

Artigo

## O uso da energia solar fotovoltaica na agricultura familiar: perspectivas para o desenvolvimento sustentável no semiárido

The use of photovoltaic solar energy in family farming: prospects for sustainable development in the semi-arid region

Aniceto Rodrigues Pereira<sup>1</sup>, Ednaldo Barbosa Pereira Júnior<sup>2</sup>, Eliezer da Cunha Siqueira<sup>3</sup>, Aline Carla de Medeiros<sup>4</sup>, Wendel Rodrigues Pereira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Gestão e Sistemas agroindustriais pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Pombal-PB. E-mail: [aniceto.pereira@ifpb.edu.br](mailto:aniceto.pereira@ifpb.edu.br)

<sup>2</sup>Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. D.Sc. em Fitotecnia. E-mail: [ednaldo.pereira@ifpb.edu.br](mailto:ednaldo.pereira@ifpb.edu.br).

<sup>3</sup>Docente do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. D.Sc. em Engenharia Agrícola. E-mail: [eliezer.siqueira@ifpb.edu.br](mailto:eliezer.siqueira@ifpb.edu.br).

<sup>4</sup>Docente da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Pombal-PB. D.Sc. em. E-mail: [alinecarla.edu@gmail.com](mailto:alinecarla.edu@gmail.com).

<sup>5</sup>Técnico Administrativo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB. Mestrando em Gestão e Sistemas Agroindustriais. E-mail: [endelrodrigues.2313@gmail.com](mailto:endelrodrigues.2313@gmail.com).

**Resumo:** Este trabalho examina a relevância da agricultura familiar no contexto do desenvolvimento sustentável no semiárido, com ênfase no uso da energia solar fotovoltaica como alternativa tecnológica para pequenos produtores. Responsável por grande parte da produção de alimentos no mundo, a agricultura familiar enfrenta desafios como a escassez de recursos e a necessidade de modernização diante das mudanças climáticas. Nesse cenário, a energia solar fotovoltaica surge como uma solução viável, proporcionando benefícios como a redução de custos energéticos, o aumento da eficiência produtiva e a mitigação dos impactos ambientais. A pesquisa, de caráter bibliográfico, analisa estudos e dados sobre o papel da energia solar na agricultura familiar, destacando suas vantagens e os desafios para sua implementação, como os custos iniciais e a necessidade de capacitação técnica. Conclui-se que a adoção dessa tecnologia pode promover a sustentabilidade econômica e ambiental no setor agrícola, fortalecendo a resiliência das famílias rurais no semiárido brasileiro e contribuindo para o cumprimento das metas globais de desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** sistemas agroindustriais; energias renováveis; impactos econômicos e ambientais.

**Abstract:** This paper discusses the importance of family farming in the context of sustainable development in the semi-arid region, emphasising the use of photovoltaic solar energy as a technological alternative for small producers. Family farming, which is responsible for a large part of the world food production, faces challenges such as resource scarcity and the need for modernization in face of climate change. Photovoltaic solar energy emerges as a viable solution, offering benefits such as reduced energy costs, increased production efficiency, and reduced environmental impact. This research, of a bibliographic nature, analyzes studies and data on the role of solar energy in family farming, highlighting its advantages and the challenges for implementation, such as initial costs and technical training. We have come to the conclusion that the adoption of this technology can promote economic and environmental sustainability in the agricultural sector, contributing to the resilience of rural families in the Brazilian semi-arid region and the achievement of global sustainable development goals.

**Keywords:** agro-industrial systems; renewable energies; economic and environmental impacts.

### 1 INTRODUÇÃO

A implementação da energia solar fotovoltaica na agricultura familiar não apenas contribui para a sustentabilidade ambiental, mas também melhora as condições socioeconômicas dos produtores do semiárido. Ao reduzir os custos com eletricidade e permitir o uso de tecnologias agrícolas modernas, a energia solar fotovoltaica pode aumentar a eficiência produtiva, melhorar a qualidade de vida das famílias e promover uma maior resiliência diante das adversidades climáticas e econômicas. Ademais, a adoção de energias renováveis está alinhada com as metas globais de combate às mudanças climáticas, conforme estabelecido no Acordo de Paris e nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU).

A agricultura familiar é um componente essencial do sistema produtivo agrícola mundial, desempenhando um papel significativo na segurança alimentar e no desenvolvimento econômico, especialmente em países emergentes.

Responsável por grande parte da produção de alimentos, esse setor promove a geração de empregos e a fixação de populações no campo, contribuindo diretamente para a redução da pobreza rural e para a preservação das tradições culturais locais.

No Brasil, a agricultura familiar é responsável por uma parcela significativa da produção que abastece o comércio interno. Estima-se que mais de 75% dos alimentos consumidos no mercado nacional são provenientes desse setor (IBGE, 2017). Além disso, os produtores familiares contribuem com aproximadamente 38% do Produto Interno Bruto (PIB), tornando-se indispensáveis para o desenvolvimento econômico do país (EMBRAPA, 2017).

Apesar de sua expressiva importância, o setor enfrenta uma série de desafios, especialmente no semiárido brasileiro, como a escassez de recursos naturais, a necessidade de modernização e a transição para um modelo mais sustentável diante dos impactos das mudanças climáticas. Para que essa transição ocorra, é fundamental que os agricultores familiares tenham acesso a novas tecnologias e fontes de energia que otimizem sua produção sem causar impactos negativos ao meio ambiente. Nesse sentido, a energia solar fotovoltaica desponta como uma solução promissora, pois, além de ser uma fonte de energia limpa e renovável, tem o potencial de reduzir custos operacionais e aumentar a autonomia dos produtores rurais do semiárido brasileiro, especialmente em áreas remotas ou com acesso limitado à rede elétrica.

