



ANÁLISE DE PEQUENAS PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA APLICAÇÕES EM CIRCUITOS ELETRÔNICOS AUTÔNOMOS

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2025.6107

Autores: FRANCISCO DE SALLES CINTRA GOMES, GILMAR BARRETO, AMILTON DA COSTA LAMAS, SÉRGIO ROBERTO PEREIRA, GABRIELLI FELIX FERNANDES, YAGO TIBURTINO DA SILVA

Resumo: Alunos voltados à extensão analisam pequenas placas fotovoltaicas que poderão auxiliar circuitos eletrônicos autônomos. Foi realizado por alunos que participam de um dos Projetos de Extensão da PUC-Campinas um experimento com placa fotovoltaica monocristalina ligada num resistor em paralelo na qual se mediu a tensão em volts. Essa placa foi apontada para o sol com diferentes inclinações, horários distintos, dias diferentes e resistores diferentes. Faz parte dos objetivos apresentar a viabilidade de pequenas placas fotovoltaicas para circuitos eletrônicos. Como metodologia, foi elaborado um experimento simples para que os alunos pudessem evidenciar a utilização de placas fotovoltaicas em circuitos autônomos. Nos resultados são apresentadas as respostas do experimento realizado. Como conclusão, a pequena placa fotovoltaica se mostra capaz de gerar uma energia próxima dos 10 Wh por dia que com uma bateria auxiliar poderá viabilizar circuitos eletrônicos autônomos.

Palavras-chave: Extensão Universitária; Projetos de Extensão; Placas Fotovoltaicas;

ANÁLISE DE PEQUENAS PLACAS FOTOVOLTAICAS PARA APLICAÇÕES EM CIRCUITOS ELETRÔNICOS AUTÔNOMOS

1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste artigo é mostrar uma análise de viabilidade de uma pequena placa fotovoltaica para circuitos eletrônicos autônomos. Este artigo está sendo elaborado por alunos que participam de projetos de extensão.

Na Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-Campinas, estão sendo realizados diversos projetos de extensão com a participação de alunos bolsistas e de alunos voluntários.

A origem deste estudo se deu a partir de um micro sistema de hidroponia que utilizou uma placa fotovoltaica similar a analisada e que ficou em funcionamento, automático, por mais de seis meses até que o sistema foi descontinuado. Também estimulou este estudo um irrigador automático que funcionava com pilhas comuns que eram trocadas a cada 2 a 3 meses.

Os alunos de engenharia elétrica têm interesse na inovação de tecnologias sustentáveis. Os conhecimentos adquiridos em sala de aula e o envolvimento com os projetos de extensão proporcionam aos estudantes a oportunidade de aplicar o que estão aprendendo em um contexto real e contribuir para a melhoria da qualidade de vida da sociedade.

Os projetos de extensão são realizados em conjunto com a Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão da Pontifícia Universidade Católica de Campinas com a participação das comunidades parceiras.

2 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em 2023, o Brasil bate recorde de expansão da energia solar e a matriz elétrica brasileira chega a 83,79% de fontes renováveis, passando a ser uma referência internacional (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2023). A fonte solar teve acréscimo de 3 Gigawatts à matriz energética brasileira, enquanto a eólica teve um aumento de 3,2 GW.

As Placas Fotovoltaicas tem se popularizado no Brasil. Muitas casas e empresas utilizam essa fonte renovável de energia. Os alunos de engenharia querem aprofundar no tema e querem dar soluções com o uso de placas fotovoltaicas, para as casas e para os circuitos eletrônicos.

Alunos do projeto de extensão querem aumentar os conhecimentos sobre temas correlatos como desenvolvimento de dispositivos IoT (Internet das Coisas) para monitorar o desempenho de sistemas diversos e associar ao uso da energia solar. Sistemas eletrônicos autônomos podem contribuir para a sustentabilidade e poderá melhorar a segurança das pessoas. Essa iniciativa poderá despertar o interesse da sociedade para o tema e estimular a adoção de práticas mais sustentáveis no dia a dia.

2.1 Projeto de Extensão

Na Pontifícia Universidade Católica de Campinas os docentes têm a possibilidade de propor um projeto de extensão para o biênio ou para um ano com a participação de alunos.

