

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

GIOVANNI DI LASCIO MINELLI
GUILHERME PALMEIRA PENTEADO DA SILVA
MOISÉS RICARDO ALVES DA CRUZ
RAFAEL SILVEIRA FERRAZ

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE TOMADAS USB ATRAVÉS
DE ENERGIA RENOVÁVEL**

São Paulo
2025

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

GIOVANNI DI LASCIO MINELLI
GUILHERME PALMEIRA PENTEADO DA SILVA
MOISÉS RICARDO ALVES DA CRUZ
RAFAEL SILVEIRA FERRAZ

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE TOMADAS USB ATRAVÉS
DE ENERGIA RENOVÁVEL**

Trabalho de Graduação
apresentado por Giovanni Di Lascio Minelli,
Guilherme Palmeira Penteado da Silva,
Moisés Ricardo Alves da Cruz e Rafael
Silveira Ferraz, como pré-requisito para a
conclusão do Curso Superior de
Tecnologia em Controle de obras, da
Faculdade Tecnologia Victor Civita -
Tatuapé, elaborado sob a orientação do
Prof. Dr. Haroldo Luiz Nogueira da Silva

São Paulo

2025

CENTRO ESTADUAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA VICTOR CIVITA – FATEC TATUAPÉ

CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM CONTROLE DE OBRAS

Giovanni Di Lascio Minelli, Guilherme Palmeira Penteado da Silva,
Moisés Ricardo Alvez da Cruz, Rafael Silveira Ferraz

**ESTUDO DE VIABILIDADE E IMPLANTAÇÃO DE TOMADAS USB ATRAVÉS
DE ENERGIA RENOVÁVEL**

Aprovado em: ____ de ____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Professor. Mestre. Edegar Mauricio Keretch - Fatec Tatuapé Victor Civita

Professor. Especialista. Flaiton De Castro Garzoni - Fatec Tatuapé Victor
Civita

Professor. Dr. Haroldo Luiz Nogueira da Silva - Fatec Tatuapé Victor
Civita

Giovanni Di Lascio Minelli 1¹, AGuilherme Palmeira Penteado da Silva
2²; AMoisés Ricardo Alvez da Cruz 3³; Rafael Silveira Ferraz 4⁴; Haroldo Luiz
Nogueira da Silva⁵

Faculdade de Tecnologia Victor Civita – FATEC Tatuapé
Tecnologia em Controle de Obras

Resumo – O presente trabalho aborda a viabilidade da implantação de tomadas USB alimentadas por energia solar em espaços públicos, frente ao aumento da demanda por recarga de dispositivos móveis e à busca por soluções sustentáveis. O objetivo foi analisar a viabilidade técnica e econômica dessa proposta, visando reduzir a dependência da rede elétrica convencional e incentivar o uso de fontes renováveis. A metodologia consistiu em revisão bibliográfica e estudo de viabilidade, contemplando o dimensionamento, a instalação e a manutenção do sistema. A análise dos dados mostrou que a solução é tecnicamente viável, possui potencial de replicação e garante autonomia energética, porém apresenta limitações financeiras em razão do custo de implantação estimado em R\$ 3.177,53, sem retorno econômico direto. Conclui-se que, apesar da restrição financeira, o projeto contribui para a sustentabilidade e agrega valor social e ambiental aos espaços públicos, podendo servir como referência para futuras iniciativas em eficiência energética.

Palavras-chave: Energia Fotovoltaica, Sustentabilidade, Tomadas USB, Viabilidade Técnica.

