

## APLICAÇÕES DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO AGRONEGÓCIO

**Daniele C. L. Mariano<sup>1</sup>, Marcus Vinícius Contes Calça<sup>2</sup> e Fernando de Lima Caneppele<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Mestranda em Engenharia Agrícola, Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP), Botucatu - SP

E-mail: daniele.lopes@unesp.br

<sup>2</sup>Doutor em Energia na Agricultura, Faculdade de Ciências Agronômicas (UNESP), Botucatu - SP

<sup>3</sup>Professor Doutor, Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (USP), Pirassununga - SP

### RESUMO

Os sistemas solares fotovoltaicos podem ser uma fonte de energia elétrica para a alimentação de processos agrícolas de forma eficaz, permitindo a utilização de eletricidade mesmo em locais remotos, onde a rede elétrica tradicional não alcança. O objetivo deste estudo é abordar, de maneira sintetizada, as formas que a eletricidade gerada por sistemas solares fotovoltaicos pode ser utilizada em processos agrícolas e os benefícios que traz em locais onde a rede elétrica tradicional não atende a demanda da população rural. Foram apresentados experimentos científicos e tecnológicos que usaram a eletricidade gerada por sistemas solares fotovoltaicos para a irrigação agrícola, bombeamento de água, secagem e armazenamento de grãos, aquecimento de ambientes protegidos (estufas), eletrificação de cercas e iluminação de residências rurais. Portanto, pode-se compreender a forma com que sistemas solares fotovoltaicos implantados em locais de difícil acesso podem tornar acessível a energia elétrica, proporcionando mais comodidade e facilidade para a população rural.

**Palavras-chave:** Eletrificação Rural. Energia Solar Off-Grid. Sistemas Solares Fotovoltaicos Isolados.

### 1 INTRODUÇÃO

A luz solar é uma fonte energética que ao atingir a superfície terrestre desempenha um papel essencial para a vida humana, alimentando processos naturais, como a fotossíntese, o ciclo hidrológico e a dinâmica da atmosfera e dos oceanos, e sendo aproveitada tecnologicamente, em processos de aquecimento solar, geração de eletricidade por meio de sistemas solares fotovoltaicos e climatização de ambientes (PEREIRA et al., 2017). Os sistemas solares fotovoltaicos são dispositivos eletroeletrônicos, com capacidade de geração de eletricidade limpa e renovável, que usam células solares feitas de materiais semicondutores, como o silício, para capturar os raios solares, que posteriormente são transformados em corrente elétrica alternada a partir de um inversor de potência, tornando-o compatível com a rede elétrica convencional.

A eletricidade gerada por sistemas solares fotovoltaicos pode ser aplicada tanto em ambientes urbanos quanto rurais, alimentando eletricamente residências, edifícios comerciais e iluminação pública. Em áreas rurais, ela desempenha um papel fundamental na eletrificação, proporcionando acesso à eletricidade em regiões remotas. Além disso, a energia solar é uma opção sustentável que pode ser utilizada para gerar eletricidade para

diversos processos agrícolas, principalmente aqueles afastados da rede tradicional de transmissão de eletricidade. Neste sentido, o objetivo deste estudo é resumir de forma sintetizada o uso da energia solar fotovoltaica em processos agrícolas, como os de bombeamento de água, secagem de grãos, ambientes protegidos (estufas e galpões), eletrificação de cercas e iluminação rural.

## 2 DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

A tecnologia de conversão direta de energia solar em eletricidade por meio de painéis fotovoltaicos é amplamente adotada em escala global, principalmente para suprir às necessidades energéticas de áreas rurais não atendidas pela infraestrutura de transmissão elétrica convencional, conforme enfatizado por Chaurey e Kandpal (2010). Nesse contexto, os sistemas solares fotovoltaicos off-grid (isolados) emergem como uma escolha de primeira linha para suprir a demanda de energia elétrica em processos rurais, como a irrigação e bombeamento de água (Seção 2.1), secagem e armazenamento de produtos agrícolas (Seção 2.2), aquecimento de estufas verdes e galpões (Seção 2.3) e eletrificação de cercas e iluminação de áreas rurais (Seção 2.4).