Com o avanço das mudanças climáticas e a crescente pressão sobre os recursos naturais, torna-se imperativo que práticas agrícolas mais sustentáveis sejam adotadas no semiárido brasileiro. Dessa forma, a agricultura familiar, devido à sua escala de operação e ao seu vínculo com o território, possui um enorme potencial para a implementação de práticas sustentáveis que respeitem os limites dos ecossistemas e promovam a preservação dos recursos naturais. Nesse contexto, o conceito de desenvolvimento sustentável surge como um caminho necessário para garantir a continuidade da produção agrícola no semiárido, sem comprometer o meio ambiente e as gerações futuras.

Diante desse cenário, este estudo teve como objetivo analisar, por meio de pesquisa bibliográfica, como a energia solar fotovoltaica pode ser integrada ao modelo de agricultura familiar, promovendo tanto o desenvolvimento econômico quanto a sustentabilidade ambiental.

Além disso, buscou-se compreender a importância da sinergia entre a agricultura familiar e o uso da energia solar fotovoltaica como estratégia para fomentar o desenvolvimento sustentável no semiárido brasileiro.

## 2 METODOLOGIA

Foi utilizado a pesquisa bibliográfica como metodologia central. A pesquisa bibliográfica consiste na revisão de materiais já publicados, como livros, artigos acadêmicos, relatórios técnicos e publicações de instituições governamentais e não governamentais. O objetivo é aprofundar o conhecimento teórico sobre a agricultura familiar, o desenvolvimento sustentável e o uso de energia solar fotovoltaica na agricultura familiar.

A pesquisa foi realizada em bases de dados acadêmicas e bibliotecas digitais, como Google Scholar, SciELO e repositórios de universidades. Foram priorizadas fontes recentes e relevantes, com foco em estudos que abordam a relação entre a sustentabilidade na agricultura e a adoção de tecnologias limpas, especialmente no contexto brasileiro. Além disso, foram consultados documentos e relatórios de organizações que atuam diretamente com o tema, como a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura) e o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

O processo de revisão bibliográfica seguiu as seguintes etapas:

**1. Seleção de Palavras-chave:** Foram utilizadas palavras-chave como "agricultura familiar", "desenvolvimento sustentável", "energia solar fotovoltaica", "tecnologias renováveis na agricultura" e "impactos ambientais e econômicos". Isso facilitou a localização dos estudos mais pertinentes ao tema.

**2. Levantamento de Fontes:** Após a definição das palavras-chave, foi feito o levantamento de fontes que abordem a interseção entre agricultura familiar e sustentabilidade no semiárido brasileiro, com ênfase na implementação de energia solar fotovoltaica. As fontes foram classificadas de acordo com sua relevância teórica e prática para o objeto de estudo.

**3. Análise Crítica dos Textos:** A análise consistiu em examinar criticamente os conceitos, dados e resultados apresentados nas publicações selecionadas. Foi dada atenção especial às pesquisas que trazem casos de sucesso ou estudos de impacto relacionados ao uso de energia solar em pequenas propriedades rurais.

**4. Síntese das Informações:** A partir da análise das fontes, foi feita uma síntese dos principais conceitos e conclusões que sustentam a hipótese de que a energia solar fotovoltaica pode contribuir para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no semiárido. Essa síntese serviu de base para a discussão e para a proposição de diretrizes para futuras pesquisas e políticas públicas.

Os resultados da pesquisa bibliográfica foram utilizados para embasar a discussão sobre os benefícios e desafios da adoção da energia solar no campo, oferecendo uma visão crítica e abrangente sobre o tema.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1 O USO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA AGRICULTURA FAMILIAR

A energia solar fotovoltaica tem se consolidado como uma alternativa eficiente e sustentável para a geração de energia, especialmente em áreas rurais. A implementação dessa tecnologia na agricultura familiar pode transformar o

modo de produção, ao proporcionar uma fonte de energia renovável, acessível e de baixo custo, capaz de atender às demandas energéticas dos produtores.

Entre as principais vantagens da adoção da energia solar fotovoltaica na agricultura familiar, destacam-se a redução dos custos com eletricidade, o aumento da autonomia energética e a possibilidade de uso de equipamentos modernos que melhorem a eficiência produtiva (Moura et al., 2020). Além disso, em regiões isoladas ou com acesso limitado à rede elétrica, a energia solar oferece uma solução viável para a geração local de energia.

A energia solar fotovoltaica apresenta baixo custo, alta eficiência e pode ser aplicada em diversas atividades no meio rural, como o bombeamento de água, irrigação, secagem de grãos, galpões e silos, produção avícola, piscicultura, bovinocultura de corte e leite, criação de equinos, avestruzes, mini-indústrias e, finalmente, em todas as dependências da propriedade que requerem o uso de eletricidade (Brandão et al., 2018)

Nunes, Pinho e Mendes (2014) destacam a irrigação como uma atividade de grande consumo de energia dentro da propriedade rural. Em seu trabalho, desenvolveram um sistema piloto de irrigação alimentado por dois módulos fotovoltaicos, acoplados diretamente a duas bombas hidráulicas, com a finalidade de suprir as necessidades hidráulicas e energéticas de uma horta com área de irrigação de aproximadamente 75 m<sup>2</sup>.