¹ giovanni.minelli@fatec.sp.gov.br

² guilherme.silva489@fatec.sp.gov.br

³ moises.cruz@fatec.sp.gov.br

⁴ rafael.ferraz4@fatec.sp.gov.br

⁵ haroldo.silva@fatec.sp.gov.br

Sumário

1.	INTRODUÇÃO.....	5
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1.	Histórico da energia solar fotovoltaica.....	5
3.	SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	6
3.1.1.	Tipos de células solares e sua eficiência	6
3.1.2.	Sistema fotovoltaico Off-Grid.....	7
3.1.3.	Componentes adotados para o sistema	7
4.	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL.....	8
4.1.	Equipamentos de proteção.....	10
4.2.	Estimativa de consumo e capacidade de atendimento.....	10
4.3.	Alternativa para instalação	10
4.4.	Replicabilidade	11
5.	DIMENSIONAMENTO	11
5.1.	Estimativa de consumo	11
5.2.	Dimensionamento do banco de bateria	13
5.3.	Controlador de carga.....	14
5.4.	Conversor DC-DC e saída USB	14
5.5.	Fiação e seção de cabos.....	16
5.6.	Proteções e seguranças.....	16
5.7.	Consideração sobre eficiência e clima	17
5.8.	Viabilidade técnica e financeira	17
6.	CONCLUSÃO	22
	DEDICATÓRIA	22
	REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por pontos de recarga em espaços públicos evidencia a necessidade de soluções acessíveis e sustentáveis que atendam às necessidades cotidianas da população e reduzam a dependência da rede elétrica convencional. Nesse contexto, os sistemas fotovoltaicos apresentam-se como alternativa estratégica, unindo inovação tecnológica e responsabilidade socioambiental.

O projeto propõe a instalação de tomadas USB alimentadas por energia solar, em conformidade com as normas ABNT NBR 5410 e NBR 16690, garantindo segurança e viabilidade técnica. O objetivo é demonstrar a aplicabilidade dessa solução em espaços coletivos, oferecendo um modelo sustentável e replicável.

A metodologia baseia-se no levantamento de requisitos técnicos e normativos, dimensionamento do sistema fotovoltaico conforme as condições locais de irradiação solar e análise de viabilidade técnica e econômica. Dessa forma, busca-se integrar eficiência energética, sustentabilidade e desenvolvimento urbano.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Entre os trabalhos similares identificados, destaca-se o projeto da Universidade do Vale do Itajaí (2020), que desenvolveu carregadores solares portáteis para fins educacionais. Como inovação internacional, cita-se o “Solar Backpack”, mochila equipada com painéis solares integrados, voltada para geração de energia durante deslocamentos. Esses exemplos reforçam a relevância e o potencial de replicação do presente projeto.

2.1. HISTÓRICO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O desenvolvimento da energia solar fotovoltaica teve início no século XIX, com a descoberta do efeito fotovoltaico por Alexandre Edmond Becquerel. Em

1883, Charles Fritts construiu a primeira célula solar funcional, ainda com baixa eficiência. O avanço decisivo ocorreu em 1954, nos Laboratórios Bell, com as células de silício, que permitiram aplicação prática e impulsionaram pesquisas. Inicialmente utilizadas em programas espaciais, as células ganharam espaço a partir da crise energética de 1970, consolidando-se como tecnologia renovável no meio urbano.

3. SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Os sistemas fotovoltaicos são conjuntos de equipamentos que convertem a energia solar em eletricidade, por meio de módulos que geram corrente contínua (CC). Essa energia pode ser utilizada diretamente ou convertida em corrente alternada (CA) por inversores e dispositivos específicos, consolidando-se como alternativa limpa e renovável para diversificação da matriz energética e redução de impactos ambientais.

O sistema on-grid é conectado à rede elétrica pública, permitindo o consumo local da energia gerada e a injeção do excedente na rede, com compensação de créditos junto à concessionária. Já o sistema off-grid não depende da rede elétrica, armazenando a energia em baterias para garantir fornecimento contínuo, sendo indicado para locais remotos ou aplicações que exijam independência da infraestrutura convencional.

Considerando os objetivos deste trabalho, adota-se a configuração off-grid, por ser a mais adequada à implantação de pontos de recarga em espaços públicos e por reforçar o caráter sustentável e replicável da proposta.

3.1.1. TIPOS DE CÉLULAS SOLARES E SUA EFICIÊNCIA

Atualmente, três tipos principais de células solares são amplamente comercializados, cada um com características específicas de eficiência e custo de produção:

- a) Silício monocristalino - eficiência entre 14% e 20%, maior custo.
- b) Policristalino – eficiência de 13% a 16%, melhor custo-benefício.

- c) Amorfo – eficiência de 5% a 8%, indicado para pequenos dispositivos e uso interno.

Estudos recentes demonstram que as células de silício amorfo são eficazes para uso interno, especialmente para recarga de dispositivos de baixo consumo, como lâmpadas LED, tornando-as interessantes para sistemas híbridos que combinam diferentes tipos de células solares.

3.1.2. SISTEMA FOTOVOLTAICO OFF-GRID

Conforme descrito no item 2, os sistemas off-Grid operam sem conexão à rede, com armazenamento em baterias e uso de controladores de carga e conversores. Nesta seção, registra-se apenas o enquadramento conceitual, remetendo-se aos detalhes técnicos já apresentados anteriormente.

3.1.3. COMPONENTES ADOTADOS PARA O SISTEMA

Painel Solar Fotovoltaico: responsável por captar a radiação solar e convertê-la em energia elétrica em corrente contínua.