Um dos projetos de extensão está sendo realizado é o de “Tecnologia para o público sênior”, que tem por objetivo “dar a conhecer e desenvolver processos e/ou produtos, através de soluções inovadoras e de tecnologia que favoreçam o envelhecimento ativo para

o público sênior, com qualidade de vida e bem-estar, gerando alternativas para melhorar o convívio social, ao possibilitar ganhos de autonomia e de independência para o público sênior”. Participam de cada projeto de extensão um docente extensionista, coordenador, e alunos dos cursos de engenharia com objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas por meio de soluções sustentáveis e inovadoras. As ações possibilitam que o aluno se torne consciente que o conhecimento produzido pode servir a sociedade (FERNANDES, 2011).

Os públicos-alvo dos Projetos contam com pessoas em situação de vulnerabilidade social e com pessoas com mais de 60 anos, dentre outros.

2.2 Placas Fotovoltaicas e os tipos de placas

A energia fotovoltaica é a produção de eletricidade a partir da radiação solar, utilizando o efeito fotovoltaico. Esse efeito ocorre quando o material semicondutor absorve fótons e libera elétrons, gerando corrente elétrica. Os painéis solares, compostos por células fotovoltaicas, são responsáveis por transformar a energia solar em energia elétrica.

Basicamente, os tipos de placas fotovoltaicas podem ser monocristalinas, policristalinas e de filme fino. As monocristalinas são mais eficientes e mais caras, e as de filme fino são mais flexíveis, de menor custo e menos eficientes.

Neste artigo foi utilizada para análise uma pequena placa monocristalina.

2.3 Armazenamento de energia

As placas fotovoltaicas só produzem energia quando há sol. Para que a energia seja armazenada para utilização futura é necessário o uso de baterias. Circuitos eletrônicos específicos ligados à placa fotovoltaica fazem com que a energia seja armazenada em baterias.

As baterias normamente armazenam energia elétrica na forma reação química para que posteriormente possam ser convertidas em energia elétrica quando for necessário. Na geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar ou eólica, as baterias são essenciais para garantir que a energia gerada seja armazenada e usada de forma eficiente (CHEN, 2009).

As baterias desempenham um papel fundamental nos sistemas eletrônicos autônomos e são usadas para manter a operação do sistema.

2.4 Aplicabilidade

A ideia de circuitos autônomos mencionada neste artigo é para circuitos eletrônicos ou eletroeletrônicos que funcionam com sua própria energia. Alguns exemplos de equipamentos ou dispositivos que podem utilizar placas fotovoltaicas:

- Controle do irrigador automático para pequenas culturas.
- Pequenos ventiladores ou mini bombas d'água.
- Envio de informações a distancia, como umidade do solo na agricultura.
- Monitoramento, informações de temperatura, número de pessoas e outros.
- Acompanhar mercadorias ou animais no transporte.
- Climatização em estufas com persianas ou entradas de ventilação automáticas.
- Produção de alimentos em áreas rurais
- E outros

Abaixo, Figura 1, segue um exemplo de um temporizador automático com pilhas utilizado em irrigação de jardins.

Figura 1 – Temporizador automático com pilhas AAA utilizado em irrigação de jardins



Fonte: Os autores

O temporizador da Figura 1 é capaz de funcionar com pilhas AAA por cerca de 2 a 3 meses. Com um sistema fotovoltaico ele ficará independente ou autônomo.

2.5 Circuitos Eletrônicos Autônomos

Muitos circuitos eletrônicos autônomos utilizam microcontrolador ou microprocessadores que consomem energia de forma otimizada para prolongar a vida útil da bateria. Esses dispositivos podem ter comunicação com a internet e alguns são utilizados em projetos de Internet das Coisas (IoT).

A título de exemplo, um microcontrolador amplamente utilizado para desenvolver soluções é o ESP32 conhecido por sua versatilidade e por recursos avançados. Possui situações de operação como modo ativo, maior consumo de energia, e modo de hibernação, menor consumo de energia. No modo ativo, utiliza Wi-Fi, Bluetooth e mais componentes. Para economizar energia, o Wi-Fi e o Bluetooth podem ser desativados ou o microcontrolador pode entrar no modo de hibernação por um período de tempo. É comum a preocupação com gerenciamento de energia em sistemas autônomos para otimizar o uso da bateria.