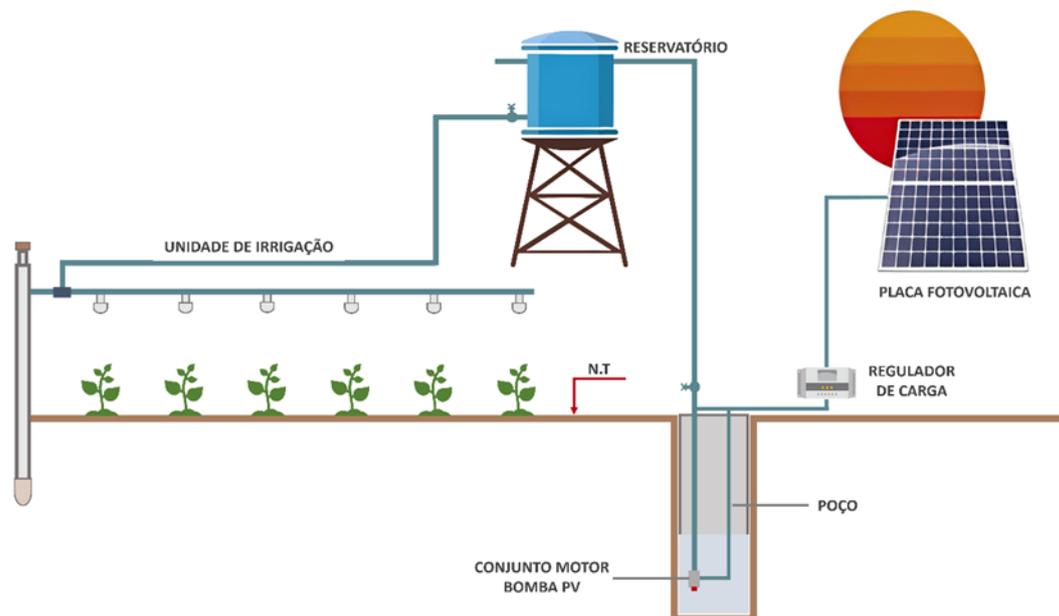
### 2.1 IRRIGAÇÃO E BOMBEAMENTO DE ÁGUA

Existem situações em que a necessidade de irrigação ou uso de água ocorre em locais de difícil acesso. Nesses casos, a utilização de sistemas solares fotovoltaicos para o bombeamento de água torna-se fundamental. Em algumas instâncias, não se recorre ao uso de baterias para armazenar a energia elétrica gerada, como forma de armazenar opta-se pela utilização de reservatórios superiores, onde a água é acumulada até ser necessária (SANTOS et al., 2007, citado por ALVARENGA, FERREIRA e FORTES, 2014).

Em um estudo realizado por Alvarenga, Ferreira e Fortes (2014), foi demonstrada uma aplicação para substituir a necessidade do uso de um banco de baterias em um sistema solar fotovoltaico usado para gerar eletricidade para um processo de irrigação agrícola (Figura 1). A automação do processo de irrigação permitiu reduzir a eletricidade necessária, assim como reduziu os custos de bombeamento de água, permitiu também o controle preciso do tempo e a eficiência do processo de irrigação agrícola. O Brasil, com 90% de sua área terrestre localizada entre os trópicos, recebe diariamente entre 4.500 e 6.300 Wh/m<sup>2</sup> de radiação solar, tornando-o um ambiente adequado para a introdução deste tipo de tecnologia e de aproveitamento da energia solar. Embora a experiência de bombeamento de água com sistemas solares fotovoltaicos não seja muito difundida no

país, ela se caracteriza por ter baixo custo de operação e manutenção e tem apresentado resultados positivos. Espera-se que esta aplicação aumente o interesse nesta importante fonte energética alternativa, não apenas entre os agricultores, mas também entre outras organizações, e encoraje a introdução de medidas semelhantes em futuros processos de bombeamento água a partir de energia solar.