Ressalta-se desse estudo o grau de sustentabilidade e o importante benefício ambiental, uma vez que a água utilizada provém de um sistema de captação de água de chuva e a energia elétrica é fornecida a partir de uma fonte renovável, minimizando a demanda desses recursos da rede pública, promovendo assim um aumento na eficiência energética do sistema.

Da mesma forma, Alvarenga, Ferreira e Fortes (2014) apresentam o dimensionamento de um sistema fotovoltaico autônomo e automatizado para atender à demanda de energia destinada à irrigação de um cultivo de alface. A proposta se mostra bastante inovadora, já que o controle da irrigação é realizado por meio de uso de um tensiômetro que atua em função do conteúdo de água no solo onde se realiza o cultivo. Essa combinação evita o uso de um banco de baterias, diminuindo consideravelmente o custo; de forma que o projeto se apresentou atrativo e viável economicamente.

Soares *et al.* (2011) realizaram uma análise técnica e econômica de sistemas fotovoltaicos para implementação em localidades rurais isoladas da região Norte do Brasil. Estudaram e compararam as modalidades de geração fotovoltaica individual ou através de minicentrals geradoras, a partir dos custos de implantação e manutenção desses sistemas fotovoltaicos. Nas condições do caso em estudo, destaca-se que embora o sistema de central fotovoltaico de geração com a instalação de minirrede de distribuição tenham um custo de implementação maior; o sistema central fotovoltaico de geração apresentou maior vantagem econômica que o sistema de geração individual a partir de um número de casas, maior a 7, considerando o consumo médio delas de 30kWh/mês por unidade, principalmente devido a menores custos de manutenção anual e componentes como controladores e inversores individuais.

Ademais, os sistemas fotovoltaicos de bombeamento podem ser utilizados para movimentação de água residencial, abastecimento de pequenas comunidades, fornecimento de água para consumo animal e para sistemas de irrigação, oferecendo diversas possibilidades em termos de potência (Pinho; Galdino, 2014).

### **3.2 BENEFÍCIOS E DESAFIOS PARA IMPLANTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA AGRICULTURA FAMILIAR NO SEMIÁRIDO**

O semiárido brasileiro é caracterizado por duas condições climáticas antagônicas: a escassez de água – que tende a se acentuar no futuro – e a abundância de irradiação solar, que também deverá sofrer incremento (Ventura; Andrade, 2013). Considerando ainda o cenário futuro para a região, o qual prevê a intensificação da crise hídrica e a consequente diminuição da disponibilidade de energia nas usinas hidrelétricas (Huback et al., 2016), a energia fotovoltaica surge como uma alternativa interessante em termos de segurança energética.

O semiárido brasileiro, assim como quase toda a região Nordeste, apresenta os piores indicadores econômicos e sociais do país. Em relação às atividades econômicas, estas ainda sofrem, como consequência da estrutura agrária regional, com sérios problemas de concentração e desigualdade na distribuição das terras. Cerca de 1,5 milhão de famílias ocupam apenas 4,2% das terras agricultáveis no semiárido. Em contrapartida, 38% das terras estão concentradas em latifúndios com mais de 1.000 hectares (ASA, 2017).

A energia proveniente da luz e do calor do Sol é a mais abundante entre todos os recursos energéticos. A Terra recebe cerca de 174 PW de radiação solar, valor muito superior quando comparado às outras fontes de energia e ao consumo humano (Philibert, 2005).

O semiárido possui uma posição privilegiada para a captação de energia solar, uma vez que se localiza em latitudes próximas ao Equador, região geográfica da Terra que recebe as maiores quantidades de radiação solar. Além disso, o regime de irradiação solar é mais homogêneo ao longo dos ciclos sazonais, visto que essa é uma região distribuída em zonas geográficas de baixa latitude (Silva, 2006).

Um fator que influencia o grau de penetração da energia fotovoltaica em determinada região é o valor da tarifa de energia elétrica cobrada pela distribuidora responsável pelo abastecimento. Minas Gerais, por exemplo, figura entre os estados com as tarifas de energia mais altas do país (ANEEL, 2018). Isso incentiva os consumidores a instalarem sistemas fotovoltaicos, uma vez que esse investimento apresenta um prazo de retorno mais curto.

A primeira perspectiva de oportunidades de difusão da geração solar fotovoltaica no semiárido a ser considerada é a econômica. Nos últimos anos, diversas mudanças caracterizaram a energia fotovoltaica no cenário global. Até então,

esse tipo de tecnologia era considerado de elevado custo, baixa escalabilidade e com desempenho limitado em outros componentes do sistema (Bazilian et al., 2013).

Segundo Dantas (2020), o desenvolvimento sustentável é um dos temas mais discutidos nas últimas décadas, tanto no setor público quanto no privado. O crescimento econômico é, muitas vezes, relacionado a ações que impactam o meio ambiente. Por sua vez, a energia é uma peça fundamental no desenvolvimento econômico e social de qualquer sociedade. Desse modo, a utilização de tecnologias de energias limpas e renováveis ganhou grande destaque nos últimos anos, principalmente por parte dos governos, por meio de políticas públicas e incentivos.

Considerando esses aspectos, a energia solar fotovoltaica se apresenta como uma peça importante na matriz energética brasileira. Entretanto, é necessário saber de que maneira esse tipo de geração será incorporado à matriz: sem incentivos e com crescimento tímido ou com incentivos e de forma mais imediata (Dantas, 2020).