Tabela 1 – Consumo do ESP32

Modo	Consumo Aproximado
Ativo	160-260 mA
Deep Sleep	10 uA
Hibernação	2,5uA

Fonte: Microprogramador (2023)

A preocupação com a energia em sistemas autônomos está presente nas linhas de código ou no software estabelecendo períodos no modo de hibernação.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Para uma análise teórica buscou informações sobre a irradiação solar, baterias para circuitos eletrônicos de pequeno porte e outros para embasar a nossa análise.

3.1 Energia solar e placas fotovoltaicas residenciais

O efeito fotovoltaico é definido como a transformação da energia contida na irradiação solar em energia elétrica.

A Radiação Solar (MARIANO, 2022) pode ser vista em dois aspectos:

- Instantânea, que é a potencia por metro quadrado. É a irradiância (W/m²).
- Integrada, que é a energia por metro quadrado. É a irradiação (Wh/m²).

A irradiação solar pode ser observada no Atlas Brasileiro de Energia Solar publicado pelo Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia, LABREN (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2017).

A irradiação solar (Wh/m².dia) para a cidade de Campinas/SP foi consultada e se encontra na Tabela 2

Tabela 2 – Médias do Total Diário da Irradiação (Wh/m².dia) Campinas/SP

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
5604	5753	5085	4615	3793	3535	3705	4612	4836	5484	5678	6121

Fonte: LABREN (2025)

A partir da Tabela 1 é possível obter a média diária anual com soma dos valores mensais dividindo-se por doze meses (58821 dividido por 12) resultando em 4901,75 Wh/m².dia.

Placas Fotovoltaicas residenciais

As principais especificações das placas fotovoltaicas utilizadas em residências para uma potência nominal de 550 Wp são:

- Tensão na Máxima Potência (V_{mp}): 41,7V.
- Corrente na Máxima Potência (I_{mp}): 13,2A.
- Tensão de circuito aberto (V_{oc}): 49,6V.
- Corrente de curto-circuito (I_{sc}): 14A.
- Eficiência do módulo (%): 21,3%.
- Tipo de célula: Monocristalino.
- Número de células: 144 [2 x (12 x 6)].
- Dimensões do módulo: 2278 x 1134 x 30mm.
- Peso: 27,6 kg;

3.2 Bateria e o circuito eletrônico para carregar a bateria

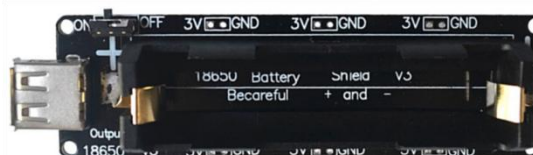
É comum a utilização da bateria 18650 facilmente encontrada comercialmente que é recarregável, de Li-Ion, com tensão nos terminais entre 3.7 V a 4.2 V e com capacidade de energia maior que 3000 mAh.

Na Figura 2 se encontram uma bateria 18560 e um carregador para esse tipo de bateria.

Figura 2 – Bateria e carregador



Bateria 18650



Carregador de Bateria 18650

Para carregar a bateria 18650 é comum utilizar o circuito carregador de baterias com proteção para carga e descarga, entrada micro USB ou USB tipo C, com saída USB tipo A,

com especificações de 0,5 Ampere (A) de corrente de carregamento, com tensão de entrada de 4,5 a 8 Volts, saídas para outro circuito eletrônico de 3,3 e 5 Volts, LED indicador de carregamento e de carga completa, com dimensões de 9,8 x 2.9 centímetros.

3.3 Análise numérica de energia

A análise numérica foi feita com os dados obtidos acima.