**Figura 1** - Esquema da instalação do sistema solar fotovoltaico autônomo aplicado à irrigação agrícola.



**Fonte:** Adaptado de Alvarenga, Ferreira e Fortes, 2014.

## 2.2 Secagem e Armazenamento de Produtos Agrícolas

O beneficiamento de grãos compreende um processo que engloba a remoção de impurezas, separação de grãos de diferentes tamanhos, seleção de grãos de alta qualidade para fins comerciais, bem como a secagem e seu armazenamento final. Essas operações podem ser conduzidas em pequena e larga escala, visando sempre a obtenção de grãos limpos, classificados e prontos para consumo ou comercialização. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica pode ser empregada em todo o processo, fornecendo eletricidade para as máquinas que executam as diversas etapas. No entanto, vale destacar que a fase que requer maior demanda elétrica é o processo de moagem e secagem dos grãos, tornando a energia solar uma das principais fontes para conduzir essas atividades.

Um estudo realizado por Sharma et al. (2020) exemplificou um processo de moagem de grãos implantado na Índia (Figura 2), onde o um sistema solar fotovoltaico captava a radiação solar e a convertia em eletricidade, que era usada para alimentar diretamente os motores de moagem. Neste caso, o uso de um sistema solar fotovoltaico

para a geração de eletricidade demonstrou ser uma alternativa viável para os agricultores, contribuindo para a redução do consumo de fontes energéticas não renováveis. Além disso, foi observado que o retorno sobre o investimento poderia ser recuperado em aproximadamente 4 anos, embora essa estimativa seja específica para o mercado Indiano. Portanto, para uma análise precisa do retorno de investimento, é necessário considerar as condições do mercado local.

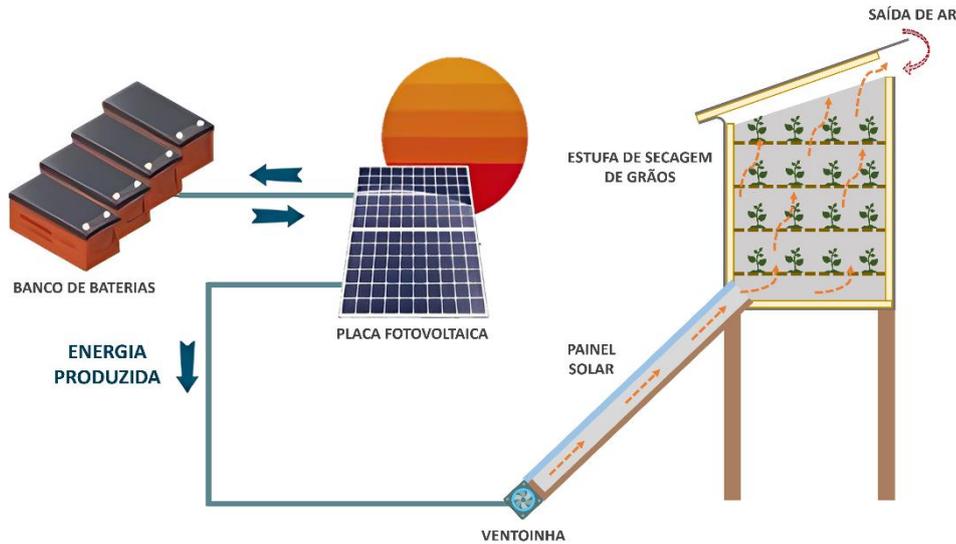
**Figura 2** - Esquema do processo de moagem de grãos de milho utilizando energia solar fotovoltaica.



**Fonte:** Adaptado de Sharma et al. (2020).

Para o processo de secagem de grãos Moraes-Duzat et al. (2002), desenvolveram um projeto (Figura 3) que se destaca por sua independência em relação à rede elétrica local. Nesse projeto, o processo de aquecimento do ar necessário para a secagem dos grãos é alimentado pela radiação solar que incide sobre o secador solar. Adicionalmente, foram incorporadas placas solares fotovoltaicas incumbidas de gerar eletricidade e acionar as ventoinhas responsáveis por soprar o ar quente, captado no secador solar. Assim, após ser aquecido o ar é direcionado mais rapidamente para a cabine de secagem dos grãos.