O acesso das famílias menos favorecidas à energia fotovoltaica depende, de forma significativa, de linhas de crédito específicas para esse fim, cujas características devem incluir, entre outras, baixas taxas de juros e prazos de financiamento suficientemente longos. Medidas como a dedução no imposto de renda não geram impactos para essa parcela da população (Dantas, 2020).

### 3.3 A AGRICULTURA FAMILIAR NO BRASIL

A agricultura é uma atividade que possui um amplo cenário, com diversas abordagens, discussões e compreensões. A agricultura familiar pode ser conceituada como a produção agrícola na qual o produtor rural se utiliza de métodos de cultivo para garantir a sua subsistência, podendo, ainda, comercializar parte de sua produção proveniente da área administrada por sua própria família (Vinciguera, 2014).

A estrutura rural é complexa devido à diversidade existente. Essa complexidade, de acordo com Garcia Filho (2000), está embasada na diversidade dos ecossistemas, que representam potenciais ou impõem limites às atividades agrícolas, e no modo de utilização do espaço que essas sociedades adotam, representando um esforço de adaptação ao ecossistema, buscando explorar da melhor maneira possível o seu potencial ou minimizar os obstáculos. Segundo o mesmo autor:

[...] na agricultura, isso resulta na existência de distintos tipos de produtores, que se diferenciam tanto pelas suas condições socioeconômicas e por seus critérios de decisão, quanto pelos seus sistemas de produção e pelas suas práticas agrícolas (Garcia Filho, 2000, p.09).

A interpretação de Garcia Filho (2000) está fundamentada na ideia de que os ecossistemas possuem uma complexidade intrínseca que tanto oferece potenciais quanto impõe limites às atividades agrícolas. Ele argumenta que o modo como as sociedades utilizam o espaço é resultado de um esforço de adaptação às características do ecossistema, buscando maximizar os potenciais disponíveis ou minimizar os obstáculos que surgem.

A situação em que se expressa a agricultura familiar na atualidade, no Brasil, é resultado de um processo histórico iniciado a partir da colonização, sendo influenciada principalmente pelos acontecimentos políticos, econômicos e sociais dos últimos séculos, e principalmente das últimas décadas. A respeito disso, Lamarche, considerando um quadro mais amplo, disserta que:

Evidentemente a exploração familiar tem passado também por profundas transformações nestas últimas décadas, todavia foi bastante afetada pelo caráter ‘conservador’ da modernização agrícola: discriminatório, parcial e incompleto (Lamarche, 1997, p.184).

Conforme Lamarche, parte dos pequenos produtores

[...] é excluída do processo de modernização, conservando muitas de suas características tradicionais: a dependência em relação à grande propriedade, a precariedade do acesso aos meios de trabalho, a pobreza dos agricultores e sua extrema mobilidade social (Lamarche, 1997).

Por outro lado, segundo o autor, os produtores familiares que se modernizam:

[...] devem continuar a assumir a propriedade fundiária e a dependência penosa e ambígua do trabalho assalariado, que se constitui geralmente de um ordenado pago à força de trabalho local e somente em alguns raríssimos casos indica uma mudança qualitativa do ponto de vista estrutural (Lamarche, 1997, p.184).

Schneider (2005) afirma que, desde a primeira metade dos anos 90, está surgindo uma legitimação e proeminência da agricultura familiar, que busca, nos espaços políticos, firmar-se como categoria social estratégica no processo de desenvolvimento rural sustentável.

Savoldi e Cunha (2010) explicam que os agricultores familiares no Brasil são considerados de pequeno porte, representando o tamanho das propriedades como uma das mais fortes restrições para o crescimento da agricultura familiar. Um número significativo de estabelecimentos familiares são minifúndios que operam em condições não favoráveis para a sobrevivência da família.

Atualmente, no Brasil, a agricultura familiar é considerada heterogênea e inclui diversas famílias muito pobres, as quais detêm, de forma precária, um pedaço de terra que dificilmente pode servir para uma unidade de produção sustentável (Savoldi; Cunha, 2010).

Peixoto (1998) reforça que a agricultura familiar sobrevive ocupando pequenas extensões de terra, utilizando tecnologias rudimentares e destinando a produção, em grande parte, para o consumo familiar. Além disso, também desempenha as funções de produtora de alimentos e de reservatório de mão-de-obra para os latifúndios. As limitações tecnológicas que caracterizam os produtores familiares levaram à formulação do conceito de produção para o autoconsumo, em que, praticamente, não se observa a geração de excedentes.

Segundo Mussoi, a agricultura familiar, pelas suas características:

(como produtora de alimentos básicos baratos, como reserva de mão-de-obra, como consumidora de insumos industriais, e como geradora de um movimento econômico considerável) é, ao mesmo tempo, importante para o modelo geral, e gradativamente excluída dele (Mussoi, 2006, p. 101).

Wanderley define a agricultura familiar como:

Aquela em que a família, ao mesmo tempo em que é proprietária dos meios de produção, assume o trabalho no estabelecimento produtivo. É importante insistir que esse caráter familiar não é um mero detalhe superficial e descritivo, ou seja, o fato de uma estrutura produtiva associar família-produção-trabalho tem consequências fundamentais para a forma como ela age econômica e socialmente. No entanto, assim definida, essa categoria é necessariamente genérica, pois a combinação entre propriedade e trabalho assume, no tempo e espaço, uma grande diversidade de formas sociais (Wanderley, 1999, p. 23).