FIGURA 01: Painel solar fotovoltaico



Fonte: Espaço Solar, 2025;

Controlador de Carga: regula o fluxo de energia entre o painel solar e o banco de baterias, evitando sobrecargas e descargas excessivas.

FIGURA 02: Controlador de carga



Fonte: DGTEC, 2025;

Banco de Baterias: armazena a energia produzida durante o dia para garantir o fornecimento contínuo, inclusive no período noturno.

FIGURA 03: Banco de baterias



Fonte: JVR VIRTUAL, 2025;

Conversor DC-DC e Módulo USB: converte a energia armazenada nas baterias para o padrão de 5V exigido pelas portas USB, permitindo a recarga de dispositivos móveis.

FIGURA 04: Conversor DC-DC



Fonte: MAKER HERO, 2025;

FIGURA 05: Modulo USB



Fonte: SANTIL, 2025;

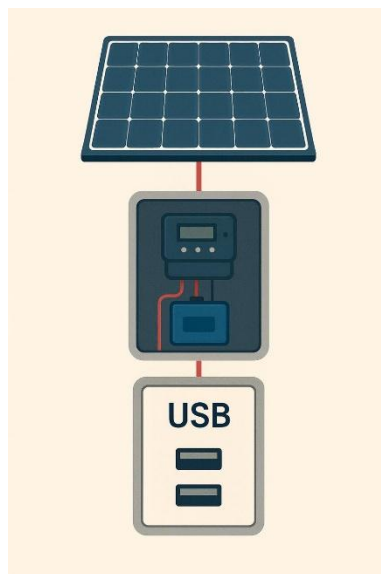
Equipamentos de Proteção: englobam fusíveis, disjuntores, DPS e caixas com proteção IP65, assegurando a segurança elétrica do sistema e dos usuários.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO CONCEITUAL

A proposta foi estruturada a partir de três pilares principais, sendo a autonomia energética, facilidade de instalação e replicabilidade em espaços públicos, com base em dados de catálogos de fornecedores, simulações e referências técnicas. O sistema, composto por painéis solares, controlador de carga, baterias e saídas USB, foi dimensionado em conformidade com normas

brasileiras como a ABNT NBR 5410 e a ABNT NBR 16690, assegurando viabilidade técnica, segurança e sustentabilidade, além de servir como modelo para futuras implementações em diferentes contextos urbanos.

FIGURA 06: Ilustração do projeto



Fonte: Grupo, 2025;

FIGURA 07: Ilustração da implantação



Fonte: Grupo, 2025;

4.1. EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO

A fim de garantir a segurança do sistema e dos usuários, o projeto contempla os seguintes itens:

- Fusíveis e disjuntores de corrente contínua na entrada e saída das baterias
- DPS (dispositivos de proteção contra surtos) na entrada do controlador de carga;
- Caixa metálica com proteção IP65 para acomodação dos componentes internos, conforme Norma;
- Aterramento estrutural conforme Norma ABNT NBR 5410 e NBR 5419-1

4.2. ESTIMATIVA DE CONSUMO E CAPACIDADE DE ATENDIMENTO

Levando em consideração um aparelho eletrônico, celular, com capacidade de bateria de 3000mAh (3,7V), que corresponde a aproximadamente 11Wh, e um sistema com eficiência próxima a 80%, o projeto idealizado teria capacidade para cerca de 20 a 25 cargas completas por dia em dias de sol.

TABELA 01: Informações de estimativa de consumo

Parâmetro	Valor estimado
<i>Energia Gerada</i>	280 ~ 320 Wh
<i>Capacidade útil</i>	~ 250Wh
<i>Consumo médio por recarga</i>	11 ~ 13Wh
<i>Total de recargas possíveis</i>	20 ~ 25
<i>Autonomia sem sol</i>	~ 10

Fonte: Grupo, 2025.

4.3. ALTERNATIVA PARA INSTALAÇÃO

Durante o desenvolvimento do projeto foram analisadas três alternativas para a instalação do sistema fotovoltaico: a fixação sobre a cobertura do ponto de ônibus, solução prática e de fácil execução; a instalação em estrutura metálica independente, que exige fundação e obra civil; e a fixação na lateral do edifício da Fatec, opção mais discreta, porém tecnicamente mais complexa. Para o estudo conceitual, adotou-se a primeira alternativa, por apresentar maior praticidade, viabilidade técnica e alinhamento ao escopo do projeto.