**Figura 3** - Diagrama de fluxo do funcionamento do secador solar, destacando a conversão da energia solar em dois formatos: o de calor no secador solar, e o de eletricidade para suprir as ventoinhas.

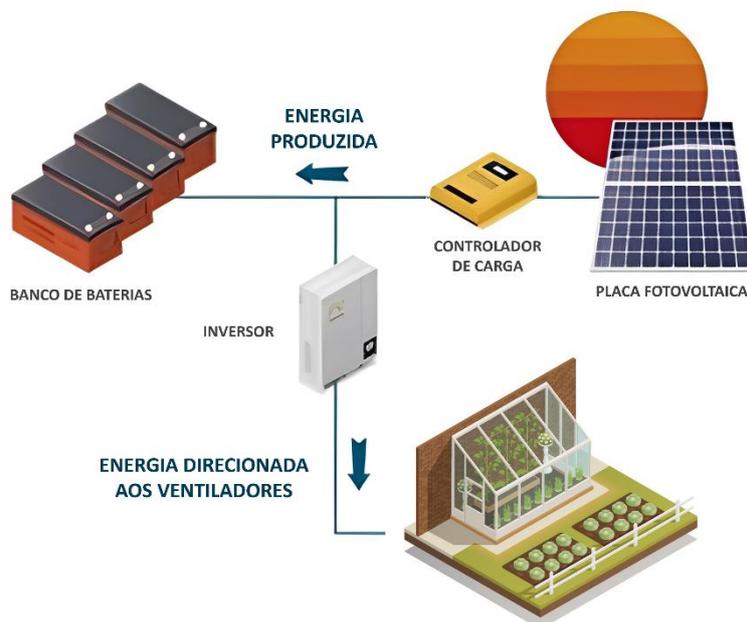


**Fonte:** Adaptado de Moraes-Duzat et al. (2002).

### 2.3 Aquecimento de Estufas e Galpões

A utilização de estufas na agricultura é uma prática difundida, uma vez que possibilita o controle da temperatura e umidade em ambiente protegidos, tornando-os propícios para a produção e conservação de produtos agrícolas. Além disso, as estufas são empregadas para acelerar o processo de germinação de mudas e para a secagem e desidratação de alimentos. Em um estudo conduzido por Cremonez (2016), foi examinado o desempenho de uma estufa solar de secagem de madeira, que estava integrada a um sistema solar fotovoltaico usado para alimentar eletricamente os ventiladores do processo. O objetivo era realizar a secagem da madeira sem prejudicar o material, tornando-o inutilizável. A Figura 4 apresenta o projeto da estufa solar, que foi instalada próxima ao prédio de Ciências Florestais e da Madeira (CIFLORA) da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba (PR). O projeto foi concebido para otimizar a captação da radiação solar, seguindo as orientações de inclinação das coberturas para garantir a incidência adequada dos raios solares.

**Figura 4** - Estufa solar ligada a um sistema fotovoltaico para eletrificação de ventiladores.



**Fonte:** Adaptado de Cremonez (2016).

A estrutura da estufa solar foi predominantemente feita de madeira, com paredes revestidas de PVC. Na parede frontal, foram instalados dois exaustores para promover a circulação de ar, um para entrada e outro para saída. Painéis solares foram integrados para alimentar eletricamente os ventiladores, eliminando a necessidade de eletrificação externa. A estufa solar se mostrou eficaz na secagem de madeira, e o autor sugeriu que os painéis solares fotovoltaicos fossem diretamente conectados a ventilação e exaustão, evitando o uso de baterias intermediárias (CREMONEZ, 2016).