De acordo com Flores, o surgimento de políticas públicas e o fortalecimento de estratégias antigas, a partir da pressão exercida pelos movimentos sociais, tem possibilitado a conquista de novos espaços. Este autor cita, como exemplo, o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), oficializado em 1996, e o fortalecimento das ações de reforma agrária como acontecimentos que marcaram a conquista de espaços para a agricultura familiar (Flores, 2002, p. 22).

O autor destaca que:

[...] progressos foram feitos na política de crédito rural e de investimentos em infraestrutura de apoio ao desenvolvimento da agricultura familiar, apesar de não terem sido suficientes para determinar um novo modelo de desenvolvimento rural não excludente (Flores, 2002, p. 22).

A citação de Flores aponta para a evolução da agricultura familiar no Brasil, destacando os avanços alcançados por meio de políticas públicas e pressões sociais, como o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) e as ações de reforma agrária. No entanto, apesar dessas melhorias, o autor ressalta que tais medidas ainda são insuficientes para promover um modelo de desenvolvimento rural verdadeiramente inclusivo e sustentável. Isso reflete a complexidade do processo de modernização da agricultura familiar, que, embora importante para a segurança alimentar e a economia local, enfrenta desafios estruturais e históricos que dificultam sua plena integração ao modelo econômico dominante.

Portanto, o progresso observado até o momento não é suficiente para superar as desigualdades e promover uma mudança significativa no desenvolvimento rural, o que indica a necessidade de um aprofundamento nas políticas públicas para que realmente se possa alcançar um desenvolvimento rural mais justo e menos excludente.

### 3.4 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NA AGRICULTURA

O conceito de desenvolvimento sustentável envolve a busca por práticas que equilibrem os aspectos econômicos, sociais e ambientais, garantindo que as gerações futuras possam atender suas próprias necessidades (Brundtland, 1987). Na agricultura familiar, isso implica a adoção de técnicas que conservem os recursos naturais, promovam a biodiversidade e assegurem a produção de alimentos de forma eficiente e justa.

O termo sustentabilidade se difundiu a partir do Relatório da Comissão Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento, em 1987. Esse relatório criticou o modelo de desenvolvimento vigente nos países desenvolvidos e sugeriu uma alternativa que fosse capaz de manter o progresso e que pudesse ser compartilhada entre países desenvolvidos e subdesenvolvidos.

Para viabilizar as mudanças necessárias ao desenvolvimento sustentável, especialmente no meio rural, os processos para avaliação da sustentabilidade assumem um importante papel, visto que a gestão de informações por meio de indicadores torna possível subsidiar decisões e ações dos atores envolvidos (Gomes, 2004).

Produzir mais e melhor, com menos agressividade ao meio ambiente, tem sido alguns dos desafios da agricultura. Nesse sentido, a discussão sobre a necessidade de uma agricultura sustentável tem se mostrado cada vez mais urgente. Para Santos e Silva (2019), a resistência dos produtores na implementação de uma forma de manejo do solo menos

agressiva é um dos desafios atuais da agricultura, bem como o aumento da produção em larga escala.

A sustentabilidade ambiental deve ser complementada pela sustentabilidade social. A agricultura sustentável é aquela capaz de manter a sua produtividade e utilidade para a sociedade, ser economicamente viável, comercialmente competitiva, ambientalmente aceitável e socialmente justa (Florit, 1998).

Ainda para Santos e Silva (2019), outro desafio é buscar sistemas de produção agrícola adaptados ao ambiente e utilizando o mínimo de insumo externo e de recursos naturais. O maior desafio da agricultura hoje é adotar um sistema de produção que minimize perdas e desperdícios. Assad e Almeida (2015) apontam ainda o desafio territorial, que consiste em buscar a viabilização de uma efetiva integração agrícola com o espaço rural. Nesse outro aspecto, se tem ainda o desafio tecnológico, considerando que a agricultura é fortemente dependente da tecnologia e precisa desenvolver novos processos produtivos nos quais as tecnologias sejam menos agressivas ambientalmente.

Agricultura sustentável é definida como uma agricultura equilibrada ecologicamente, socialmente justa, economicamente viável, humana e adaptativa. Há alguns conceitos de agricultura sustentável, que incluem ainda: segurança alimentar, vida de qualidade e produtividade. Agricultura sustentável é o manuseio bem-sucedido dos recursos agrícolas, atendendo às necessidades humanas, conservando ou melhorando a qualidade ambiental e mantendo os recursos naturais (Gomes, 2004).

De acordo com Altieri (2004), constitui-se num conceito dinâmico, que leva em conta as necessidades crescentes das populações, num contexto internacional em constante expansão. Provavelmente, em nenhuma outra atividade humana, exista interação tão grande entre o ser humano e a natureza como na agricultura e sua consequência atual é que, ali, acabam por ocorrer grandes problemas ambientais (Gomes, 2004).

Esses desafios se tornam cada vez maiores, conforme as limitações impostas, sendo necessária uma nova agricultura que se concilie com a sustentabilidade. Para Assad e Almeida:

Do ponto de vista das tecnologias de base para uma agricultura sustentável, constata-se frequentemente dois tipos de obstáculos. O primeiro diz respeito às tecnologias propriamente ditas, que, embora por vezes conhecida e testada com base científica, não são devidamente inseridas nos sistemas produtivos, seja por falta de difusão tecnológica apropriada, seja por desarticulação entre pesquisa e extensão rural com segmentos produtivos que poderiam se beneficiar dessas tecnologias. Outro obstáculo diz respeito à dificuldade, mais ou menos generalizada, de aprofundamento do conhecimento sobre os sistemas agrícolas ou da falta de clareza a respeito de suas dinâmicas (Assad; Almeida, 2015, p.12).

