

Carregamento sustentável: Modelagem e simulação de um carregador solar para dispositivos móveis

Ingrid Mangia Barros¹; 0000-0003-1858-7391
Arthur Alves Meister¹; 0000-0002-1939-1641
Nicolas Silva de Paula¹; 0000-0003-1614-6760
Matheus Souza de Paula Silva¹; 0000-0002-7853-1165
Pedro Ronsisvalle Maciel Toledo¹; 0000-0002-1684-7383
Vitor Amadeu Souza ¹; 0009-0002-1857-6799

1 – UniFOA, Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, RJ.
Ingridmbarros04@gmail.com

Resumo: Com o aumento da conscientização sobre a importância da sustentabilidade e a dependência crescente de dispositivos móveis, as bases de carregamento solar para celulares emergem como uma solução inovadora e ecológica. Em vista disso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um projeto de carregador solar, analisando e avaliando sua eficácia e viabilidade, através de simulações e testes feitos em softwares como, TinkerCAD, EasyEDA, MIT App Inventor, entre outros, com o intuito de investigar sua eficiência energética, custo-benefício e o impacto ambiental do sistema, buscando oferecer uma alternativa prática e sustentável para o carregamento de celulares.

Palavras-chave: Carregador solar. Energia renovável. Sustentabilidade. Simulação.

INTRODUÇÃO

Em 2024, 167,5 milhões de pessoas de 10 anos ou mais de idade possuíam celular para uso pessoal no país, o que corresponde a 88,9% da população dessa faixa etária. Nas áreas urbanas, esse percentual alcançou 90,5%, enquanto nas áreas rurais esse percentual foi de 77,2%. (IBGE, 2025)

Essa alta taxa de crescimento no uso de dispositivos eletrônicos evidencia a crescente demanda por energia elétrica, visto que seu funcionamento depende diretamente desse recurso. No Brasil, os padrões atuais de produção e consumo energético ainda possuem bases nas fontes fósseis, o que gera emissões de poluentes locais e gases de efeito estufa (GOLDEMBERG, 2007). Em vista disso, o consumo sustentável de energia tem recebido atenção por sua influência direta nas mudanças climáticas (CASTRO; SILVA, 2022).

Nesse cenário, as bases de carregamento solar para celulares emergem como uma solução inovadora e ecológica. Essas bases utilizam a energia solar, uma fonte de energia inesgotável e acessível para quase todos os ambientes (RIBEIRO, 2006 e BECKER et al., 2018), para carregar baterias de celulares, oferecendo uma alternativa prática e sustentável aos métodos tradicionais de carregamento. Ideais para situações em que o acesso a uma fonte de energia elétrica é limitado, como em pontos de ônibus, acampamentos e atividades ao ar livre.

Em vista disso, tem-se como objetivo desenvolver um modelo de carregador solar, a fim de analisar e avaliar a eficácia e viabilidade do mesmo, investigando sua eficiência energética, custo-benefício e impacto ambiental. Além disso, pretende-se explorar o potencial dessas tecnologias como uma alternativa sustentável aos métodos tradicionais de carregamento, promovendo a adoção de práticas ecologicamente corretas e a redução da dependência de fontes de energia não renováveis.

MÉTODOS

O sistema proposto foi concebido para realizar o carregamento de dispositivos móveis por meio de energia solar, contando com monitoramento em tempo real do sistema via aplicativo. De modo geral, a arquitetura do projeto é composta por um painel fotovoltaico conectado a um circuito com Arduino, o qual irá processar todas as informações necessárias para enviá-



las ao usuário, indicando através de aplicativo e LEDs o estado de operação e condições do sistema, como carga ativa ou alerta de baixa energia.