Placa fotovoltaica residencial – energia em kWh/dia e kWh/mês

Cálculo teórico da produção de energia:

- Área de 2278 x 1134 mm = 2,58 m²
- Para uma irradiação de 4615 (no mês abril, LABREN): 4615Wh/m² x 2,58 m² = 11,91kWh/dia
- Eficiência do módulo: 21,3% x 11,91 kWh/dia = 2,54 kWh/dia
- No mês: 2,54 kWh/dia x 30 dias = 76,2 kWh/mês

Placa fotovoltaica pequena – energia em kWh/dia e kWh/mês

Cálculo teórico da produção de energia:

- Área de 88 x 142 mm = 0,0125 m²
- Para uma irradiação de 4615 (no mês abril, LABREN): 4615Wh/m² x 0,0125 m² = 57,67 Wh/dia
- Eficiência do módulo: 21,3% x 57,67 Wh/dia = 12,28 Wh/dia
- No mês: 2,54 kWh/dia x 30 dias = 368,5 Wh/mês

Bateria 18650 de Li-Ion - energia em kWh

Cálculo teórico da energia armazenada:

- Para uma tensão média de 4 Volts nos terminais e uma capacidade de energia de 3000 mAh, tem-se 4 volts vezes 3000 mAh uma energia de 12 Wh.

Os valores obtidos acima são teóricos e podem sofrer interpretações diferentes, no entanto, dão uma boa estimativa de energia.

4 METODOLOGIA

Breve resumo, neste artigo foi utilizado para análise uma pequena placa monocristalina ligada num resistor em paralelo na qual se mediu a tensão em volts. Essa placa foi apontada para o sol com diferentes inclinações, horários distintos, dias diferentes e resistores diferentes.

Neste trabalho, o foco de atuação ficou voltado para soluções de engenharia, na forma de análise de uma placa fotovoltaica com testes voltados ao desempenho para viabilidade dos sistemas eletrônicos autônomos. As ações de Extensão não fazem parte deste artigo somente os alunos.

Faz parte da deste artigo buscar soluções para a viabilidade de sistemas eletrônicos com pequenas placas fotovoltaicas que possam colaborar na montagem de circuitos eletrônicos autônomos e pequenos.

Trata-se de um experimento com uma placa fotovoltaica exposta ao sol com os seus terminais elétricos ligados em paralelo com um voltímetro e com resistores em paralelo.

A seguir descrevemos o procedimento e depois os materiais utilizados.

4.1 Procedimento

A placa fotovoltaica foi colocada ao sol em dois dias diferentes, no dia 30 de abril de 2025 e 1º de maio de 2025, e foram feitas várias medidas em horários diferentes e em situações diferentes. Nos resultados são apresentadas apenas as medidas mais significativas. Como cargas foram utilizadas resistências ou resistores de 100 ohms de $\frac{1}{4}$ de watt que foram colocados em paralelo.

O circuito básico utilizado é composto por uma pequena placa fotovoltaica em paralelo com um resistor (R), a tensão foi medida por um multímetro na escala de 20 Volts.

A placa foi apontada na direção do sol com o comprimento maior para cima. A inclinação da placa foi medida com um transferidor, sendo que, na inclinação de 0°, zero grau, significa que a placa está na horizontal e na inclinação de 90°, noventa graus, a placa está na vertical, em pé ou perpendicular ao plano horizontal. A placa tem um diodo interno de proteção e a tensão de saída foi medida no conector USB, após o diodo.

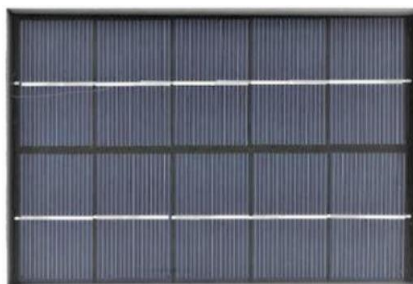
4.2 Materiais utilizados

Os materiais utilizados estão descritos a seguir. Foram utilizados: uma pequena placa fotovoltaica, um multímetro e resistores. Outros materiais utilizados foram importantes, mas não tem relevância, como por exemplo um transferidor.

Painel solar ou placa fotovoltaica

Painel solar de silício monocristalino de alta eficiência, 5 Watts, 5 Volts, corrente de trabalho de 0 a 380 mA, conector USB 2.0, com dimensões de 14,2 por 8,8 centímetros, fabricante luxuglow da China com certificado CE.

