# A energia solar como fator de transformação na distribuição de renda e no valor dos produtos na agricultura familiar

## *Solar energy as a transformative factor in income distribution and product value in family farming*

**André Macário Barros**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, Brasil
**Géremi Gilson Dranka**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, Brasil
**Miguel Ângelo Perondi**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, Brasil
**Edilson Pontarolo**
Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR, Brasil

## GT 13 – Estudos Interdisciplinares no rural

**Resumo**: Este artigo tem como objetivo analisar o papel da energia solar como fator de transformação na distribuição de renda, na autonomia produtiva e na organização territorial da agricultura familiar. Adota-se uma abordagem teórico-interpretativa, baseada na articulação entre conceitos da economia política e da sociologia do desenvolvimento, mobilizando autores como Ricardo, Lewis, Milton Santos, Hirschman, Duarte, Bielschowsky e Chomsky. Complementarmente, são utilizados estudos de caso com caráter ilustrativo, a fim de evidenciar, em contextos concretos, os impactos e desafios da adoção da energia solar no meio rural. Os resultados indicam que a energia solar atua simultaneamente sobre dois condicionantes estruturais da agricultura familiar: o custo da energia, que compromete parcela relevante da renda, e a instabilidade no fornecimento elétrico, que afeta a continuidade das atividades produtivas. Ao reduzir despesas e ampliar a confiabilidade energética, a tecnologia possibilita a geração de uma "renda energética", que pode ser reinvestida na propriedade, além de favorecer a retenção de valor no território e a reorganização das cadeias produtivas locais. A análise teórica demonstra ainda que a energia solar contribui para processos de modernização endógena, desmercantilização parcial de insumos e fortalecimento da autonomia dos agricultores frente a estruturas concentradas de poder no setor energético. Conclui-se que a energia solar representa mais do que uma inovação técnica, configurando-se como elemento estruturante de um novo paradigma de desenvolvimento rural, embora sua difusão ainda enfrente limitações associadas ao acesso ao financiamento e à capacidade de investimento dos produtores familiares.
**Palavras-chave:** energia solar, agricultura familiar, desenvolvimento rural, autonomia produtiva, renda energética.

**Abstract**: This article aims to analyze the role of solar energy as a transformative factor in income distribution, productive autonomy, and territorial organization in family farming. A theoretical-interpretative approach is adopted, based on the articulation of concepts from political economy and development sociology, drawing on authors such as Ricardo, Lewis, Milton Santos, Hirschman, Duarte, Bielschowsky, and Chomsky. Additionally, illustrative case studies are employed to highlight, in concrete contexts, the impacts and challenges associated with the adoption of solar energy in rural areas. The results indicate that solar energy simultaneously addresses two structural constraints of family farming: energy costs, which represent a significant share of income, and the instability of electricity supply, which affects the continuity of productive activities. By reducing expenses and increasing energy reliability, this technology enables the generation of an "energy rent," which can be reinvested in the property, while also promoting local value retention and the reorganization of production chains. The theoretical analysis further shows that solar energy contributes to processes of endogenous modernization, partial decommodification of inputs, and the strengthening of farmers' autonomy in relation to concentrated power structures in the energy sector. It is concluded that solar energy represents more than a technical innovation, constituting a structural element of a new paradigm of rural development, although its diffusion still faces limitations related to access to financing and investment capacity among family farmers..
**Keywords:** solar energy, family farming, rural development, productive autonomy, energy rent.

## 1. Introdução

A agricultura familiar brasileira exerce papel central no abastecimento alimentar do país, na manutenção da biodiversidade e na ocupação sustentável do território. No entanto, enfrenta limitações históricas que comprometem sua autonomia produtiva, como o acesso restrito à infraestrutura básica e à energia elétrica. Em regiões com fornecimento intermitente ou inexistente, a insegurança energética impõe barreiras ao armazenamento, ao processamento e à comercialização de produtos, criando um ciclo de vulnerabilidade econômica e social.

Neste cenário, a energia solar surge como alternativa concreta e transformadora. Sua adoção por agricultores familiares redefine o acesso à energia como direito produtivo e estratégico e não apenas como serviço público. Ao permitir a geração descentralizada e contínua de eletricidade, essa tecnologia não apenas reduz custos operacionais, mas amplia as possibilidades de mecanização, conservação de alimentos, autonomia hídrica e comunicação digital no campo.

O presente artigo propõe uma análise multidimensional dessa transformação. Com base em autores clássicos e contemporâneos, como David Ricardo, Arthur Lewis, Milton Santos e Francisco Duarte, examina-se o papel da energia solar como elemento de reestruturação da renda, da autonomia produtiva e da territorialidade rural. Adota-se uma abordagem teórico-interpretativa, na qual a articulação entre conceitos econômicos, territoriais e tecnológicos é utilizada para compreender as implicações da geração distribuída no meio rural. Além disso, são apresentados estudos de caso empíricos com caráter ilustrativo, que evidenciam, em contextos concretos, os impactos e desafios dessa transição energética. A hipótese central é a de que a energia solar, mais do que uma inovação técnica, representa um novo paradigma de desenvolvimento rural baseado na soberania energética, na justiça territorial e na revalorização do trabalho familiar.

Este artigo estrutura-se da seguinte forma: a Seção 2 apresenta os fundamentos da agricultura familiar, destacando suas características estruturais e os principais desafios relacionados ao acesso à energia elétrica; a Seção 3 discute a energia solar como alternativa tecnológica no meio rural, abordando seus fundamentos técnicos, o marco regulatório e os critérios de viabilidade econômico-financeira; a Seção 4 desenvolve uma análise teórico-interpretativa, organizada em oito subitens, cada um ancorado em autores de referência e articulado ao tema da autonomia energética e da reconfiguração produtiva no meio rural; a Seção 5 apresenta estudos de caso que ilustram, em contextos concretos, os efeitos e os desafios da adoção da energia solar na agricultura familiar; por fim, a Seção 6 reúne as considerações

finais, destacando o potencial dessa tecnologia como vetor de transformação estrutural e a urgência de sua difusão no campo brasileiro.