A seleção dos componentes foi baseada nos requisitos de tensão e corrente para carregamento seguro de aparelhos celulares, bem como em critérios de eficiência e custo. Para definição dos componentes é preciso levar em consideração informações técnicas de potência e tensão do painel fotovoltaico e do consumo dos celulares a serem carregados. O painel utilizado possui uma tensão nominal de 17.1V e uma potência máxima de 135Wp. Já para o celular será considerado um consumo médio de 5V/2A, ou seja, cada celular consumirá em torno de 10W. No entanto, um dos requisitos desse sistema é ter a capacidade de carregar cinco celulares simultaneamente, analisando esse cenário, o circuito terá um consumo médio máximo de até 50W.

A partir da definição dos requisitos e dimensionamento do sistema foi possível, então, estabelecer a lista de componentes necessários para implementação do circuito de carregamento dos celulares, a qual está disposta no Quadro 1.

Quadro 1 - Componentes

Item	Produto	Item	Produto	Item	Produto
01	Arduino nano + cabo USB	07	Capacitor 10 μ f	14	Módulo USB 3.0
02	Módulo bluetooth HC-06	08	Par de garra jacaré p/bateria	15	Regulador de tensão – 7805
03	Resistor 1k Ω	09	Borne 2 polos	16	Capacitor 100nf
04	Resistor 2,2k Ω	10	Controlador de carga CMP12	17	LED verde
05	Resistor 4,7k Ω	11	Bateria	18	LED amarelo
06	Diodo 10A10	12	Placa solar	19	LED vermelho
07	Capacitor 10 μ f	13	Módulo Step Down – MP1584	-	-

Fonte: (Autores, 2025)

Com a definição dos componentes, foi estruturado o circuito que será responsável por carregar os celulares. Para isso, foi desenvolvido um diagrama elétrico, no software EasyEDA, o qual demonstra a interligação de cada componente presente no circuito.

Paralelamente a isso, foi elaborado um fluxograma na plataforma Visual paradigm, o qual descreve de forma resumida o funcionamento do sistema, facilitando, assim, a compreensão do processo e permitindo a definição da lógica de controle que irá contemplar o sistema.

A partir desse ponto, iniciou-se o desenvolvimento da programação em linguagem C/C++ na plataforma Arduino IDE, tomando como referência o fluxograma descrito anteriormente.

Além disso, vale destacar que todo o código passou por uma etapa de teste unitário, executada na plataforma TinkerCAD, onde para cada ponto crítico do sistema foi realizado um teste. Foram efetuados testes da comunicação e troca de informações do módulo bluetooth e foram realizados testes da leitura de tensão da bateria. Com esses testes, foi possível obter uma identificação antecipada de eventuais falhas no sistema tornando-o, assim, mais confiável.

A partir disso, foi dado início a elaboração da programação em C/C++ na plataforma Arduino IDE. Para criação do código foram utilizadas bibliotecas específicas para a comunicação sem fio do módulo bluetooth, além disso, foram declaradas variáveis de leitura de tensão e foram definidos pinos que serão utilizados para a lâmpada LED presente na placa. De modo geral, a programação conta com uma estrutura simples, com função de condições e comandos digitais. Ela foi organizada da seguinte forma: quando o valor de tensão da bateria estiver abaixo de 11,3V o LED vermelho irá ligar indicando baixo nível de carga, caso a tensão esteja entre 11,3V e 12V o LED amarelo irá ligar indicando que a bateria está em condições de uso nominal, e acima de 12V o LED verde irá ligar indicando que o nível de carga está em condições máximas, ou seja, carga total.

Por fim, a última etapa desenvolvida do projeto foi a criação do aplicativo de monitoramento da bateria. O aplicativo foi elaborado na plataforma MIT App Inventor, com interface simples e intuitiva, permitindo ao usuário visualizar em tempo real a tensão da bateria. Assim como na programação embarcada, foram realizados testes unitários no aplicativo para validar a exibição correta dos dados recebidos do microcontrolador e garantir a consistência das informações apresentadas ao usuário.