4.4. REPLICABILIDADE

Um dos principais diferenciais do projeto é sua alta replicabilidade, possibilitada pelo desenvolvimento de um kit modular padronizado, de fácil instalação, manutenção e transporte. O conjunto é formado por painel solar com suportes ajustáveis, caixa blindada com controlador de carga, baterias e conversor, módulos de saída USB e manual técnico com instruções de uso. Essa configuração torna o sistema acessível para prefeituras, escolas, centros comunitários e iniciativas privadas, ampliando o acesso à energia limpa e incentivando a inclusão tecnológica em espaços públicos.

5. DIMENSIONAMENTO

Os cálculos de dimensionamento foram elaborados com base em estimativas realistas de uso, levando em consideração aspectos como consumo médio dos dispositivos, autonomia desejada, eficiência dos componentes do sistema e as condições climáticas típicas da cidade de São Paulo.

5.1. ESTIMATIVA DE CONSUMO

O sistema tem como por objetivo fornecer energia para a recarga de celulares via porta USB de 5V. Levando em consideração um aparelho com bateria de 3000mAh, a 3,7V, a energia consumida por carga seria estimada através da equação 1:

$$E = V \times Ah = 3,7 \times 3 = 11,1 \text{ Wh}$$

Eq. (1)

Em que:

E = Energia, geralmente em Wh ou kWh – watt-hora ou quilowatt-hora;

V = Tensão, em volts; e

Ah = Capacidade elétrica, em ampère-hora.

Considerando as perdas no sistema, entre conversão e controle, consideraria uma eficiência de 80%, resultando em aproximadamente:

$$E = \frac{11,1}{0,8} = 13,9wH \quad \text{Eq. (1)}$$

O objetivo é permitir cerca de 20 recargas diárias, o que corresponde a:

$$E = 13,9 \times 20 = 278wH \quad \text{Eq. (1)}$$

Com isso, o sistema precisa gerar e armazenar pelo menos 280 a 300Wh por dia, possibilitando uma margem para dias nublados

5.1. DIMENSIONAMENTO PAINEL SOLAR

O dimensionamento para o painel solar leva em consideração alguns fatores, sendo:

- a) Irradiação de luz solar em São Paulo: 4,5kWh/m²
- b) Eficiência real do painel solar (com perda): Cerca de 75%
- c) Horas de sol pleno em São Paulo: ~ 4 horas

Tendo em vista que será necessário gerar de 280 a 300Wh/Dia, temos através da equação 2:

$$P = \frac{E}{\eta \times H} = \frac{300}{0,75 \times 4} = 100w \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

P = Potência do painel solar necessária, geralmente em Watts;

E = Energia consumida por dia, geralmente em Wh – watt-hora;

η = Eficiência do sistema, valor entre 0 e 1; e

H = Horas de sol pleno por dia, em h – horas.

Portando, adotou-se um painel solar monocristalino de 100Wp, que irá fornecer boa eficiência energética, cerca de 17 a 20%, com tamanho compacto, de cerca de 1m², bom comportamento térmico e ampla disponibilidade de marca

5.2. DIMENSIONAMENTO DO BANCO DE BATERIA

Tendo em vista que se deseja ao menos um dia de autonomia sem geração solar, a bateria precisa ser capaz de armazenar cerca de 300Wh. As baterias costumam ser especificadas por sua tensão (V) e a capacidade (Ah), então usando o padrão de 12V, temos através da equação 3:

$$Ah = \frac{E}{V} = \frac{300}{12} = 25Ah \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

Ah = Capacidade da bateria, em Ah – ampère-hora;

E = Energia consumida por dia, em Wh – watt-hora; e

V = Tensão do sistema, em V – volts.

Considerando a eficiência máxima de 66,97%, a capacidade nominal deverá ser representada através da equação 4:

$$C = \frac{C_{real}}{\eta} = \frac{25}{0,6697} = 37,33 Ah \quad \text{Eq. (4)}$$

Em que:

C_{real} = Capacidade real necessária, sem considerar perdas, em Ah – ampère-hora;

η = Eficiência do sistema, em % - porcentagem; e

C = capacidade nominal corrigida, o que realmente precisa instalar e considerando as perdas do sistema, em Ah – ampère-hora.

Com base na Equação 4, para uma demanda entre 280 e 300 Wh, a obtenção da capacidade nominal ficou próximo a 37 Ah. Adotou-se, portanto, um banco de bateria de 12V - 30 Ah, composto por uma bateria selada, do tipo VRLA, ou do tipo de íons de lítio, de uso comercial comum, que atenderá o projeto, porém com uma margem reduzida considerando o uso real estimado.