Um ponto de desafio importante a destacar é o uso de fertilizantes químicos aplicados intensivamente, que também causam impactos significativos no ambiente. Para reverter esse quadro, seria necessário investimento na geração e difusão de tecnologias de baixo impacto ambiental (Sambuich et al., 2012). Ademais, é necessário estabelecer medidas de caráter precautório relacionadas ao uso destes produtos no meio ambiente (Bohner, 2015).

Desenvolvimento sustentável é aquele que garante as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as gerações futuras também atenderem às suas. Problemas ambientais estão, na maioria das vezes, associados à ação humana, desigualdades sociais, pobreza, alienação, exploração ou injustiça, doenças ou transgressão de direitos humanos fundamentais (Gomes, 2004).

O desenvolvimento sustentável deve conciliar, por longos períodos, o crescimento econômico e a conservação dos recursos naturais. Ou seja, está associado ao uso, equilíbrio e dinâmica dos recursos da biosfera no presente e no futuro. Várias entidades internacionais escolhem o desenvolvimento sustentável para indicar a nova filosofia do desenvolvimento, que combina eficiência econômica com justiça social e prudência ecológica (Moreira, 1998).

Ser sustentável compreende a progressão de negócios que não depredam, mas, sim, restauram o meio ambiente, causando o menor impacto possível ao mesmo e às criaturas que nele habitam. Ser sustentável compreende operar um negócio, conhecendo as necessidades e interesses das partes, reforçando suas relações e promovendo benefícios para os dois lados. Ser sustentável é entender que a preservação da natureza é tão importante para a humanidade quanto as relações sociais e o desenvolvimento econômico (Moreira, 1998).

Segundo Savoldi e Cunha (2010), o desenvolvimento sustentável significa atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender às suas próprias necessidades. Sustentabilidade significa a possibilidade de se obterem continuamente condições iguais ou superiores de vida para um grupo de pessoas e seus sucessores em dado ecossistema. A agricultura é afetada pela evolução dos sistemas socioeconômicos e naturais (Altieri, 2004).

Altieri (2004) destaca que os sistemas de produção devem reduzir o uso de energia e recursos naturais e regular a entrada total de energia, de modo que a relação entre saídas e entradas seja alta; reduzir as perdas de nutrientes, detendo a lixiviação, o escoamento e a erosão, e melhorando a reciclagem de nutrientes com o uso de leguminosas, adubação orgânica e compostos, e outros mecanismos eficientes de reciclagem; incentivar a produção local de cultivos adaptados ao meio natural e socioeconômico; sustentar um excedente líquido desejável, preservando os recursos naturais; isto é, minimizar a degradação do solo, reduzir custos e aumentar a eficiência e a viabilidade econômica das pequenas e médias unidades de produção agrícola, promovendo assim, um sistema agrícola potencialmente melhor.

Para ser sustentável, a agricultura deve ter efeitos negativos mínimos no ambiente e não liberar substâncias

tóxicas ou nocivas na atmosfera, água superficial ou subterrânea; preservando e recompondo a fertilidade da terra, prevenindo a erosão e mantendo a saúde ecológica do solo; usando água de maneira que permita a recarga dos depósitos aquíferos e satisfação das necessidades hídricas do ambiente e das pessoas; dependendo, principalmente, de recursos de dentro dos agroecossistemas, incluindo comunidades próximas, ao substituir insumos externos por ciclagem de nutrientes, melhor conservação e uma base ampliada de conhecimento ecológico, trabalhando para valorizar e conservar a diversidade biológica, tanto em paisagens silvestres quanto em paisagens domesticadas; garantindo igualdade de acesso a práticas, conhecimento e tecnologias agrícolas adequados e possibilitando o controle local dos recursos agrícolas (Delgado, 2012).

A agricultura sustentável requer uma combinação de cultivos mais diversificada, não de monoculturas, mas de lavouras com pecuária e pastagens, com plantação de feno e gramíneas com leguminosas combinadas, como o cultivo de aveia e cevada. A redução, em todos os países, principalmente os países industrializados, dos subsídios das políticas públicas, hoje dirigidos a cultivos que têm impactos adversos ao meio ambiente, em benefício de cultivos que têm impacto benigno no meio ambiente (Lopes, 1994).

Os sistemas agrícolas e a sustentabilidade ou a não-sustentabilidade destes sistemas, em dada área, demonstram que existe relação direta entre o conceito de sustentabilidade e o enfoque sistêmico. Na passagem do sistema agrícola atualmente dominante para o sistema sustentável, a pesquisa agropecuária deve ser direcionada para o enfoque sistêmico, de maneira a integrar os diversos componentes de um agroecossistema (Altieri, 2004). Os pequenos produtores, hoje conceituados como agricultores familiares, sempre estiveram na franja de um processo produtivo comandado pela grande agricultura (Ehlers, 2008).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura familiar é fundamental para a segurança alimentar, a preservação dos recursos naturais e o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões. Diante dos desafios ambientais e econômicos impostos pelo cenário atual, é crucial que esse setor adote práticas mais sustentáveis, capazes de garantir a continuidade da produção de alimentos e a manutenção da biodiversidade. Nesse contexto, o desenvolvimento sustentável na agricultura familiar do semiárido brasileiro depende da implementação de novas tecnologias, como a energia solar fotovoltaica, que pode transformar a forma como os pequenos produtores utilizam os recursos energéticos.