## 2. Agricultura familiar

A agricultura familiar é uma forma de organização da produção rural baseada no trabalho da própria família, com gestão autônoma e ênfase na sustentabilidade socioeconômica e ambiental do meio rural. No Brasil, sua definição legal está estabelecida pela Lei nº 11.326/2006 (BRASIL, 2006), que a caracteriza como aquela exercida em estabelecimentos com até quatro módulos fiscais[1], com predominância de mão de obra familiar, gestão do estabelecimento pela família e maior parte da renda originada de atividades no próprio local. Sob o guarda-chuva do termo "agricultura familiar" incluem-se atividades diversas, como lavoura, pecuária, pesca artesanal, extrativismo, silvicultura e agroindústria artesanal.

Segundo dados do Censo Agropecuário 2017 do IBGE (IBGE, 2018), cerca de 77% dos estabelecimentos rurais brasileiros são classificados como familiares, respondendo por 23% da área rural e empregando aproximadamente 67% da mão de obra do campo.

A renda média mensal dos agricultores familiares varia bastante conforme região, tipo de atividade e grau de acesso a serviços e políticas públicas. Entretanto, estimativas baseadas no Censo do IBGE e relatórios do Mapa da Agricultura Familiar indicam que, em muitos casos, essa renda não ultrapassa dois salários mínimos por mês (CODEAGRO, s.d.), colocando muitos agricultores em condição de vulnerabilidade econômica.

As principais despesas desses produtores incluem: insumos agrícolas (sementes, fertilizantes, ração animal), combustíveis, manutenção de máquinas, custos com transporte e comercialização, serviços de saúde, educação, comunicação e energia elétrica.

A energia elétrica alimenta atividades como bombeamento de água, refrigeração, agroindústrias artesanais e uso doméstico. Consultando o relatório da Embrapa sobre modernização da agricultura familiar, observa-se que a despesa com energia responde por até dois dígitos percentuais das receitas da propriedade, especialmente em sistemas irrigados ou com agregação de valor (DIAS; CAMPOS, 2022).

As quedas de energia elétrica têm causado prejuízos consideráveis à agricultura familiar em diversas regiões do país. Entre os principais danos relatados estão a perda de alimentos

[1] Unidade de medida agrária, criada pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), que varia de município para município e serve para dimensionar o tamanho das propriedades rurais em termos de sua capacidade produtiva e econômica e não simplesmente em hectares fixos.

perecíveis, interrupção na ordenha e no resfriamento do leite, prejuízos na irrigação de hortaliças e falhas na dessedentação animal. Segundo a Federação dos Trabalhadores e Trabalhadoras na Agricultura Familiar do Paraná (FETRAF-PR, 2025), a situação se agravou a ponto de motivar manifestações e cobranças por parte de deputados e entidades sindicais junto às concessionárias de energia, evidenciando que o problema afeta diretamente a sustentabilidade econômica e sanitária das propriedades rurais.

A frequência de interrupções no fornecimento elétrico é significativamente maior em áreas rurais, sobretudo em regiões mais isoladas. Segundo o Relatório de Desempenho das Distribuidoras da ANEEL (2023a), o indicador FEC médio foi de 5,37 interrupções por ano, resultando num déficit de continuidade que prejudica processos agrícolas essenciais, como irrigação, refrigeração, ordenha e ventilação. Embora os dados não discriminem especificamente propriedades familiares, esse padrão deixa claro que as cadeias produtivas rurais estão suscetíveis a cortes frequentes, com impactos diretos na segurança alimentar e na viabilidade econômica no campo.

Diante desse cenário, observa-se que o acesso a fontes alternativas de energia elétrica pode atuar simultaneamente em dois pontos críticos da agricultura familiar: a redução dos custos operacionais, especialmente em contextos em que a despesa com energia compromete parcela significativa da renda, assim como a mitigação dos efeitos decorrentes da instabilidade no fornecimento elétrico. Ao enfrentar, de forma articulada, tanto a pressão sobre a renda quanto a vulnerabilidade associada às interrupções de energia, tais alternativas apresentam-se como elementos estratégicos para o fortalecimento da autonomia produtiva e da sustentabilidade econômica das unidades familiares.

## 3. Energia solar na agricultura familiar

A energia elétrica ocupa papel central na viabilização das atividades produtivas da agricultura familiar, influenciando diretamente custos operacionais, capacidade de armazenamento, processamento e regularidade da produção. Nesse contexto, a energia solar fotovoltaica emerge como uma alternativa tecnológica capaz de responder, simultaneamente, a limitações estruturais previamente discutidas, especialmente aquelas relacionadas ao custo da energia e à instabilidade no seu fornecimento. Esta seção apresenta os fundamentos técnicos dessa tecnologia, seu enquadramento regulatório no Brasil e os principais critérios de viabilidade econômico-financeira associados à sua adoção no meio rural.

3.1 Fundamentos técnicos dos sistemas fotovoltaicos

A energia solar fotovoltaica é obtida pela conversão direta da luz solar em eletricidade por meio de células fotovoltaicas (ABSOLAR, 2020). Trata-se de um sistema composto, de maneira geral pelo painel solar, responsável pela conversão da luz em energia elétrica na forma de tensão; por um subsistema de controle, que regula essa tensão elétrica e a conduz a um banco de baterias, armazenando a eletricidade em forma de tensão contínua (INSTITUTO IDEAL, 2016). Este banco de baterias poderá ou não ser necessário a depender do tipo de sistema, a ser detalhado a seguir; e por um equipamento chamado inversor, que converte essa tensão contínua em tensão alternada adequada ao funcionamento de eletrodomésticos, motores e outros equipamentos rurais (ANEEL, 2023b).