5.3. CONTROLADOR DE CARGA

Tendo em vista que o controlador de carga deverá proteger a bateria contra sobrecarga, e com base no painel de 100W, a corrente máxima estimada é através da equação 5:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{100}{12} \approx 8,30A \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

I = corrente que o controlador precisa suportar, em A – ampère;

P = Potência do painel solar, em W - watts; e

V = Tensão do sistema, em V – volts.

Fora especificado, portanto, um controlador MPPT de 12V/10A, que irá garantir eficiência e margem de segurança para a corrente. O MPPT se ajusta de forma dinâmica o ponto máximo de potência do painel, proporcionando o aumento do aproveitamento energético em até 30% em relação aos modelos PWM.

5.4. CONVERSOR DC-DC E SAÍDA USB

A saída do sistema deverá ser estabilizada em 5 V / 2,1 A por porta, conforme o padrão adotado pelos carregadores USB comumente utilizados. Considerando 4 (quatro) saídas, a corrente total deverá ser dimensionada com margem de segurança suficiente para suportar o funcionamento simultâneo de até quatro cargas em regime típico, conforme será representado pela equação (6):

$$I = I_{\text{carga}} \times \eta = 2,1 \times 4 = 8,4A \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que:

I = corrente total que o conversor deve suportar, em A – ampère;

I_{carga} = corrente consumida de cada carga, em A - ampère; e

η = número de cargas/saídas simultâneas do sistema, em adimensional.

O sistema é alimentado a 12V, portanto o conversor DC-DC será responsável por reduzir a tensão, mantendo a corrente de saída estável. A potência de saída será através da equação 7:

$$P = V \times I = 5 \times 8,4 = 42 W \quad \text{Eq. (7)}$$

Em que:

I = corrente, em A – ampère;

P = Potência, em W - watts; e

V = Tensão, em V – volts.

Verificar a eficiência do conversor DC-DC não são 100% eficientes. Se o conversor tiver 90% de eficiência, a potência consumida na entrada (12V) será maior do que 42W, conforme representado na equação 8.

$$P_{\text{entrada}} = \frac{P_{\text{saída}}}{\eta} = \frac{42}{0,9} = 46,7 W \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que:

P_{entrada} = potência entrada, em W – watts;

$P_{\text{saída}}$ = potência saída, em W - watts; e

η = eficiência do sistema, valor entre 0 e 1.

Como conversores DC-DC apresentam eficiência entre 85% e 90%, a potência de entrada torna-se maior que a potência de saída. Dessa forma, para 42 W na saída (5 V / 8,4 A), a potência requerida na entrada é de aproximadamente 49–50 W, conforme representado na Equação 8.

Adotou-se, portanto, um conversor step-down com saída estabilizada em 5 V / 10 A, equipado com proteção térmica e contra curto-circuito, garantindo operação segura e compatibilidade com a potência calculada

5.5. FIAÇÃO E SEÇÃO DE CABOS

A fim de garantir segurança e minimizar perdas, os condutores devem ser dimensionados com base no corrente máximo e no comprimento entre os componentes. Sendo assim, a seção dos fios foi definida conforme a tabela 02 abaixo:

TABELA 02: Informações técnicas do equipamento

Local	Corrente (A)	Comprimento (m)	Seção (mm ²)
<i>painel controlador</i>	6 A	Até 3	2,5
<i>controlador bateria</i>	8 A	Até 2	4
<i>Bateria conversor USB</i>	10 A	Até 1,5	4

Fonte: Grupo, 2025.

Foi tomada como base a norma NBR5410, levando em consideração a instalação em eletroduto em área ventilada. Todos os cabos devem possuir resistência à radiação UV, com dupla isolação e estarem em conformidade com a NBR 16612.

5.6. PROTEÇÕES E SEGURANÇAS

O sistema deverá ser contemplado com os seguintes dispositivos, visando segurança e durabilidade

- a) Fusível de 10A, localizado entre o painel e o controlador
- b) Disjuntor 10A curva C, entre a bateria e o conversor
- c) DPS (dispositivo de proteção contra surtos), no controlador, conforme NBR 5419
- d) Caixa de proteção IP65 metálica ou em policarbonato, com sistema de travamento
- e) Aterramento conectado à estrutura metálica, conforme NBR 5410