Figura 3 – Pannel solar de silício monocristalino



Fonte: Os autores

Multímetro

Foi utilizado um multímetro modelo DT830D, peso aproximado de 150 gramas, com dimensões de 12,3 x 6,8 x 2,3 cm, medidas de tensão DC na faixa de 200mV a 500V e AC entre 200 e 500V, medidas de corrente DC entre 200mA e 5A, medida de resistência entre 200 ohms a 2 M ohms, e bateria interna de 9V.

Resistores

Foram utilizados cinco resistores ôhmicos de $\frac{1}{4}$ Watt de 100 ohms. A resistência equivalente foi obtida através de associação em paralelo, para uma carga de 50 ohms utilizou dois resistores em paralelo (para a de 33,3 ohms, três resistores em paralelo; e para a de 20 ohms, cinco resistores em paralelo).

Simulação de filtro ou de obstáculo para a irradiação solar

As irradiações solares podem sofrer interferências que podem afetar a energia produzida pelas placas fotovoltaicas, como nuvens, sujeiras que se acumulam na placa, ou algum outro tipo de causa.

Para simular eventuais perdas de irradiação utilizou-se uma folha de papel encostada na placa. Utilizou-se uma folha de papel sulfite de gramatura de 75g/m², com dimensões de 150 mm x 106 mm, com espessura de 0,1 mm para simular um obstáculo para a irradiação solar. O cálculo aproximado da espessa da folha foi realizado a partir de um pacote de Sulfite de 500 folhas, gramatura de 75g/m², dimensões de 210 x 297 mm e com altura de 5 cm. Sendo 5cm de altura dividido por 500 folhas, resultou em 0,1 mm de espessura de cada folha.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram obtidos a partir do que foi descrito na metodologia. Os experimentos foram realizados no dia 30 de abril de 2025 e no dia 1º de maio de 2025.

No dia 30 de abril, os dados obtidos estão na Tabela 3. Utilizou-se uma única carga de 33,33 ohms, com diferentes inclinações angulares, diferentes horários, com exposição solar intensa. Houve exposição solar com nuvens e com um filtro de papel.

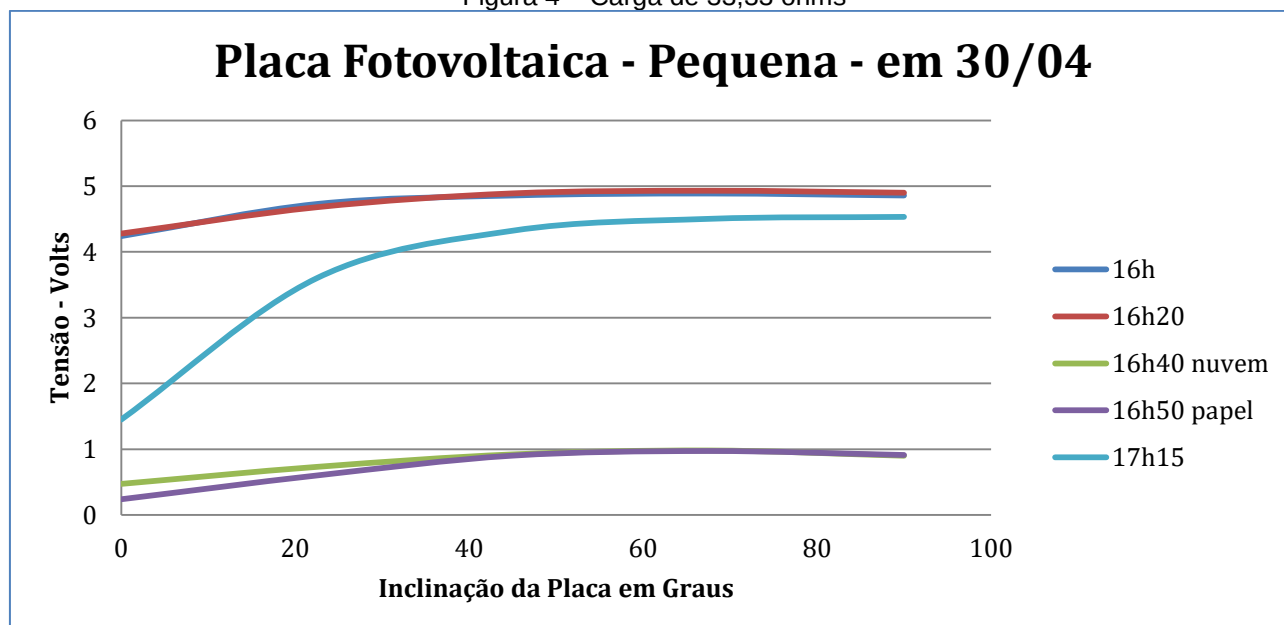
Tabela 3 – tensão para diferentes horários e situações – 30/04
R=33,33 ohms

