículo elétrico comercial. O dimensionamento do kit fotovoltaico autônomo foi realizado com o critério de que o sistema gerasse energia suficiente para garantir, no mínimo, um dia de autonomia ao automóvel. Com base nos dados obtidos, determinou-se que a potência mínima do sistema deve ser de 1,906 kWp.

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda por soluções sustentáveis para o setor de transporte tem impulsionado o desenvolvimento e a adoção de veículos elétricos como uma alternativa ecologicamente correta aos motores de combustão interna. No entanto, a eficiência energética desses veículos está diretamente ligada às fontes de energia utilizadas para recarregá-los. Nesse contexto, a implementação de sistemas fotovoltaicos *off-grid* surge como uma solução viável e sustentável, capaz de fornecer a energia necessária de forma autônoma e independente da rede elétrica convencional.

Esta de pesquisa explora a viabilidade de um sistema fotovoltaico *off-grid* destinado à recarga de veículos elétricos, focando na otimização da eficiência energética e na garantia de autonomia mínima diária. Através do dimensionamento criterioso do kit fotovoltaico, a pesquisa visa determinar a potência ideal do sistema, assegurando que a energia gerada seja suficiente para atender às necessidades diárias de um veículo elétrico. Com isso, busca-se contribuir para a consolidação de tecnologias sustentáveis no setor automotivo, promovendo a redução da dependência de combustíveis fósseis e a minimização dos impactos ambientais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de estimar o consumo do veículo, foi efetuada uma pesquisa sobre os 10 veículos elétricos mais comuns no Brasil, obtendo o consumo médio em 100 quilômetros percorridos e capacidade da bateria em kWh. Feito isso, foi calculado o consumo médio em kWh por mês, considerando uma distância percorrida de 50 quilômetros por dia e 30 dias no mês:

$$\text{Consumo médio mensal } \left( \frac{50\text{km}}{\text{dia}} \right) = \frac{\text{Consumo médio [kWh/100km]}}{2} * 30 \quad (1)$$

A média dos resultados obtidos foi considerado como o consumo energético médio mensal a ser suprido pelo sistema de energia solar. Com esse valor, bastou aplicar na equação (2) para que sejam consideradas as perdas por eficiência no sistema, baterias e incidência solar do local.

$$G_n = \frac{\text{Consumo diário}}{HSP * e_{bat} * e_{sist}} \quad (2)$$

Onde  $G_n$  [kW] denota a Energia total de geração dos módulos, Consumo diário [kWh] = Consumo mensal/30, HSP as Horas de Sol pico (Maringá-PR),  $e_{bat}$  e  $e_{sist}$  o Rendimento da bateria e sistema.

Com a equação (2) obtemos a informação da potência pico necessária para que o sistema produza a quantidade de energia desejada. Sabendo que a potência pico representa a potência dos módulos. Agora, basta dividir o valor obtido na equação (2) pela potência do módulo selecionado:

$$n^{\circ} \text{módulos} = \frac{G_n}{P_{mód}} \quad (3)$$

Onde  $P_{mód}$  denota a Potência pico unitária do módulo [Wp].

A potência máxima de entrada do inversor *off-grid* escolhido deverá superar a potência dos módulos, considerando também o número de *strings* unitário. A seleção do inversor será importante para os cálculos do banco de baterias.

A tensão no banco de baterias deverá condizer com a suportada na entrada do inversor. Um ponto importante a ser considerado são os dias de autonomia em caso de deficiência de geração de energia. Para isso, basta utilizar o resultado obtido pela equação (1) e dividir pela quantidade de dias por mês.

$$\text{Consumo médio diário} = \frac{\text{Consumo médio mensal}}{30} \quad (4)$$

Deve ser considerada a profundidade de descarga da bateria, garantindo o funcionamento e a vida útil do banco de baterias. Considerando a utilização de baterias do tipo chumbo ácido 12V:

$$CBI_{c20} = \frac{C * \text{Dias de Autonomia}}{V_{bat} * P_D} \quad (5)$$

Onde  $CBI_{c20}$  representa a capacidade do Banco de Baterias [Ah],  $C$  o consumo médio diário [Wh/dia],  $V_{bat}$  a tensão da bateria usada, e  $P_D$  a Profundidade de Descarga.