5.7. CONSIDERAÇÃO SOBRE EFICIÊNCIA E CLIMA

O desempenho real do sistema fotovoltaico é afetado por condições ambientais e características dos componentes, reduzindo a geração em relação ao valor nominal. As principais perdas consideradas no dimensionamento são:

- a) Temperatura do painel: elevação térmica reduz a eficiência, com perda média de $\approx 5\%$ em ambientes urbanos.
- b) Sombreamento: árvores, estruturas e sombras parciais podem causar perda aproximada de 10%.
- c) Controlador MPPT: opera com eficiência de $\approx 95\%$, valor adotado para o sistema.
- d) Conversor DC-DC: apresenta eficiência entre 85% e 90%; assume-se 85%, devido às múltiplas portas USB.
- e) Fiação: perdas por resistência variam de 1% a 3%; considera-se 3% conforme o comprimento dos cabos.
- f) Sujidade (soiling): poeira, fuligem e poluição acumulam-se sobre o painel e reduzem sua captação. Estudos indicam perdas entre 2% e 8%, podendo chegar a 10% em cenários críticos. Para a FATEC Tatuapé, adota-se perda média de 5%, mitigável com limpeza periódica.

5.8. VIABILIDADE TÉCNICA E FINANCEIRA

O sistema apresenta viabilidade técnica, uma vez que seus componentes atendem às normas ABNT aplicáveis (NBR 5410, NBR 16690, NBR 16612 e NBR 5419) e ao dimensionamento desenvolvido neste estudo, garantindo operação segura, autonomia diária e compatibilidade com a demanda prevista.

Para estimar o investimento total, foi elaborado um orçamento contendo os custos dos materiais e equipamentos, ao qual se adicionou um valor aproximado de mão de obra para instalação, resultando no montante apresentado na Tabela 03.

TABELA 03: representação dos valores de materiais e mão de obra

Itens	Descrição	Unid.	Qtd.	Valor unitário	Valor total
1	Material				
1.1	Painel solar monocristalino 100 Wp	un.	1	R\$ 215,00	R\$ 215,00
1.2	Controlador de carga MPPT 10A 12V	un.	1	R\$ 125,50	R\$ 125,50
1.3	Bateria estacionária 12V – 30Ah (VRLA)	un.	1	R\$ 404,15	R\$ 404,15
1.4	Conversor DC-DC 12V → 5V/10A	un.	1	R\$ 130,00	R\$ 130,00
1.5	Módulo USB com 4 portas 5V/2,1A	un.	1	R\$ 38,66	R\$ 38,66
1.6	Fusível tipo lâmina 10A (painel → Controlador)	un.	1	R\$ 0,60	R\$ 0,60
1.7	Disjuntor unipolar CC 10A	un.	1	R\$ 15,90	R\$ 15,90
1.8	DPS (Dispositivo de Proteção contra Surtos) CC	un.	1	R\$ 80,00	R\$ 80,00
1.9	Porta-fusível ou suporte para disjuntor DIN	pç	1	R\$ 34,94	R\$ 34,94
1.10	Caixa de proteção IP65 (mín. 30x30x17cm)	pç	1	R\$ 166,64	R\$ 166,64
1.11	Suporte metálico para painel (ajustável)	un.	1	R\$ 51,53	R\$ 51,53
1.12	Presilhas ou fitas metálicas para bateria	pç	2	R\$ 20,95	R\$ 41,90
1.13	Trilho DIN para montagem de componentes	un.	1	R\$ 21,11	R\$ 21,11
1.14	Cabo solar 2,5 mm ² (painel controlador)	m	3	R\$ 19,50	R\$ 58,50
1.15	Cabo flexível 4 mm ² (bateria para saída)	m	3	R\$ 7,47	R\$ 22,41
1.16	Conectores MC4	pç	2	R\$ 11,53	R\$ 23,05
1.17	Terminal de compressão	pç	10	R\$ 1,54	R\$ 15,37
1.18	Prensa-cabos PG11 ou PG13.5	pç	2	R\$ 2,08	R\$ 4,15
1.19	Fita isolante de qualidade	vb	1	R\$ 19,59	R\$ 19,59
1.20	Parafusos aço inox, diâmetro 6mm com buchas de nylon 6mm	un.	10	R\$ 1,40	R\$ 13,99
1.21	Parafusos M4 ou M5 internos	un.	6	R\$ 2,82	R\$ 16,89
1.22	Porcas travante M5	un.	10	R\$ 1,50	R\$ 14,99
1.23	Arruelas travantes	un.	10	R\$ 1,75	R\$ 17,46
1.24	Eletroduto rígido PVC 3/4"	br	2	R\$ 12,11	R\$ 24,22
1.25	Curvas e conectores de eletroduto 3/4"	pç	4	R\$ 14,53	R\$ 58,10