Inclinação (graus)	16h00	16h20	16h40 c/ nuvem	16h50 c/ filtro	17h15
0°	4.24	4.28	0.47	0.24	1.45
22.5°	4.73	4.68	0.73	0.60	3.60
45°	4.86	4.89	0.92	0.90	4.32
67.5°	4.89	4.93	0.98	0.97	4.50
90°	4.86	4.90	0.90	0.91	4.53

Fonte: Os autores

Na Figura 4 encontram-se os gráficos realizados a partir da Tabela 3.

Figura 4 – Carga de 33,33 ohms



Fonte: Os autores

Na Figura 4 se pode notar que entre os horários 16h e 16h20 as alterações foram mínimas, mas para o horário das 17h15, cerca de uma hora depois, houve uma pequena perda de tensão e se nota que nas inclinações abaixo de 45° se acentuaram. Pode-se notar que a influência das nuvens ficou muito próxima do filtro de papel utilizado.

No dia 1º de maio de 2025 foi obtida a Tabela 4 com diversas cargas, com diferentes inclinações angulares, no horário de 13h30 e com exposição solar intensa.

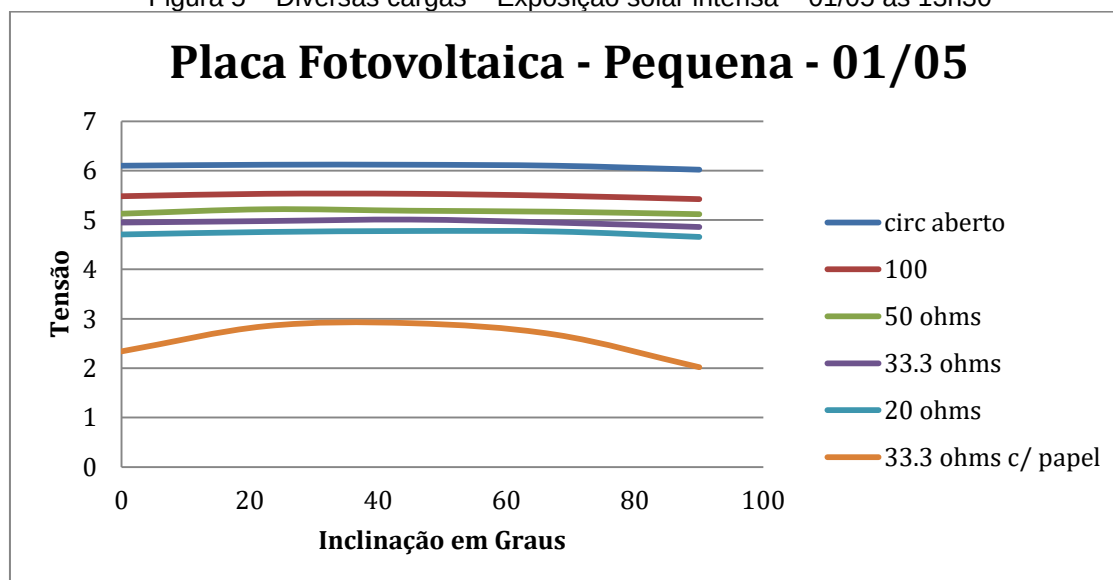
Tabela 4 – tensão para diferentes cargas – 01/05