O controlador de carga, equipamento responsável pelo controle da energia que irá transitar no circuito de entrada e saída de carga da bateria, envio ou não de carga ao inversor, o funcionamento do sistema. Tipos de controladores:

- PWM: apresenta custo menor, qualidade inferior e aplicações específicas.
- MPPT: maior custo, maior confiabilidade, eficiência, vida útil, com relação ao PWM. É o controlador que será utilizado no sistema, por conta da Voc dos módulos utilizados ser superior a capacidade do PWM e análises financeiras.

A estação de recarga utilizada é a tipo *Wallbox* convencional, muito utilizada em residências e tendo o custo-benefício interessante. Haverão sistemas de segurança contra surtos tanto. Isso inclui aterramento, *String Box*, etc.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Primeiramente, foi elaborada uma tabela contendo uma prospecção e estudos sobre o consumo de dez veículos elétricos usados no cenário brasileiro e a partir desse estudo foi possível obter que: o consumo energético médio mensal de um carro elétrico que percorre 50km por dia é de 225,7 kWh.

$\eta_{bat}$  é o rendimento global de baterias de chumbo ácido (0,86), já  $\eta_{sist}$  inclui o rendimento do inversor, perdas no cabeamento e condições adversas de geração. “HSP” é a irradiação solar, variando conforme a localização, é obtido usando a plataforma CRESESB. Em Maringá-PR podemos obter o valor de 5,1 para HSP médio anual do local. Com os dados obtidos, é possível obter a potência pico do sistema usando a equação (2): 1,906 kWp.

O inversor selecionado possui capacidade para 2 kW em sua entrada, suportando também a tensão do arranjo de módulos. O inversor escolhido foi o Must PV30-2048 VHM Series. O módulo selecionado é o Canadian Solar de 330 Wp, 45,6 V de Voc. Esse módulo em sua etiqueta informa produção mensal média de energia em 41,29 kWh/mês. Usando a equação (3), conclui-se a necessidade de 6 módulos. Pela etiqueta do módulo, podemos obter: 247,74 kWh/mês, cerca de 10% a mais do que o necessário. Com a escolha do inversor, é possível adentrar nos cálculos do banco de baterias.

Sabemos que o sistema deverá suprir um dia de autonomia e a profundidade de descarga será 30%, ou seja,  $P_d = 0,3$  da bateria. A partir da equação (5) para calcular a capacidade do banco de baterias: 2089,81 Ah.

A bateria escolhida foi a Freedom DF3000 chumbo ácido 20h, onde a sua capacidade é 170Ah, assim fica claro a necessidade de 12 baterias. Recordando que o inversor escolhido possui capacidade de tensão na entrada correspondente a 4 baterias em paralelo (48V), podemos utilizar a associação do banco de baterias de forma que temos 4 paralelos de 3 baterias em série.

## CONCLUSÕES

Considerando o objetivo de elaborar um projeto de energia solar off-grid que produza energia suficiente para o abastecimento de um veículo elétrico cujo consumo é 225,7 kWh/mês com um dia de autonomia, conclui-se que o objetivo do trabalho foi executado com sucesso.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Lucas Lima Provensi, ao Prof. Rafael Krummenauer e ao orientador Prof. Carlos Alexandre Ferri.

## REFERÊNCIAS

- BLUESOL. Os Sistemas de Energia Solar Fotovoltaica. 2. Ed. São Paulo: Bluesol Energia Solar, 2021.
- DECKER, K. Sistemas de recarga para veículos elétricos: fundamentos e avanços tecnológicos. São Paulo: Editora Senai-SP, 2018.
- LUO, F.L.; YE, H. Advanced DC/AC Inverters. Boca Raton: CRC Press, 2018.
- MURRAY, S. Off-Grid Solar Power Simplified: For Rvs, Vans, Cabins, Boats, and Tiny Homes. 2. ed. Nova Iorque: CreateSpace Independent Publishing Platform, 2020.