1.26	Adesivo de vedação/silicone	vb	1	R\$ 20,76	R\$ 20,76
1.27	Placa de sinalização "Ponto Solar Gratuito	un.	1	R\$ 40,00	R\$ 40,00
1.28	Parafusos autoatarraxantes p/ tampa	cj	4	R\$ 0,53	R\$ 2,12
2	serviços				
2.1	Mão de obra	vb	1	R\$ 1.500,00	R\$ 1.500,00
Total					R\$ 3.177,53

Fonte: Grupo, 2025.

A análise financeira foi realizada comparando-se a energia gerada pelo sistema fotovoltaico com o custo equivalente de obtenção dessa mesma energia pela rede elétrica convencional. As Figuras a seguir apresentam o histórico real de consumo e faturamento de uma residência com quatro adultos, a partir do qual se determinou uma tarifa média aproximada de R\$ 0,94/kWh, valor utilizado nas estimativas.

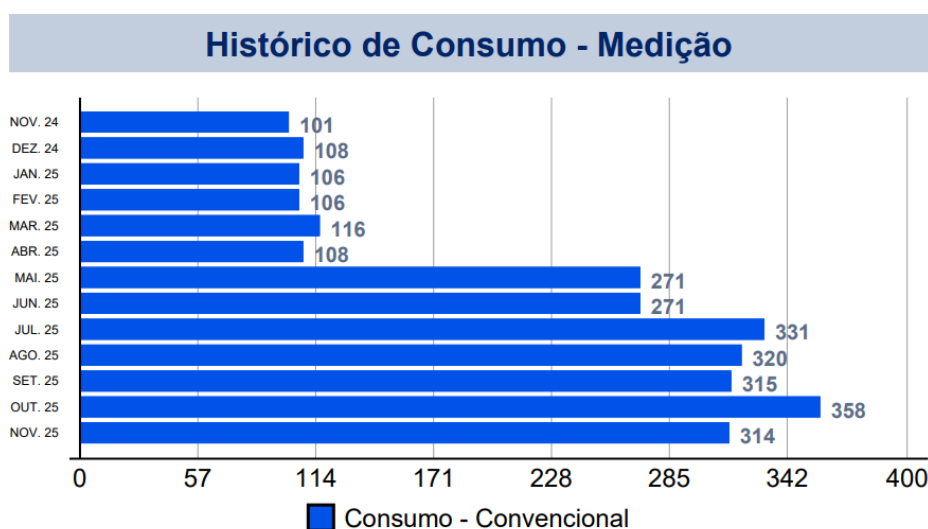
FIGURA 08: Custo financeiro residência

Instalação: 0051725479

Endereço: R PAULO LOPES LEAO, 668 - ITAQUERA, SAO PAULO - SP



Fonte: Grupo, 2025.

FIGURA 09: Consumo de energia da residência

Fonte: Grupo, 2025.

Considerando um smartphone com bateria típica de 3.265 mAh, como o iPhone 13, sua recarga completa demanda cerca de 12,5 Wh na bateria. Quando consideradas as perdas de conversão e eficiência do sistema ($\approx 80\%$), a energia necessária para realizar uma recarga é de aproximadamente:

$$E_{\text{recarga}} = \frac{E_{\text{útil}}}{\eta} = \frac{12,5 \text{ Wh}}{0,8} \approx 15,6 \text{ Wh} \quad \text{Eq. (9)}$$

Em que:

E_{recarga} = energia consumida, em Wh – watts hora;

$E_{\text{útil}}$ = energia útil, em Wh – watts hora; e

η = eficiência do sistema, valor entre 0 e 1.

O custo de uma recarga completa utilizando somente a rede elétrica pode ser estimado por:

$$C_{\text{recarga}} = E_{\text{recarga}} \times Vc = 0,0156 \text{ kWh} \times 0,94 \text{ R\$/kWh} \approx \text{R\$ } 0,015$$

Em que:

Eq. (10)

C_{recarga} = custo de uma recarga em reais, em R\$ - reais;

Vc = valor cobrado pela concessionária por cada kWh; e

E recarga = energia consumida em uma recarga, em Wh.