Inclinação da placa	Circuito aberto	R 100 ohms	R 50 ohms	R 33.3 ohms	R 20 ohms	R 33.3 ohms c/ papel
0°	6.10 V	5.48 V	5.13 V	4.95 V	4.71 V	2.34 V
22.5°	6.12 V	5.53 V	5.22 V	4.98 V	4.76 V	2.85 V
45°	6.12 V	5.53 V	5.19 V	5.01 V	4.78 V	2.91 V
67.5°	6.10 V	5.49 V	5.17 V	4.95 V	4.77 V	2.68 V
90°	6.02 V	5.42 V	5.12 V	4.86 V	4.66 V	2.02 V

Fonte: Os autores

Na Figura 5 encontram-se os gráficos realizados a partir da Tabela 4.

Figura 5 – Diversas cargas – Exposição solar intensa – 01/05 às 13h30



Na Figura 5, no horário das 13h30, horário próximo do sol do meio dia, a inclinação da placa pouco influenciou nas medidas. A perda só é notada com o filtro de papel e as inclinações abaixo e superior a 45°, o que se nota é que a perda se acentuou, fato que já era de se esperar devido a espessura do papel que ao inclinar dificulta a passagem da irradiação.

Nas Tabelas 5 e 6 estão valores de corrente elétrica e de potência para expressar o desempenho da placa. Foi feito um teste de curto-circuito para as diferentes inclinações para 45°, às 13h30, obteve-se 0,33 A, que se encontra na Tabela 6 na última linha. Nas Tabelas 5 e 6 os cálculos foram feitos a partir de equações básicas, para a corrente, lei de ohm, $i = V/R$, e para a potência, $P = V \cdot i$ ou $P = V^2/R$.

15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

Tabela 5 – Para o ângulo de 45° – 30/04 – 16h20

Tensão (V)	R	Corrente (A)	Potência (W)	horário
4.89	33.33	0.15	0.73	16h20
4.32	33.33	0.13	0.56	17h15

Fonte: Os autores

Tabela 6 – Para o ângulo de 45° – 01/05 – 13h30

Tensão (V)	R	Corrente (A)	Potência (W)
6.12	Sem R	0.00	0.00
5.53	100	0.06	0.31
5.19	50	0.10	0.54
5.01	33.33	0.15	0.75
4.78	20	0.24	1.14
0.00	0	0.33	0.00

Fonte: Os autores

Nas Tabelas 5 e 6 notamos que para $R = 33,33$ ohms a potência pouco variou num intervalo de 3 horas, de 0,73 W às 16h20 para 0,75 W às 13h30. Considerando que em Campinas/SP, 30/04, o sol nasceu às 6h27 e o pôr do sol às 17h42, o intervalo será de 11 horas aproximadamente.

Na Tabela 6 a potência para uma carga de 20 ohms é de 1,14 Watts, às 13h30, pode-se notar que, pelas curvas da Figura 4, houve pouca perda até 16h20. Na Tabela 1 a irradiação para o mês de abril é de 4615 Wh/m².dia e no mês de maio é de 3793 Wh/m².dia, esses valores estão abaixo da média anual que é 4901 Wh/m².dia.

Considerando que a placa produz 1,14 W, às 13h30, e que poderá manter essa potência por mais 3 horas, resultará num período 8 horas, das 8h30 até 16h30, a energia será 1,14 W vezes 8 horas, estima-se 9,1 Wh. E considerando a perda que houve, ver Tabela 5, em uma hora, que foi cerca de 20%, $1,14\text{Wh} \rightarrow 0,91\text{Wh}$. Com isso, somando a produção de energia das 7h30 até 8h30 e das 16h30 até 17h30, teremos: $9,1 + 0,91 + 0,91 = 10,92$ Wh. Estima-se 10 Wh/dia.

6 CONCLUSÃO

A pequena placa fotovoltaica analisada é capaz de gerar uma energia próxima dos 10 Wh por dia. Um estudo melhor poderá ser realizado por um período maior.

