

Calculadora de Carregamento de Veículos Elétricos com Geração Fotovoltaica

Documentação Técnica e Guia de Uso

Herick Betin Tiburski | IoTEC LAB - UNIVALI

14 de agosto de 2025

Sumário

1	Introdução	3
2	Objetivo	3
3	Visão Geral da Interface	3
4	Fundamentos Teóricos	4
4.1	Energia Demandada por Veículo	4
4.2	Capacidade Utilizável da Bateria	4
4.3	Potência Instalada FV	4
4.4	Irradiação e Energia Primária	4
4.5	Performance Ratio (PR)	4
4.6	Eficiência Global ao Carregamento	5
4.7	Balanco Energético Diário	5
4.8	Tempo Estimado de Carga	5
4.9	Dimensionamento Inverso (Exploratório)	5
5	Resumo das Principais Fórmulas	5
6	Origem e Referências das Fórmulas	6
7	Guia de Uso da Aplicação	6
7.1	Fluxo Geral	6
7.2	Carros	6
7.3	Placas (Arrays FV)	7
7.4	Helpers	7
7.5	Salvar Modelos e Configurações	8
7.6	Resultados e KPIs	9
8	Persistência (localStorage)	10
9	Cenários de Exemplo	11
9.1	Cenário 1: Frota Pequena	11
9.2	Cenário 2: Ajustando Potência	11

10 Limitações e Próximos Passos	11
11 Boas Práticas de Entrada de Dados	11
12 Referências	11

1 Introdução

Esta aplicação web (arquivo único `calc.html`) auxilia na análise de carregamento de múltiplos veículos elétricos (VEs) frente à geração fotovoltaica (FV) disponível (um ou mais conjuntos de placas) e parâmetros de desempenho. Permite:

- Inserir vários carros com perfis distintos de bateria e uso diário.
- Inserir diversos conjuntos de placas (arrays) fotovoltaicas.
- Aplicar modelos (templates) salvos para agilizar cadastros.
- Calcular energia necessária, energia gerada, tempo de carga estimado e indicadores (KPIs).
- Persistir configurações no navegador (localStorage) sem backend.
- Usar “helpers” para derivar parâmetros críticos (PR, eficiência global, capacidade utilizável, potência do array).

2 Objetivo

Fornecer ferramenta exploratória rápida para dimensionamento preliminar ou comparação de cenários de carregamento de VEs alimentados parcial ou totalmente por geração FV.

3 Visão Geral da Interface

A interface possui duas colunas: à esquerda cartões de entrada (carros e placas) e à direita KPIs e resultados consolidados. Um modal centralizado gerencia salvamento/carregamento de modelos e configurações. Helpers expansíveis aparecem dentro dos cartões.

Calculadora Solar → Carro Elétrico
Descubra quanto energia seu sistema fotovoltaico precisa gerar e o tempo para carregar seu EV.

Especificações do Carro

Carro 1

Nome do carro: Capacidade da bateria: kWh

Capacidade utilizável: % SOC inicial: %

SOC final: % Eficiência global FV-bateria: %

Potência máx. do carregador: kW

Sistema Fotovoltaico

Placa 1

Nome da placa: Potência do array: kWp

Performance Ratio (PR): Horas de Sol Pleno (PSH): kWh

Observação:

Resultados

45.60 kWh
Energia para a bateria
baseado no SOC inicial e final.

53.65 kWh
Energia FV necessária para a
bateria.
Considerando a eficiência global.

7.50 kWh ger
Abx
Geração diária estimada
MWp x PSH x PR.

7.15 dias
Dia necessário
Média — varia com disponibilidade.

35.8 h
Horas de sol pleno equivalentes
Total acumulado necessário.

30.4 h
Tempo mínimo teórico
necessário para potência
potência constante.

Notas & Limitações

Como calculamos?

Calcular Limpar Salvar / Modelos

Isotec Lab - UNIVALI

Desenvolvido por Tiburski, Harick Batin - 2025

4 Fundamentos Teóricos

Esta seção descreve a base das fórmulas empregadas.