As baterias são recarregadas pelos painéis e, por sua vez, fornecem energia quando não há sol, mantendo o sistema em funcionamento contínuo. Como se trata de um sistema que depende de condições climáticas, recomenda-se que o banco de baterias seja dimensionado para suprir entre 48 e 72 horas sem incidência solar direta, o que representa a prática mais comum entre projetos técnicos para pequenas propriedades rurais (NREL, 2012; INSTITUTO IDEAL, 2016). E este é um primeiro aspecto a ser considerado neste sistema no que se refere a uma medida capaz de mitigar as perdas que o agricultor familiar sofre diante das interrupções de energia elétrica, mencionadas na Seção 2, provenientes da rede elétrica convencional.

Existem três tipos de sistemas de energia solar. O primeiro são os sistemas integrados à rede elétrica da concessionária (*on-grid*), nos quais a energia gerada é utilizada localmente e o excedente é injetado na rede, dispensando o uso de baterias. São mais comuns em propriedades com acesso estável à rede elétrica, frequentemente associadas a unidades produtivas mais capitalizadas, dada a menor necessidade de investimento em armazenamento.

O segundo tipo são os sistemas desconectados da rede (*off-grid*), que operam de forma independente e requerem armazenamento em baterias. Tendem a ser adotados em propriedades com acesso limitado ou inexistente à rede elétrica convencional, sendo mais frequentes em contextos de agricultura familiar, apesar do maior custo inicial associado ao armazenamento.

E o terceiro são os sistemas híbridos, que combinam energia da concessionária, energia solar e outras fontes, como geradores a diesel. São utilizados em situações intermediárias, nas quais há acesso à rede, porém com baixa confiabilidade, permitindo conciliar autonomia energética e flexibilidade operacional.

Além da energia solar, existem outras fontes alternativas aplicáveis ao meio rural, como a energia eólica e pequenas centrais hidrelétricas. No entanto, a energia solar destaca-se como

a opção mais favorável à agricultura familiar, especialmente em função de fatores como custo, escalabilidade, facilidade de manutenção e independência operacional.

### 3.2 Marco regulatório e políticas públicas

No Brasil, o avanço da energia solar é respaldado por marcos legais e incentivos específicos voltados à agricultura familiar. O principal instrumento normativo é a Lei nº 14.300/2022, que instituiu o Marco Legal da Geração Distribuída (BRASIL, 2022). Essa lei estabeleceu regras para a instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica, bem como prazos de isenção de encargos, ou seja, é uma lei que define princípios gerais, estabelece direitos, deveres e diretrizes e cria um sistema chamado de Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) em nível legal para a tarifação de assinantes da rede elétrica convencional e que adotaram também energia solar. Para sistemas instalados até janeiro de 2023, a isenção é válida até 2045. Para unidades consumidoras enquadradas nas regras de transição do marco legal, especialmente aquelas inseridas em modalidades como autoconsumo remoto ou geração compartilhada e que atendem a critérios temporais de solicitação de acesso, a cobrança pelo uso da rede ocorre de forma escalonada até janeiro de 2029, conforme disposto nessa lei, no §4º do Art. 26.

Há ainda resoluções da ANEEL, como a REN nº 482/2012 (posteriormente incorporada à REN nº 1.000/2021), que implementam na prática a Lei no. 14.300/2022, tratando de conexão à rede, procedimentos técnicos, faturamento e medição. Estas resoluções regulamentam os mecanismos de compensação de energia e o acesso à rede elétrica pelas unidades consumidoras rurais, criando condições institucionais para a expansão da geração distribuída no país.

Complementarmente, programas públicos como o Mais Alimentos, vinculado ao Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e o programa Luz para Todos têm contribuído para a ampliação do acesso a tecnologias energéticas no meio rural, por meio de linhas de crédito e apoio técnico (MAPA, 2021).

### 3.3 Viabilidade econômico-financeira da energia solar

A adoção de sistemas de energia solar na agricultura familiar pode ser analisada sob a ótica da viabilidade econômico-financeira, utilizando ferramentas amplamente empregadas na avaliação de investimentos.

O Valor Presente Líquido (VPL) mede o valor atual dos fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto, descontados por uma taxa mínima de atratividade. Quando o VPL é positivo, o investimento é considerado economicamente viável.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) corresponde à taxa de desconto que iguala o VPL a zero, representando o retorno percentual do investimento. Projetos cuja TIR supera a taxa mínima de atratividade tendem a ser considerados atrativos.

Já o indicador Benefício-Custo (B/C) expressa a relação entre os benefícios econômicos totais e os custos do projeto. Valores superiores a 1 indicam que os benefícios superam os custos, evidenciando viabilidade econômica.

Esses indicadores são amplamente utilizados por instituições financeiras, órgãos públicos, universidades e serviços de extensão rural na análise e aprovação de projetos de investimento em energia solar.

### 3.4 Energia solar como resposta às limitações estruturais da agricultura familiar

A análise apresentada nesta seção permite compreender a energia solar não apenas como uma alternativa tecnológica, mas como uma resposta direta a limitações estruturais da agricultura familiar discutidas anteriormente. Ao reduzir a dependência de fontes externas de eletricidade, essa tecnologia atua sobre o custo energético, discutido na Seção 2, frequentemente significativo na composição das despesas das propriedades rurais, contribuindo para a melhoria da renda disponível.

Paralelamente, ao possibilitar maior autonomia ou complementaridade no fornecimento de energia, especialmente em contextos de instabilidade da rede elétrica, a energia solar contribui para a continuidade das atividades produtivas, mitigando perdas associadas a interrupções no fornecimento, discutidas na Seção 2.

Dessa forma, ao incidir simultaneamente sobre os eixos de custo e confiabilidade, a energia solar configura-se como um elemento estruturante na reorganização produtiva da agricultura familiar, criando condições objetivas para a ampliação da autonomia, da previsibilidade e da resiliência econômica dessas unidades.

É a partir dessa base técnica, institucional e econômica que se torna possível avançar para uma interpretação mais ampla dos impactos da energia solar no meio rural, à luz de diferentes abordagens teóricas, conforme será apresentado na próxima seção.