Considerando que o processador apresentado tenha seu consumo médio de 200 mA e que seja alimentado com 5 volts (no conector tipo C ou micro USB), teremos uma potência de um Watt, ele terá condições de funcionar por 10 horas. Dependendo do tempo de utilização do circuito eletrônico será necessário mais uma placa fotovoltaica. Lembrando que circuitos autônomos podem funcionar por estímulos, ficando no modo de hibernação a maior parte do tempo, somente quando algum um dado ou parâmetro atingiu o valor estabelecido é que será enviada a informação fazendo que o circuito consuma mais energia.

As baterias de Li-Ion de 3000 mAh com uma tensão média de 4 volts, armazenam cerca de 12 Wh. O estudo do desempenho de baterias poderá completar este estudo aos considerar os níveis de energia armazenados e os ciclos de vida da bateria. Pode ocorrer que duas baterias trabalhando conjuntamente tenham uma duração em termos de vida útil maior que a soma das durabilidades individuais.

Com base no estudo e na montagem prática realizada, um sistema menor poderá funcionar bem. No entanto, pesquisas adicionais podem ser realizadas para aprimorar ainda mais essa viabilidade.

AGRADECIMENTOS

À Pontifícia Universidade Católica de Campinas, PUC-Campinas, à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão por todo apoio, que desde o primeiro momento viabilizaram e contribuíram para tornar realidade os projetos de Extensão, aos alunos pelas valiosas contribuições e às instituições parceiras pela inestimável colaboração nos projetos.

REFERÊNCIAS

CHEN, Haisheng, et al. **Progress in electrical energy storage system: A critical review.** Progress in natural science, 2009, 19.3: 291-312.

FERNANDES, Mônica Abranches. **Trabalho Comunitário: Uma Metodologia para Ação Coletiva e educativa da Extensão Universitária em Comunidades.** In: MENEZES, Ana Luisa Teixeira e SÍVERES, Luiz. Transcendendo Fronteiras a Contribuição da Extensão das Instituições Comunitárias de Ensino Superior (ICES). Santa Cruz do Sul: EDUNISC, 2011 p. [138-158].

LABREN. **Médias do Total Diário da Irradiação Global Horizontal para o Estado de São Paulo.** Disponível em: https://labren.ccst.inpe.br/atlas2_tables/SP_glo.html. Acesso em: 30 abr. 2025

Mariano, Juliana D'Angela; Urbanetz Junior, Jair. **Energia solar fotovoltaica: princípios fundamentais.** Ed. Atena Editora, 2022. Disponível em: <https://www.voltimum.com.br/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/energiasolarfotovoltaica.pdf>. Acesso em: 28 jan. 2025

MICROPROGRAMADOR. **ESP32 Low-Power: Maximizando a eficiência de seus projetos IoT.** Disponível em: <https://www.microprogramador.com.br/2023/07/esp32-low-power-maximizando-eficiencia.html>. Acesso em: 30 abr. 2025

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Novo sistema facilita consulta sobre potencial de energia solar.** Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5087. Acesso em: 30 abr. 2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Brasil bate recorde de expansão da energia solar em 2023.** Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/brasil-bate-recorde-de-expansao-da-energia-solar-em-2023>. Acesso em: 30 abr. 2025

ANALYSIS OF SMALL PHOTOVOLTAIC PLATES FOR APPLICATIONS IN AUTONOMOUS ELECTRONIC CIRCUITS

Abstract: Students focused on extension work analyze small photovoltaic panels that can be used to support autonomous electronic circuits. Students participating in one of the PUC-Campinas Extension Projects conducted an experiment with a monocrystalline photovoltaic panel connected to a resistor in parallel, in which the voltage in volts was measured. This panel was pointed at the sun at different angles, at different times, on different days, and with different resistors. One of the objectives is to demonstrate the viability of small photovoltaic

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



15 a 18 DE SETEMBRO DE 2025
CAMPINAS - SP

panels for electronic circuits. As a methodology, a simple experiment was designed so that students could demonstrate the use of photovoltaic panels in autonomous circuits. The results show the answers to the experiment. In conclusion, the small photovoltaic panel is capable of generating energy close to 10 Wh per day, which, with an auxiliary battery, could make autonomous electronic circuits viable.

Keywords: University Extension. Extension Projects. Photovoltaic Panels. Extension Curricularization

REALIZAÇÃO



ORGANIZAÇÃO