Ou seja, cada recarga custa cerca de um centavo e meio na rede da concessionária. Mesmo considerando o uso máximo estimado do sistema, com cerca de 20 recargas diárias, o gasto anual seria:

$$C_{\text{anual}} = R_{\text{gast diario}} \times C_{\text{d ano}} = 0,30 \text{ R\$/dia} \times 365 \approx \text{R\$ } 109,50 \quad \text{Eq. (11)}$$

Em que:

C anual = custo total em um período de um ano, em R\$ - reais;

R gast diario = representa o gasto diário com energia elétrica, em R\$; e

C d ano = corresponde ao número de dias em um ano, em dias.

Dessa forma, a economia anual gerada pelo sistema fotovoltaico é da ordem de R\$ 100 a R\$ 110, enquanto o custo estimado de implantação é de R\$ 3.177,53. O tempo de retorno do investimento é, portanto:

$$\text{Payback} = \frac{V_{\text{invest.}}}{E_{\text{anual}}} = \frac{3.177,53}{108} \approx 29 \text{ anos} \quad \text{Eq. (12)}$$

Em que:

V invest. = é o valor do investimento inicial no sistema, em R\$ - reais;

E anual = representa a economia anual gerada pelo sistema, em R\$/ano; e

Payback = é o número de anos necessários para recuperar o valor investido através da economia gerada, em anos.

Esse período supera a vida útil de componentes críticos, como o banco de baterias, e se aproxima do limite de operação do próprio painel fotovoltaico. Assim, sob a ótica estritamente financeira, o sistema não apresenta atratividade econômica, pois a economia anual proporcionada é muito inferior ao investimento requerido.

6. CONCLUSÃO

O trabalho analisou a viabilidade técnica e financeira de um sistema de recarga de dispositivos móveis via portas USB, alimentado por energia solar fotovoltaica em modo off-grid. O sistema demonstrou-se tecnicamente viável, com capacidade de geração diária de entorno de 300 Wh, autonomia para um dia e atendimento de até vinte usuários, mesmo sob condições adversas. O dimensionamento considerou cálculos de potência, corrente, armazenamento, eficiência e perdas, evidenciando robustez técnica. Contudo, a viabilidade financeira apresentou limitações, pois o custo de implantação não se traduz em retorno econômico direto, o que restringe sua execução autossustentável.

Apesar disso, o projeto possui elevado impacto social, educacional e ambiental, ao incentivar práticas sustentáveis, promover inclusão digital e oferecer acesso à energia em espaços públicos. Sua implementação pode ser viabilizada por meio de parcerias, incentivos governamentais ou patrocínios, reforçando seu potencial como solução concreta, escalável e sustentável para o contexto urbano, alinhada à crescente demanda energética e aos desafios ambientais contemporâneos.

DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho de graduação às nossas famílias, que estiveram sempre presentes e nos motivaram a seguir em frente. Aos colegas deste grupo, pelo empenho, união e dedicação diante das dificuldades encontradas ao longo do percurso. Aos amigos, pelo apoio, incentivo e palavras de encorajamento nos momentos mais desafiadores.

Estendemos também nossos agradecimentos à rede docente da FATEC Tatuapé, pelo compromisso com a excelência no ensino, pela orientação e pela contribuição fundamental para a nossa formação. À instituição e a todos os seus colaboradores, por proporcionarem uma estrutura e um ambiente propício ao desenvolvimento acadêmico e profissional.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16690: Sistemas fotovoltaicos – Projeto. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16612: Cabos solares – Requisitos para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5419-1: Proteção contra descargas atmosféricas – Parte 1: Princípios gerais. Rio de Janeiro, 2015.
- CRESESB; CEPEL. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf. Acesso em: 15 jun. 2025.
- VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Érica, 2019.
- OLIVEIRA, A. M. de; FERREIRA, G. T.; STROHSSCHOEN, A. A. G. Aplicabilidade da conversão fotovoltaica para carregador de celular – pesquisa em sala de aula. Luminária, União da Vitória, v. 23, n. 1, p. 15–24, 2021.
- RIBEIRO, V. T. Projeto de um carregador de celular utilizando células fotovoltaicas. 2006. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia da Computação) – Centro Universitário de Brasília, Brasília, 2006.
- MILANEZI JUNIOR, J. et al. Sistema fotovoltaico de captação de energia para carga de aparelhos celulares em ambientes fechados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 5., 2014, Recife. Anais [...]. Recife: ABENS, 2014.
- SILVA, M. D.; MINCHIO, J. L. Solar backpack: um gerador móvel de energia sustentável de baixo custo. 2020.
- PARANÁ (Estado). Secretaria de Estado da Educação – SEED. Aula 18 – Power bank. Curitiba: SEED, 2024.