## 4. A energia solar como vetor de transformação da agricultura familiar: uma análise teórica

A energia solar, quando aplicada ao contexto da agricultura familiar, não apenas representa uma alternativa energética, mas também reconfigura a economia rural, os vínculos territoriais e os modos de inserção do agricultor na sociedade contemporânea. Nesta seção, os desafios enfrentados por esse segmento serão analisados à luz de pensadores clássicos e contemporâneos, em uma construção que busca mostrar como a adoção da energia solar pode, ao mesmo tempo, evidenciar contradições históricas e apontar caminhos de superação.

### 4.1. David Ricardo e a renda diferencial

A teoria ricardiana da renda da terra (RICARDO, 1996), desenvolvida no século XIX, parte do princípio de que a renda fundiária é resultado da escassez relativa de terras férteis e produtivas. Quanto mais produtiva a terra, maior a renda que ela gera, uma vez que seu rendimento excede o das terras marginais. Essa diferença constitui a chamada "renda diferencial". No contexto da agricultura familiar, essa lógica pode ser transposta para o acesso e uso de tecnologias como a energia solar. Aqui, a produtividade não se expressa apenas no solo, mas também na capacidade do produtor de gerar sua própria energia e, assim, reduzir seus custos operacionais.

A incorporação da energia solar como insumo produtivo transforma a estrutura de custos da propriedade. Agricultores familiares que adotam sistemas baseados na energia solar beneficiam-se de uma "renda energética", pois passam a dispor de um recurso que, na prática, reduz parcial ou integralmente a necessidade de aquisição de energia da rede elétrica convencional. Essa economia recorrente pode ser reinvestida em práticas sustentáveis, aquisição de equipamentos ou diversificação da produção. Assim como a terra fértil gera renda diferencial, a infraestrutura energética própria também gera um excedente, tornando-se um diferencial competitivo.

Outro ponto importante da teoria ricardiana é a valorização do trabalho como fonte de riqueza. Nesse sentido, a energia solar permite a conservação e a valorização da força de trabalho familiar. Com a garantia de abastecimento elétrico estável e previsível, tarefas como ordenha, refrigeração e irrigação são otimizadas, o que eleva a produtividade sem exigir mais horas de trabalho. Isso implica numa redefinição do valor-trabalho, pois o tempo dedicado a atividades de gestão energética ou resolução de falhas na rede externa é reduzido, aumentando desta forma a eficiência geral da unidade produtiva.

Por fim, é possível argumentar que a renda energética promove uma espécie de democratização produtiva. Em vez de depender de concessões estatais ou oscilações tarifárias, o agricultor torna-se protagonista de sua infraestrutura básica. Isso alinha-se à visão de Ricardo sobre a racionalização da produção: quanto mais o produtor consegue controlar variáveis críticas, como energia e insumos, mais competitivo ele se torna, ainda que em pequena escala. Essa leitura lança luz sobre a importância da energia solar não apenas como inovação tecnológica, mas como elemento reconfigurador da teoria clássica da renda em contextos contemporâneos.

4.2. Jair do Amaral Filho e a economia dos territórios

A obra de Jair do Amaral Filho (AMARAL FILHO, 2001) propõe um deslocamento do olhar sobre o desenvolvimento, retirando-o do eixo macroeconômico urbano-industrial e transferindo-o para a escala dos territórios. Seu conceito de "circuitos econômicos internos" defende que a autonomia produtiva e a autogestão são pilares do desenvolvimento sustentável. No caso da agricultura familiar, a energia solar atua como uma ferramenta concreta de endogeneização das economias locais, pois permite que os recursos antes destinados ao pagamento de tarifas elétricas sejam retidos e reinvestidos nas próprias comunidades.

Essa economia interna cria uma espécie de circuito fechado, onde o capital permanece dentro do território, circulando entre serviços locais, pequenos comércios, cooperativas e investimentos na infraestrutura comunitária, inclusive atraindo prestadores de serviço responsáveis pela instalação e manutenção do sistema, dos painéis solares e demais itens pertencentes à infraestrutura do sistema solar. A energia, que antes era um bem exógeno ao território (fornecido por empresas distantes e de capital concentrado), passa a ser gerada localmente. Isso fortalece os vínculos entre produção e reprodução social, aproximando-se da ideia de "prosperidade territorial" elaborada por Amaral Filho. O território torna-se, assim, mais resiliente diante de crises externas, como aumentos tarifários ou falhas na rede elétrica convencional.

Além disso, a lógica proposta por Amaral Filho enfatiza a reconexão entre identidade cultural e atividade econômica. A energia solar, por ser limpa, silenciosa e compatível com modos de vida sustentáveis, alinha-se a valores simbólicos importantes para comunidades rurais. Ao evitar a dependência de geradores a diesel ou de redes instáveis, o agricultor familiar reforça uma estética de pertencimento ao território, com práticas produtivas que dialogam com

a preservação ambiental e o cuidado com os bens comuns. Isso contraria a lógica da homogeneização imposta pelo mercado global.

Finalmente, o autor aponta que o desenvolvimento territorial deve ocorrer por meio de "articulações entre atores locais". A disseminação da energia solar só se torna realmente estruturante quando associada a redes de cooperação, associações de agricultores, arranjos produtivos locais e políticas públicas participativas. Nesse ponto, a tecnologia deixa de ser apenas um insumo técnico e passa a ser vetor de organização social. A energia solar não apenas ilumina os campos, mas também catalisa novas formas de sociabilidade e protagonismo comunitário.

### 4.3. Arthur Lewis e a industrialização do campo

A teoria dual de Arthur Lewis (LEWIS, 1996) estabelece um contraste entre dois setores da economia: o tradicional (agrícola, com baixa produtividade e excesso de mão de obra) e o moderno (industrial, com alta produtividade e salários crescentes). O desenvolvimento econômico, para Lewis, dependeria da migração da força de trabalho do setor tradicional para o moderno. No entanto, a aplicação da energia solar na agricultura familiar oferece uma forma de mitigar essa dualidade por meio da modernização endógena do campo, diminuindo desta forma a necessidade do êxodo rural.