O semiárido brasileiro é caracterizado pela escassez de água e pela abundância de irradiação solar, o que lhe confere uma posição privilegiada para a captação de energia solar, uma vez que se localiza em latitudes próximas ao Equador, a região geográfica da Terra que recebe as maiores quantidades de radiação solar. Entretanto, essa região apresenta os piores indicadores econômicos e sociais do país, com sérios problemas de concentração e desigualdade na distribuição de terras, sendo que o acesso de famílias menos favorecidas à energia fotovoltaica é extremamente dependente de linhas de crédito específicas.

As projeções futuras para o semiárido brasileiro preveem uma intensificação da crise hídrica e uma redução da produção de energia hidroelétrica. Nesse cenário, a energia fotovoltaica desponta como uma alternativa promissora, em termos de segurança energética e sustentabilidade ambiental.

A utilização da energia solar fotovoltaica oferece inúmeras vantagens para os agricultores familiares do semiárido, como a redução de custos com eletricidade, a independência energética e a melhoria na eficiência produtiva. Além disso, essa tecnologia contribui para a diminuição do impacto ambiental das atividades agrícolas, promovendo a transição para um modelo de produção mais limpo e sustentável. Ao utilizar uma fonte de energia renovável e abundante, os agricultores podem diminuir sua pegada de carbono e contribuir diretamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Apesar dos benefícios evidentes, a adoção da energia solar ainda enfrenta desafios, como os altos custos iniciais e a necessidade de capacitação técnica. No entanto, com o apoio de políticas públicas, programas de incentivo e linhas de crédito acessíveis, é possível acelerar a implementação dessa tecnologia nas pequenas propriedades agrícolas do semiárido. Investir em energias renováveis na agricultura familiar não só impulsiona o desenvolvimento sustentável, mas também fortalece as economias locais e garante maior segurança alimentar para a sociedade.

#### 5 CONCLUSÃO

O caminho para um futuro mais sustentável e resiliente passa por iniciativas que combinem tecnologias limpas com a valorização das práticas tradicionais da agricultura familiar, assegurando que as gerações futuras possam prosperar em um ambiente equilibrado e produtivo.

Conclui-se que a energia solar fotovoltaica surge como uma aliada importante para o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar no semiárido brasileiro e sua implementação pode transformar a dinâmica produtiva no campo, promovendo a inovação, a redução de custos e o uso responsável dos recursos naturais.

#### REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.
- ALVARENGA, A. C.; FERREIRA, V. H.; FORTES, M. Z. Energia solar fotovoltaica: uma aplicação na irrigação da agricultura familiar. **Sinergia**, São Paulo, v. 15, n. 4, p. 311-318, out./dez. 2014. Disponível em: <https://ojs.ifsp.edu.br/index.php/sinergia/issue/view/12>. Acesso em: 12 nov. 2024.