4.1 Energia Demandada por Veículo

Para um veículo i , com energia diária requerida (estimada ou derivada do uso), representamos:

$$E_{d,i} = \text{Distância}_i \times \text{Consumo Específico}_i$$

Caso a entrada seja diretamente em kWh/dia (prática comum), esse valor já é $E_{d,i}$. A energia total diária dos veículos:

$$E_{d,\text{total}} = \sum_i E_{d,i}$$

4.2 Capacidade Utilizável da Bateria

Se a bateria nominal tem capacidade C_{nom} (kWh) e a fração utilizável (profundidade de descarga efetiva) é η_{util} , então:

$$C_{\text{util}} = C_{\text{nom}} \times \eta_{\text{util}}$$

O helper permite calcular η_{util} a partir de valores nominal e estimativa de kWh efetivamente disponíveis:

$$\eta_{\text{util}} = \frac{C_{\text{util}}}{C_{\text{nom}}}$$

4.3 Potência Instalada FV

Para um conjunto (placa/array) j :

$$P_{\text{array},j} = \frac{P_{\text{módulo}} \times N_{\text{módulos}}}{1000} \text{ (kWp)}$$

Potência total:

$$P_{\text{array},\text{total}} = \sum_j P_{\text{array},j}$$

4.4 Irradiação e Energia Primária

Usa-se a irradiação global diária no plano (ou Horas de Sol Pleno) H (em kWh/m²/dia ou horas equivalentes). A energia DC nominal antes de perdas:

$$E_{\text{DC}} = P_{\text{array},\text{total}} \times H$$

4.5 Performance Ratio (PR)

O Performance Ratio (PR) agrega perdas de temperatura, sujeira, mismatch, conversão, etc. (0.6–0.85 tipicamente):

$$E_{\text{PR}} = E_{\text{DC}} \times PR$$

(Ref.: IEC 61724 e literatura de avaliação de desempenho FV.)

4.6 Eficiência Global ao Carregamento

A eficiência global η_{glob} contempla inversor, conversores AC/DC, perdas de cabos e eficiência de carregador/gestão de bateria:

$$E_{\text{entregue}} = E_{\text{PR}} \times \eta_{\text{glob}}$$

4.7 Balanço Energético Diário

Comparação entre energia FV disponível para carga e demanda dos veículos:

$$\Delta E = E_{\text{entregue}} - E_{d,\text{total}}$$

Se $\Delta E \geq 0$: geração cobre a demanda (potencial excedente). Se $\Delta E < 0$: déficit (energia da rede necessária).

4.8 Tempo Estimado de Carga

Se a potência de carregamento efetiva (limite do carregador ou tomada) é P_{carga} :

$$t_{\text{carga},i} = \frac{E_{d,i}}{P_{\text{carga}}}$$

A aplicação pode agregar tempos médios ponderados ou apresentar intervalo.

4.9 Dimensionamento Inverso (Exploratório)

Desejando suprir totalmente $E_{d,\text{total}}$:

$$P_{\text{array,req}} = \frac{E_{d,\text{total}}}{H \times PR \times \eta_{\text{glob}}}$$

(O helper de potência ajuda a montar o array para atingir valores próximos.)

5 Resumo das Principais Fórmulas

$$\begin{aligned} P_{\text{array,total}} &= \sum_j \frac{P_{\text{módulo},j} N_j}{1000} \\ E_{\text{DC}} &= P_{\text{array,total}} \times H \\ E_{\text{entregue}} &= P_{\text{array,total}} \times H \times PR \times \eta_{\text{glob}} \\ C_{\text{util}} &= C_{\text{nom}} \times \eta_{\text{util}} \\ E_{d,\text{total}} &= \sum_i E_{d,i} \\ \Delta E &= E_{\text{entregue}} - E_{d,\text{total}} \\ P_{\text{array,req}} &= \frac{E_{d,\text{total}}}{H \times PR \times \eta_{\text{glob}}} \end{aligned}$$

6 Origem e Referências das Fórmulas

- Relações básicas de energia/potência: $E = P \times t$ (física fundamental).
- Dimensionamento preliminar FV: guias de engenharia solar (ex.: Duffie & Beckman, IEC 61724 para PR).
- Eficiências compostas: abordagem multiplicativa padrão em balanços de perdas (inversor, cabos, conversão).
- Capacidade utilizável: prática de BMS e profundidade de descarga segura (DoD) em baterias de íons de lítio.

7 Guia de Uso da Aplicação

7.1 Fluxo Geral

1. Adicione ou ajuste veículos (Carros).
2. Adicione ou ajuste conjuntos fotovoltaicos (Placas).
3. Use helpers para calcular parâmetros (PR, eficiência, etc.) se tiver dúvidas nos valores.
4. Clique em Calcular (ou a aplicação recalcula automaticamente, conforme implementação).
5. Analise KPIs e mensagens (excedente ou déficit).
6. Salve o cenário (Configuração) se quiser reutilizar.

7.2 Carros

Campos típicos (ex.: nome, energia diária, capacidade nominal, fração utilizável, potência de carga). Ajuste cada um; adicionar novo carro via botão “Adicionar Carro”.

⚡

Especificações do Carro

🚗

Carro 1

✕

Nome do carro

Capacidade da bateria

kWh

Ex: EV1

60

Capacidade utilizável

%

?