Ao possibilitar o funcionamento de equipamentos industriais, como moendas, desidratadores, resfriadores de leite, seladoras e sistemas de irrigação automatizados, a energia solar transforma a pequena propriedade em um núcleo de inovação. Com acesso autônomo à eletricidade, o agricultor pode verticalizar sua produção, agregando valor sem depender de centros urbanos. Isso promove um "retorno do moderno ao rural", desafiando a lógica tradicional de que o campo deve ser apenas fornecedor de matéria-prima.

A transição descrita por Lewis pressupõe também o surgimento de um "excedente econômico" que justifique os investimentos em capital. Nesse sentido, a economia gerada com a produção própria de energia representa um excedente interno que pode ser alocado em tecnologias, qualificação da mão de obra e infraestrutura. O campo não apenas retém trabalhadores, mas os qualifica e os transforma em agentes da produção industrializada *in situ*. Isso cria um ambiente híbrido entre rural e industrial, compatível com as necessidades contemporâneas de sustentabilidade e descentralização.

Por fim, ao preservar a mão de obra no campo e aumentar sua produtividade, a energia solar contribui para o surgimento de um novo sujeito econômico: o agricultor-tecnólogo. Ele

não é mais apenas um trabalhador manual, mas um gestor de energia, de processos e de cadeias curtas de valor. A leitura lewisiana, portanto, é enriquecida quando inserida nesse novo arranjo técnico, onde a energia solar funciona como catalisador de uma industrialização descentralizada e ambientalmente compatível.

### 4.4. Renato Maluf, Albert Hirschman e o atalho imperfeito

A leitura de Renato Maluf sobre Albert Hirschman (MALUF, 2015) reforça a ideia de que o desenvolvimento realista deve ser buscado a partir de estratégias adaptativas, mesmo que não ideais. Hirschman valorizava as "soluções imperfeitas", aquelas que, embora incompletas, desencadeiam efeitos positivos no sistema. A energia solar na agricultura familiar encaixa-se precisamente nessa lógica: ela não resolve todos os gargalos, mas abre caminhos antes intransponíveis.

O agricultor que instala um sistema de energia solar pode continuar vulnerável a outros fatores, como oscilação nos preços de insumos ou acesso limitado ao crédito. Ainda assim, ao garantir uma fonte energética estável, ele se liberta de um dos principais pontos de fragilidade estrutural. Essa libertação parcial já é suficiente para reorganizar suas estratégias produtivas. Em vez de aguardar soluções *top-down*, ele age localmente, o que está em consonância com a ideia de Hirschman sobre a valorização das iniciativas descentralizadas e improvisadas.

A metáfora do “atalho imperfeito” também evidencia o papel da energia solar como instrumento de ampliação da capacidade de planejamento. Ao controlar o fornecimento elétrico, o agricultor pode prever seus custos com maior precisão, planejar safras com segurança, operar equipamentos com regularidade e até calcular prazos de retorno de investimentos. Isso gera um tipo de capital simbólico que Hirschman também valorizava: a esperança ativa, ou seja, a confiança de que vale a pena investir, mesmo diante da incerteza.

Por fim, essa lógica construtivista do desenvolvimento dialoga diretamente com outros autores já discutidos, como Ricardo e Amaral Filho. A energia solar, ainda que incompleta como solução, constitui uma peça fundamental na arquitetura de um desenvolvimento que não depende da superação total das dificuldades, mas da acumulação de microvitórias estratégicas. É nesse sentido que Maluf e Hirschman oferecem um alicerce teórico robusto para compreender a energia solar como vetor de transformação gradual e substantiva no meio rural.

4.5. Francisco Duarte e a desmercantilização da vida rural

A crítica de Francisco Duarte (DUARTE, 2020) à mercantilização da vida rural é contundente: ele argumenta que, ao longo das últimas décadas, até mesmo os processos mais elementares da vida no campo passaram a depender de mediações monetárias e mercantis. Esse processo, que insere a agricultura familiar em um regime de dependência estrutural de insumos, serviços e infraestrutura privatizada, compromete a autonomia dos pequenos produtores. Nesse cenário, a energia solar aparece como uma das raras oportunidades de "desmercantilização" efetiva, isto é, de reconquista da capacidade de autossuprimento.

Ao instalar sistemas de geração própria de energia, o agricultor rompe com a lógica segundo a qual a sobrevivência rural depende do consumo de produtos e serviços externos. O fornecimento elétrico, essencial para irrigação, refrigeração, ordenha e comunicação, deixa de ser um bem sujeito a tarifações (no caso de sistemas *off-grid*), cortes e decisões externas e passa a ser produzido no próprio espaço de vida e trabalho. Trata-se, portanto, de um movimento contra a alienação da energia, retomando para a família rural um controle sobre as condições materiais da produção.

Essa reconquista tem implicações tanto simbólicas quanto práticas. Simbolicamente, o campo se reafirma como território de saberes e tecnologias próprias, desafiando a imagem de atraso ou dependência que historicamente lhe foi atribuída. Praticamente, a redução dos custos fixos melhora a capacidade de investimento e a resiliência financeira das famílias, favorecendo a organização coletiva e a troca entre vizinhos, cooperativas e associações. A lógica comunitária, que Duarte vê como central na vida rural tradicional, é reativada quando a infraestrutura energética também passa a ser compartilhável e cooperativa.

Por fim, a energia solar funciona como um ponto de inflexão no modelo de dependência rural. Ela insere o agricultor em um circuito tecnológico autônomo, sem exigir que ele se submeta às lógicas do mercado de energia. Assim, o processo de desmercantilização não é um retorno ao passado, mas uma reconfiguração moderna das formas de vida rural. É um passo em direção à reterritorialização da soberania, conceito que atravessa tanto a sociologia econômica de Duarte quanto as práticas emergentes nas experiências comunitárias sustentáveis.