- ANEEL. **Resumo estadual de geração distribuída**. [s. l. : s. n.], 2018. Disponível em: [https://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD\\_Estadual.asp](https://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Estadual.asp). Acesso em: 18 nov. 2024.
- ASA. Semiárido – é no semiárido que a vida pulsa! **Asabrazil**, 2017. Disponível em: <https://www.asabrazil.org.br/semiario>. Acesso em: 18 nov. 2024.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura e Sustentabilidade Contexto, Desafios e Cenários. **Ciência & Ambiente**, Porto Alegre, v. 29, n. 3, p. 1-15, set. 2015. Disponível em: [https://www.ufrgs.br/temas/wp-content/uploads/2021/04/2004\\_agricultura\\_sustentabilidade.pdf](https://www.ufrgs.br/temas/wp-content/uploads/2021/04/2004_agricultura_sustentabilidade.pdf). Acesso em: 06 out. 2024.
- BAZILIAN, M. *et al.* Reconsidering the economics of photovoltaic power. **Renewable Energy**, [s. l.], v. 53, p. 329-338, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148112007641>. Acesso em: 10 nov. 2024.
- BOHNER, T. O. L. **Agrotóxicos e Sustentabilidade: Percepção dos sujeitos sociais no meio Rural**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Extensão Rural, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2015.
- BRANDÃO, L. W. R. *et al.* Hidroponia com uso de energia solar- uma forma sustentável de produzir alimentos. *In*: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO, 9., Palmas, 2018. **Anais [...]**. Palmas: IFTO, 2018.
- BRUNDTLAND, G. H. **Our Common Future**: Report of the World Commission on Environment and Development, [S. l. : s. n.], 1987.
- DANTAS, S. G. **Oportunidades e desafios da geração solar fotovoltaica no semiárido do Brasil**. Brasília; Rio de Janeiro: IPEA, 2020.
- DELGADO, N. G. Agronegócio e agricultura familiar no Brasil: desafios para a transformação democrática do meio rural. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 15, n. 1, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/10830/7463>. Acesso em: 20 out. 2024.
- EHLERS, E. **O que é agricultura sustentável**. São Paulo: Brasiliense, 2008.
- EMBRAPA. **A real contribuição da agricultura familiar no Brasil**. 2017. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agropensa/busca-de-noticias/-/noticia/27405640/a-real-contribuicao-da-agricultura-familiar-no-brasil>. Acesso em: 24 set. 2024.
- FLORES, M. Assistência técnica e agricultura familiar. *In*: LIMA, D. M. de A.; WILKINSON, J. (org.). **Inovação nas tradições da agricultura familiar**. Brasília: CNPq./Paralelo. 2002. p.347-360.
- FLORIT, L. F. **Agricultores familiares frente aos dilemas da sustentabilidade: O caso da construção social da poluição hídrica na microbacia do Lajeado São José**. 1998. 136f. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Florianópolis, 1998.
- GARCIA FILHO, D. P. **Análise diagnóstico de sistemas agrários: guia metodológico**. Brasília: INCRA/FAO, 2000.
- GOMES, I. Sustentabilidade social e ambiental na agricultura familiar. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, [s. l.], v. 5, n.1, 2004.
- HUBACK, V. *et al.* Mudanças climáticas e os impactos sobre o setor de energia elétrica: uma revisão da bibliografia. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE
- PLANEJAMENTO ENERGÉTICO, 10., 2016, Gramado, Rio Grande do Sul. **Anais [...]**. Gramado: CBPE, 2016. Disponível em: <https://bit.ly/2On7Umq>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- IBGE. Em 11 anos, agricultura familiar perde 9,5% dos estabelecimentos e 2,2 milhões de postos de trabalho. **Censo Agro 2017 – IBGE, 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/28727-censo-agropecuaria-completa-100-anos-e-retrata-historia-do-setor-no-pais>. Acesso em: 17 nov. 2024.
- LAMARCHE, E. **A agricultura familiar: comparação internacional**. 2. ed. Campinas: Unicamp, 1997.
- LOPES, M. de R. Meio ambiente e comércio de produtos agrícolas. **Revista Conjuntura econômica**, [s. l.], v. 48, n. 29, dez. 1994.
- MOREIRA, R. J. **Agricultura familiar e sustentabilidade: valorização e desvalorização econômica e cultural das técnicas**. Trabalho no Campo. São Paulo: Hucitec, 1998.
- MOURA, F. S. *et al.* Impacto da energia solar fotovoltaica na produção agrícola familiar. **Revista de Energias Renováveis**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 45-59, 2020.
- MUSSOI, E.M. Curso de especialização em extensão rural para o desenvolvimento sustentável: uma experiência

inovadora e transformadora. *In*: LIMA, J.R.T.; FIGUEIREDO, M. A. B. (org.) **Extensão Rural, desafios de novos tempos: agroecologia e sustentabilidade**. Recife: Edições Bagaço. 2006. p.159-171.

NUNES, A. F. PINHO, Y. K. R. de. MENDES, L. F. R. **Energia solar fotovoltaica aplicada a sistemas de irrigação em olericultura**. Guarus: Instituto Federal Fluminense, 2014.

PEIXOTO, S. E. Histórico da agricultura familiar no Brasil. **Revista Bahia Agrícola**, [s. l.], v.2, 1998.

PHILIBERT, C. **The present and future use of solar thermal energy as a primary source of energy**. Paris: IEA, 2005. Disponível em: <https://bit.ly/35iaG3b>. Acesso em: 18 nov. 2024.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014.

SAMBUICHI, R. H. R. *et al.* **A sustentabilidade Ambiental da Agropecuária Brasileira: Impactos, Políticas Públicas e Desafios**. Rio de Janeiro: Ipea, 2012.

SANTOS, N. C. da S.; SILVA, W. A. da. Desafios e Possibilidades da Sustentabilidade na Agricultura. **Revista Geosertões**, Cajazeiras-PB, v. 7, n. 4, p. 10-25, jun. 2019.

SAVOLDI, A.; CUNHA, L. A. Uma abordagem sobre a agricultura familiar, PRONAF, e a modernização da agricultura no sudoeste do Paraná na década de 1970. **Revista Geografar**, Curitiba, v.5, n.1, p. 25-45, jan. /jun. 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/geografar/article/view/17780>. Acesso em: 10 set. 2024.

SCHNEIDER, S. A pluriatividade e o desenvolvimento rural brasileiro. **Cadernos do CEAM**. Brasília, a. 5, n. 17, p. 23-42, fev. 2005.

SILVA, I. R. **Implantação do curso de energia solar no Senai de Pernambuco**. 2006. Monografia (Pós-graduação) – Universidade Federal de Lavras, Minas gerais, 2006. Disponível em: <http://bit.do/fm2iA>. Acesso em: 18 nov. 2024.

SOARES, G. F. *et al.* Avaliação técnico-econômica da aplicação de sistemas fotovoltaicos individuais e de centrais com minirredes na eletrificação rural. **Revista Brasileira de Energia Solar**, a. 2, v. 2, n. 2, pp. 117-128, dez. 2011. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/65/65>. Acesso em: 25 out. 2024.

VENTURA, A.; ANDRADE, J. Policultura no semiárido brasileiro. **Facts Reports**, [s. l.], n. 3, 2013. Disponível em: <https://bit.ly/2QuBNUl>. Acesso: 16 nov. 2024.

VINCIGUERA, A. P. **Agricultura familiar: Uma Análise do Pequeno Produtor Rural**. 2014. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Administração) – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, Assis-SP, 2014.

WANDERLEY, M. N. B. **Raízes Históricas do Campesinato Brasileiro**. 2. ed. Passo Fundo: EDIUPF, 1999. Cap. 1, p. 21-55.