#### 4.4 Eletrificação de Cercas e Iluminação de Áreas Rurais

Os sistemas solares fotovoltaicos são uma opção viável para a eletrificação de áreas rurais, podendo ser empregados em processos tradicionais como a iluminação elétrica de ambientes e em processos que usam tradicionalmente a eletricidade oriunda da rede de transmissão elétrica, como é o caso da eletrificação de cercas. Em ambos os casos, a instalação de baterias possibilita o uso da eletricidade gerada não apenas durante o dia, mas também à noite. Em um estudo conduzido por Kadam, Dangen e Khambalkar (2011), foi criado um sistema solar fotovoltaico (Figura 5) para eletrificar uma cerca, delimitando assim um território e impedindo que os animais da área tivessem acesso ao lado externo. O sistema solar incluía painéis solares, baterias para armazenamento de eletricidade

produzida, dispositivos de eletrificação da cerca, aterramento e outros componentes essenciais para o funcionamento e a proteção do processo.

**Figura 5** - Cerca para controle de animais.



**Fonte:** Adaptado de Kadam, Dangen e Khambalkar (2011).

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A energia solar fotovoltaica é uma das principais alternativas para a geração de eletricidade de maneira limpa e com impacto ambiental reduzido. Essa forma de geração de eletricidade pode ser aplicada para diversas finalidades, permitindo seu uso imediato ou o armazenamento, em bancos de baterias, para uso posterior. Além disso, é uma solução acessível em áreas urbanas (residências, comércios e indústrias) e em áreas remotas, principalmente dependentes de atividades agrícolas.

Os sistemas solares fotovoltaicos são particularmente vantajosos para processos agrícolas, pois proporcionam uma significativa redução nos custos de eletricidade e podem até criar uma independência da rede elétrica convencional. Neste estudo foram apresentados possíveis usos para a eletricidade gerada por sistemas solares fotovoltaicos em ambientes rurais, como a irrigação agrícola e o bombeamento de água, a secagem e de grãos, o aquecimento de estufas e a eletrificação de cercas e iluminação de residências.

#### 4 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia Solar Fotovoltaica: Uma Aplicação na Irrigação da Agricultura Familiar. **Sinergia**, v. 15, n. 4, p. 311-318, 2014. Acesso em: 01 abr. 2023, disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/12>.

CHAUREY, A.; KANDPAL, T. C. Assessment and evaluation of PV based decentralized rural electrification: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 2266-2278, 2010. Acesso em: 10 abr. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.04.005>.

CREMONEZ, V. G. **Estufa solar para secagem de madeira serrada: Uso de placas planas fotovoltaicas**. 2016. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná. Acesso em: 18 de abril de 2023. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45775>.

KADAM, D. M.; DANGE, A. R.; KHAMBALKAR, V. P. Performance of solar power fencing system for agriculture. **Journal of Agricultural Technology**. v. 7, p. 1199-1209, 2011. Acesso em: 06 de junho de 2023. Disponível em: [http://ijat-aatsea.com/pdf/September\\_v7\\_n5\\_11/3\\_IJAT2011\\_7\\_5\\_%20D.%20M.pdf](http://ijat-aatsea.com/pdf/September_v7_n5_11/3_IJAT2011_7_5_%20D.%20M.pdf).

MORAES-DUZAT, R.; MACEDO, H.; ROCHA, L. C.; NASCIMENTO, R. C.; BARBOSA, A. P. Secador solar multi-uso para beneficiamento de produtos naturais da Amazônia. **4º Encontro Energia no Meio Rural**. 2002. Acesso em: 18 de abril de 2023. Disponível em: [http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000200052&script=sci\\_arttext](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?pid=MSC0000000022002000200052&script=sci_arttext).

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L.; RUTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. F. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 2 ed., São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2017. Acesso em: 18 de abril de 2023. Disponível em: [http://labren.ccst.inpe.br/atlas\\_2017.html](http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html).

SHARMA, K.; KOTHARI, S.; PANWAR, N. L.; RATHORE, N. Design and development of solar energy powered maize milling machine. **International Journal of Ambient Energy**. v. 43, p. 1671-1676. 2020. <https://doi.org/10.1080/01430750.2020.1712241>.