4.6. Milton Santos e o território técnico-científico-informacional

Milton Santos, ao propor a ideia de "meio técnico-científico-informacional" (SANTOS, 2000), nos convida a enxergar o território não apenas como espaço físico, mas como sistema articulado por redes de tecnologia, conhecimento e fluxos simbólicos. Esse meio transforma as

relações sociais e redefine o papel dos sujeitos periféricos, como os agricultores familiares, que historicamente foram marginalizados nos processos de modernização. Quando esses sujeitos se apropriam de tecnologias como a energia solar, estão, de fato, se reinserindo nesse meio, não como consumidores passivos, mas como produtores de inovação e autonomia.

A instalação de sistemas de energia solar em pequenas propriedades é um exemplo claro da inserção ativa no território técnico-informacional. Não se trata apenas de utilizar uma tecnologia, mas de reorganizar a relação com o espaço, com o tempo e com os fluxos produtivos. A energia solar permite, por exemplo, irrigação temporizada, controle digital de temperatura em agroindústrias artesanais, e monitoramento remoto de equipamentos, práticas que colocam o agricultor em sintonia com as tendências mais avançadas da agricultura de precisão, mas sem abandonar sua escala familiar.

Milton Santos também enfatizava que a globalização técnica pode ser apropriada de forma seletiva e emancipadora. Ao optar por tecnologias sustentáveis e adaptadas às realidades locais, o agricultor familiar exerce uma forma de resistência criativa à imposição de pacotes tecnológicos padronizados e dependentes. Essa apropriação é ainda mais significativa quando a produção de energia é acompanhada de capacitação técnica, financiamento público e acesso a equipamentos nacionais, elementos que evitam a repetição da dependência estrutural típica da modernização conservadora.

Assim, a energia solar, no contexto da agricultura familiar, deixa de ser apenas uma solução técnica e se torna um instrumento de transformação territorial. Ela encurta distâncias entre o rural e o urbano, entre o local e o global, entre o saber tradicional e o saber científico. E, ao fazê-lo, materializa a proposta de Milton Santos de uma globalização alternativa: uma que parte do território, da solidariedade e da inteligência local, e não da imposição vertical de modelos exógenos.

### 4.7. Bielschowsky e a energia como política pública de desenvolvimento

Ricardo Bielschowsky, em sua atuação intelectual e política vinculada à CEPAL (BIELSCHOWSKY, 2000), defende que o desenvolvimento exige políticas públicas que articulem as dimensões produtiva, social e tecnológica. Nesse sentido, a energia solar se insere de forma exemplar como eixo estruturante de uma estratégia de desenvolvimento voltada à inclusão, à sustentabilidade e à justiça social. Quando aplicada à agricultura familiar, ela revela toda a potência de uma política que não se limita à expansão do PIB, mas busca alterar as condições de vida dos grupos historicamente marginalizados.

O subsídio à energia solar, seja via isenção tributária, financiamento subsidiado ou apoio técnico, não é um favor do Estado, mas uma ação corretiva diante da desigualdade estrutural do campo. A lógica bielschowskiana aponta que é justamente nas áreas de maior vulnerabilidade que as políticas públicas devem incidir com mais força. Ao investir na energia solar para agricultores familiares, o Estado promove a ampliação da capacidade produtiva, mas também da cidadania, da autonomia e da capacidade de organização coletiva.

Além disso, a energia solar favorece o fortalecimento da cadeia produtiva nacional. Como política industrial, ela estimula a fabricação de equipamentos, capacitação de mão de obra e desenvolvimento de pesquisa aplicada em instituições públicas. Bielschowsky destaca que o desenvolvimento só se consolida quando há sinergia entre os setores. Assim, o apoio à energia solar para agricultura familiar conecta o setor agrícola, o setor energético e o setor tecnológico, criando um arranjo virtuoso de cooperação produtiva e inclusão social.

A leitura bielschowskiana nos permite ver que a energia solar não deve ser tratada como uma política pontual, mas como parte de uma estratégia de longo prazo. Se integrada a outras políticas, como crédito rural, assistência técnica, reforma agrária e educação no campo, ela pode contribuir decisivamente para uma nova agenda de desenvolvimento, centrada no protagonismo dos pequenos produtores e na descentralização das oportunidades econômicas. Trata-se, portanto, de uma política pública que vai além do discurso ambiental: ela é, acima de tudo, um projeto de país.

### 4.8. Noam Chomsky e a resistência ao poder corporativo

Noam Chomsky critica de forma sistemática a concentração de poder nas mãos de corporações e a subordinação da política a interesses econômicos privados (CHOMSKY, 2016). Ele alerta para os riscos que essa lógica representa para a democracia, a soberania dos povos e o bem-estar das comunidades. A energia, nesse contexto, é um dos setores mais emblemáticos de captura corporativa. Tarifas abusivas, monopólios regionais e serviços precários são efeitos visíveis dessa estrutura. Ao instalar sistemas de geração própria de energia, o agricultor familiar desafia diretamente essa hegemonia, afirmando sua soberania energética.

O gesto de produzir a própria energia é também um gesto político. Ele representa uma recusa à dependência imposta por concessionárias que, muitas vezes, não garantem continuidade de serviço, não investem em áreas rurais e não respeitam as peculiaridades do meio agrícola. A energia solar permite ao agricultor não apenas manter sua produção com autonomia, mas também escapar da lógica da obediência tarifária e das negociações

assimétricas com grandes fornecedores. Isso se aproxima da crítica de Chomsky à concentração de poder que esvazia a autodeterminação popular.

Além disso, a tecnologia solar descentralizada desafia a lógica da escala como critério de legitimidade econômica. Enquanto o sistema tradicional exige grandes usinas, redes extensas e altos investimentos corporativos, o modelo solar familiar opera com pequenas unidades, distribuídas e controladas pelos próprios usuários. Essa fragmentação da produção energética enfraquece os monopólios e redistribui o poder sobre recursos estratégicos. É, nesse sentido, uma reconfiguração silenciosa, mas profunda, das estruturas de controle sobre os bens comuns.