Para ter acesso a toda a documentação descrita basta acessar o link do Github: <https://github.com/Nicolas10102001/Artigos/issues/2#issue-3374074195>

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Mediante aos procedimentos efetuados no tópico anterior foi possível estabelecer um esboço de uma possível estrutura para o projeto ser implementado. Para isso, foi pensado em estabelecer carregadores solares em pontos de ônibus ou até mesmo em bancos de praça para os usuários poderem ter acesso a plataforma proposta.

Na figura 3, está sendo representado um esboço da estrutura de um ponto de ônibus com a implementação da plataforma de carregamento solar. O exemplo foi desenvolvido na plataforma OpenAI Art, no entanto, por se tratar de um esboço há algumas alterações a serem feitas como, por exemplo, modificar a estrutura do telhado.

Figura 1 – Esboço 1



Fonte: Autores (2025)

Uma das modificações seria com relação ao tipo de material utilizado no telhado, uma solução viável e mais comumente utilizada seria o uso de telhas solares, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 2 - Telha solar



Fonte: SolFácil (2025)

Além do esboço 1, foi possível realizar a criação de uma estrutura no Software Autodesk Fusion, apresentada na Figura 5. O modelo apresentado representa um esboço de um banco com uma estrutura com cobertura, a qual ficará posicionada a placa solar. Na parte esquerda, fixado ao suporte da cobertura, está o painel onde ficarão dispostos os LEDs que indicarão ao usuário o nível de carga da bateria. Além disso, na parte inferior frontal foi adicionado ao banco portas USB para possibilitar o carregamento do aparelho celular dos usuários da plataforma.

Figura 3 - Esboço 2



Fonte: Autores (2025)

Além da plataforma, foi desenvolvido um aplicativo onde o usuário poderá acompanhar em tempo real a tensão disponível da bateria do sistema de carregamento solar. Abaixo, na



Figura 6, está ilustrado a tela inicial do aplicativo em questão. Nele é possível observar uma interface simples e intuitiva, onde basta apenas o usuário conectar-se ao sistema através do bluetooth do celular e terá as informações quanto a tensão da bateria.

Figura 4 - Aplicativo



Fonte: Autores (2025)

CONCLUSÕES

Conclui-se que os objetivos inicialmente estabelecidos foram plenamente atingidos, uma vez que os resultados obtidos por meio da modelagem e das simulações demonstraram que o sistema desenvolvido possui potencial para se consolidar como uma alternativa sustentável aos métodos convencionais de carregamento. Os resultados indicam que a solução proposta é aplicável tanto em ambientes urbanos quanto em locais com acesso restrito à rede elétrica convencional, evidenciando sua flexibilidade e relevância prática.

Como perspectiva para trabalhos futuros, sugere-se a implementação prática do sistema modelado, com o objetivo de validar os resultados obtidos nas simulações e avaliar seu

desempenho em condições reais de operação, possibilitando a identificação de ajustes necessários e a otimização do funcionamento do sistema para aplicações concretas.

REFERÊNCIAS

CASTRO, Neyline Maranhão de; SILVA, Minelle E.. Práticas de consumo sustentável: A dinâmica de consumo de energia elétrica a partir das teorias da prática. Reuna, Belo Horizonte, v. 27, n. 4, p. 01-21, set. 2022.

GOLDEMBERG, José. Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, abr. 2007.

IBGE. No Brasil, 88,9% da população de 10 anos ou mais tinha celular em 2024. 2025. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/44032-no-brasil-88-9-da-populacao-de-10-anos-ou-mais-tinha-celular-em-2024>. Acesso em: 25 ago. 2025.

RIBEIRO, Vinícius Taveira. PROJETO DE UM CARREGADOR DE CELULAR UTILIZANDO CELULAS FOTOVOLTAICAS. Orientador: Maria Marony S. Farias Nascimento. 2006. TCC (Doutorado em Ciências Exatas e tecnologia) - Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia – FAET, [S. I.], 2006.

SOLFÁCIL. Quantas telhas solares por metro quadrado? [blog]. Solfácil, 2025. Disponível em: <https://blog.solfacil.com.br/energia-solar/quantas-telhas-solares-por-metro-quadrado/>.