SOC inicial

%

95

20

SOC final

%

Eficiência global FV→bateria

%

?

100

85

Potência máx. do carregador onboard

kW

7,4

+ Adicionar Carro

7.3 Placas (Arrays FV)

Informe potência unitária do módulo, quantidade de módulos, irradiação (Horas de Sol Pleno ou kWh/m²/dia) e outros parâmetros. Botão “Adicionar Placa” inclui novo cartão.

☀️

Sistema Fotovoltaico

☀️

Placa 1

✕

Nome da placa

Potência do array

kWp

?

Ex: FV1

2

Performance Ratio (PR)

%

?

Horas de Sol Pleno (PSH)

h/dia

75

5

Observação

Orientação, inclinação, sombreamen

+ Adicionar Placa

7.4 Helpers

Cada helper expande uma mini-calculadora:

- Potência do Array: converte módulos em kWp.

- PR: estima Performance Ratio a partir de perdas percentuais (ou usa índice direto).
- Eficiência Global: combina perdas de etapas (ex.: inversor, carregador).
- Capacidade Utilizável: calcula percentual utilizável da bateria.

Potência do array
kWp
?

2

Potência do módulo (W)

Nº de módulos

Calcular

7.5 Salvar Modelos e Configurações

O modal permite:

- Salvar Modelo de Carro (apenas o template de um veículo selecionado).
- Salvar Modelo de Placa.
- Salvar Configuração (todos os carros e placas do cenário).
- Carregar/Excluir modelos ou configurações.

Salvar / Modelos

Configurações

0

Salve conjuntos completos (carros + placas) para reutilizar depois.

Nome da configuração

Salvar

Carregar

Excluir

Modelos de Carro

2

Salve especificações típicas (bateria, eficiência, limites) de cada veículo.

Nome do modelo

Carro 1

Salvar

teste

Carro 1

Aplicar

Modelos de Placa

1

Guarde combinações de potência, PR e PSH para cenários diferentes.

Nome do modelo

Placa 1

Salvar

Teste

Placa 1

Aplicar

7.6 Resultados e KPIs

Painel direito mostra:

- Energia total demandada (kWh/dia).
- Geração disponível (kWh/dia) após PR e eficiência.
- Excedente ou déficit.
- Tempo(s) de carga estimado(s).
- Indicadores auxiliares (percentuais).



8 Persistência (localStorage)

Chaves usadas (nomes podem variar conforme implementação final):

- `evConfigs`: lista de configurações salvas (JSON).
- `carModels`: modelos de carros.
- `placaModels`: modelos de placas.
- `evLastConfig`: ID ou objeto da última configuração carregada.

Modelos de Carro 2

Salve especificações típicas (bateria, eficiência, limites) de cada veículo.

Nome do modelo	Carro 1	Salvar
teste	Carro 1	Aplicar
teste		
nn		

Modelos de Placa 1

9 Cenários de Exemplo

9.1 Cenário 1: Frota Pequena

Dois veículos (20 e 15 kWh/dia); array FV de 5 kWp; $H = 5$ h; $PR = 0,78$; $\eta_{\text{glob}} = 0,88$.

$$E_{\text{entregue}} = 5 \times 5 \times 0,78 \times 0,88 = 17,16 \text{ kWh/dia}$$

Demanda total: 35 kWh/dia. Déficit de 17,84 kWh/dia (necessário complementar com rede ou ampliar FV).

9.2 Cenário 2: Ajustando Potência

Objetivo: suprir 35 kWh/dia com os mesmos H, PR, η .

$$P_{\text{array,req}} = \frac{35}{5 \times 0,78 \times 0,88} \approx 10,18 \text{ kWp}$$

Dimensionar módulos até potência próxima (ex.: 26 módulos de 390 W $\approx 10,14$ kWp).

10 Limitações e Próximos Passos

- Simplificação de perfis de carga (não considera curvas horárias).
- Não modela armazenamento intermediário (baterias estacionárias).
- PR e eficiência global tratados como escalares (não dependem de temperatura hora a hora).
- Possíveis melhorias: import/export de JSON externo; duplicar entidades; validação mais granular; perfil horário; integração com tarifas.

11 Boas Práticas de Entrada de Dados

- Validar se PR está em faixa realista (0,65–0,85).
- Eficiência global típica 0,80–0,92 para cadeia completa.
- Usar média anual de Horas de Sol Pleno ou irradiação mensal para estudos sazonais.

12 Referências

Referências

- [1] IEC 61724: Photovoltaic system performance monitoring.
- [2] Duffie, J. A., Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes.
- [3] Huld, T. et al. A power-rating model for crystalline silicon PV modules. *Solar Energy*.
- [4] Pesaran, A. Battery thermal models for hybrid vehicle simulations. NREL.