Por fim, Chomsky também enfatiza que o acesso à informação e à tecnologia é condição para o exercício da liberdade. O agricultor que entende, opera e adapta seu sistema de energia solar adquire um novo repertório técnico e político. Ele passa a ser não apenas produtor de alimentos, mas também guardião de uma infraestrutura autônoma. Isso reforça a ideia de que a energia solar, além de sustentável, é libertadora. E é essa liberdade de decisão, de planejamento e de resistência que constitui o núcleo político da crítica chomskiana à dominação corporativa.

## 5. Casos de Sucesso e Aprendizados

Alguns casos de sucesso da implantação da energia solar para a agricultura familiar serão aqui apresentados, bem como as lições aprendidas, da mesma forma que as contribuições dos autores aqui abordados foram neles evidenciados.

### 5.1 Dourados (MS)

Um estudo da Unioeste (SILVA et al., 2022) analisou quatro cenários de implantação de sistemas solares em uma propriedade familiar em Dourados. O cenário mais viável foi a implantação de painéis no telhado com recursos próprios, apresentando indicadores financeiros robustos – VPL, TIR e B/C (discutidos na Seção 3) – corroborando a viabilidade técnica e econômica para famílias rurais mesmo sem programas de crédito específicos. Este caso reflete a lógica de David Ricardo, pois a redução no custo energético, no caso a renda energética, aumentou a margem de lucro da propriedade, reforçando a noção de renda diferencial.

### 5. 2 Paty do Alferes (RJ)

Num estudo (LOBO PAES et al., 2024) em propriedades familiares de Paty do Alferes, observou-se que a alta despesa com energia elétrica impedia investimentos. A instalação de sistemas solares para duas propriedades foi proposta, enquanto uma terceira adotou biodigestor

e outra, um aerogerador. Os agricultores relataram aumento da autonomia e redução de custos, embora apontassem dificuldades de acesso ao crédito e carência de suporte técnico especializado. Isso dialoga diretamente com o pensamento de Renato Maluf sobre Hirschman: a energia solar é um "atalho imperfeito" e viável, mas que exige apoio institucional para ser eficaz.

5.3 Amenização do êxodo e fortalecimento local

Em Minas Gerais, uma pesquisa da FGV (ALBERTIN; ALBERTIN, 2022) mostrou que 116 pequenos agricultores associaram-se ao uso de um *software* (SAM/PVsyst) para avaliar projetos de sistemas de energia solar. Apesar de reconhecerem benefícios como economia e sustentabilidade, relataram falta de acesso a crédito e assistência técnica. Esse relato reflete a perspectiva de Arthur Lewis, pois a energia solar viabilizou potencial para pequenas agroindústrias (bombas, resfriadores) e possibilitou fixação da mão-de-obra no campo, mas ainda esbarra em entraves financeiros.

## 6. Considerações finais: por mais políticas públicas de apoio ao agricultor familiar

A análise desenvolvida neste artigo permitiu evidenciar o papel da energia solar na agricultura familiar a partir de uma abordagem multidimensional, que articulou diferentes níveis de interpretação. Sob a dimensão econômica, destacaram-se os efeitos sobre a renda, os custos e a geração de excedentes, à luz de autores como Ricardo e Lewis; na dimensão territorial, evidenciou-se a capacidade de retenção de valor e reorganização dos circuitos locais, conforme discutido por Milton Santos e Amaral Filho; na dimensão político-institucional, analisaram-se os marcos regulatórios e as políticas públicas que condicionam a difusão da tecnologia; na dimensão técnica, foram explorados os diferentes arranjos de sistemas e os critérios de viabilidade econômico-financeira; e, por fim, na dimensão sociológica, discutiram-se os efeitos sobre autonomia, poder e desmercantilização, com base em autores como Chomsky e Duarte.

Os estudos de caso demonstraram que, mesmo diante de obstáculos institucionais, o protagonismo local tem gerado soluções criativas e sustentáveis. Quando apoiada por políticas públicas sensíveis à realidade rural, a energia solar deixa de ser uma promessa e torna-se prática transformadora. Ela fortalece a capacidade de planejamento, reduz a vulnerabilidade a choques externos e abre margem para que o agricultor possa pensar seu futuro a médio e longo prazo, com maior dignidade, menor dependência e mais autonomia.

Diante de uma realidade rural frequentemente negligenciada pelas políticas energéticas tradicionais, a adoção de sistemas de energia solar não pode mais ser tratada como exceção ou curiosidade. É urgente que a difusão desta alternativa ganhe escala e profundidade, permitindo que agricultores familiares de diferentes regiões acessem os mesmos benefícios observados nos casos aqui analisados. Isso exige não apenas financiamento, mas também capacitação, assistência técnica e articulação entre os diversos níveis do poder público.

Embora políticas públicas como o PRONAF desempenhem papel relevante ao viabilizar o acesso da agricultura familiar a tecnologias como a energia solar por meio de crédito subsidiado, juros reduzidos e prazos estendidos, observa-se que a renda adicional gerada por esses sistemas, frequentemente caracterizada como uma forma de "renda energética", tende, ao menos em um primeiro momento e em outros casos em até dez anos, a ser parcialmente comprometida com a restituição do financiamento contraído. Em contextos nos quais a renda média do agricultor familiar permanece limitada, muitas vezes não ultrapassando dois salários mínimos mensais, essa dinâmica revela um limite estrutural das políticas baseadas exclusivamente em crédito: embora ampliem o acesso, não eliminam integralmente as barreiras econômicas à adoção tecnológica. Nesse sentido, abre-se espaço para a reflexão sobre a necessidade de evolução dessas políticas, no sentido de incorporar mecanismos mais robustos de apoio, como subsídios diretos, modelos cooperativos de geração ou programas públicos de infraestrutura energética descentralizada, capazes de reduzir de forma mais significativa o custo de entrada e permitir que os ganhos econômicos proporcionados pela energia solar sejam apropriados de maneira mais plena pelos agricultores familiares. Tal avanço não apenas ampliaria a difusão da tecnologia, mas também reforçaria seu potencial como instrumento efetivo de promoção da autonomia produtiva, da justiça territorial e do desenvolvimento rural sustentável.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

**Referências**

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. São Paulo, 2020. Disponível em: https://www.absolar.org.br. Acesso em: 22 jun. 2025.

ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. Y. The adoption of solar energy in rural properties: an analysis of the main factors and impacts. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO – ENANPAD, 2022,

Online. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: ANPAD, 2022. Disponível em: https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u949/albertoluizalbertin_theadoptionofsolar_0.pdf. Acesso em: 24 jun. 2025.

AMARAL FILHO, J. do. A endogeneização no desenvolvimento econômico regional e local. **Planejamento e Políticas Públicas**, n. 23, p. 261–285, jun. 2001.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resolução Normativa nº 1.000**, de 7 de dezembro de 2021. Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren20211000.html. Acesso em: 22 jun. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL divulga os resultados do desempenho das distribuidoras na continuidade do fornecimento de energia elétrica em 2022. **Governo Federal – ANEEL**, 2023a. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2023/aneel-divulga-os-resultados-do-desempenho-das-distribuidoras-na-continuida. Acesso em: 22 jun. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Cartilha: energia solar fotovoltaica – informações básicas**. Brasília, 2023b. Disponível em: https://www.gov.br/aneel/pt-br. Acesso em: 22 jun. 2025.

BIELSCHOWSKY, R. (org.). **Cinquenta anos de pensamento da CEPAL**. 2. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11326.htm. Acesso em: 22 jun. 2025.

BRASIL. **Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/L14300.htm. Acesso em: 22 jun. 2025.

CHOMSKY, N. **Requiem for the American Dream: The 10 Principles of Concentration of Wealth & Power**. New York: Seven Stories Press, 2016.

CODEAGRO – COORDENADORIA DE DESENVOLVIMENTO E ASSISTÊNCIA TÉCNICA DO ESTADO DO PARANÁ. **Cooperativismo no Paraná**. Disponível em: https://www.agricultura.pr.gov.br/CooperaPR/Pagina/Cooperativismo-no-Parana. Acesso em: 22 jun. 2025.

DIAS, T. K. M.; CAMPOS, K. C. **Índice de modernização da agricultura familiar no Nordeste do Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2022. (Circular Técnica, 31). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1150928/1/Indice-de-modernizacao.pdf. Acesso em: 22 jun. 2025.

DUARTE, F. J. M. Da abordagem das Variedades de Capitalismo à retomada do debate acerca de suas comunalidades: deve a Sociologia Econômica integrar Polanyi e Marx para compreender o capitalismo? In: ENCONTRO ANUAL DA ANPOCS, 44., 2020, Caxambu. **Anais [...]**. Caxambu: ANPOCS, 2020.

FETRAF-PR – FEDERAÇÃO DOS TRABALHADORES E TRABALHADORAS NA AGRICULTURA FAMILIAR DO PARANÁ. Deputados e entidades cobram ações contra as constantes quedas de energia e prejuízos aos produtores rurais. **Fetraf Paraná**, 24 abr. 2025. Disponível em: https://www.fetrafparana.org.br/2025/04/24/deputados-e-entidades-cobram-acoes-contra-as-constantes-quedas-de-energia-e-prejuizos-aos-produtores-rurais. Acesso em: 22 jun. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. População ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8%. **Agência IBGE Notícias**, Rio de Janeiro, 5 nov. 2018. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/releases/25789-censo-agro-2017-populacao-ocupada-nos-estabelecimentos-agropecuarios-cai-8-8. Acesso em: 22 jun. 2025.

INSTITUTO IDEAL. **Guia de energia solar fotovoltaica em áreas isoladas**. Florianópolis, 2016. Disponível em: https://institutoideal.org/publicacoes. Acesso em: 22 jun. 2025.

LEWIS, W. A. O desenvolvimento econômico com oferta ilimitada de mão de obra. In: AGARWALA, A. N.; SINGH, S. (coord.). **A economia do subdesenvolvimento**. Rio de Janeiro: Forense, 1969. p. 406–456.

LOBO PAES, J. et al. Proposta de energia renovável para agricultura familiar em propriedades rurais no município de Paty do Alferes – RJ. **Revista Brasileira de Educação do Campo**, v. 9, e15947, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.70860/ufnt.rbec.e15947. Acesso em: 24 jun. 2025.

MALUF, R. S. Hirschman e a dessacralização da epopeia do desenvolvimento por um desenvolvimentista. **Revista de Economia Política**, v. 35, n. 1 (138), p. 43–63, jan./mar. 2015.

MAPA – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Programa Mais Alimentos: incentivo à modernização e à sustentabilidade da agricultura familiar**. Brasília, 2021. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/agricultura-familiar/mais-alimentos. Acesso em: 22 jun. 2025.

NREL – NATIONAL RENEWABLE ENERGY LABORATORY. **Stand-alone Photovoltaic Systems: A Handbook of Recommended Design Practices**. Golden, CO, 2012. Disponível em: https://www.nrel.gov. Acesso em: 22 jun. 2025.

RICARDO, D. **Princípios de economia política e tributação**. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

SANTOS, M. **Por uma outra globalização: do pensamento único à consciência universal**. 15. ed. Rio de Janeiro: Record, 2000.

SILVA, M. A. da et al. Energia fotovoltaica na agricultura familiar: um estudo de caso na região de Dourados-MS. **Informe GEPEC**, Toledo, v. 26, n. 2, p. 69–86, 2022. Disponível em: https://e-revista.unioeste.br/index.php/gepec/article/view/26993. Acesso em: 24 jun. 2025.