

# VIABILIDADE DA ENERGIA SOLAR EM PEQUENAS COMUNIDADES RURAIS: SUSTENTABILIDADE, ECONOMIA LOCAL E AUTOSSUFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Matheus Pereira Lima<sup>1</sup>

Ranoyca Nayana Alencar Leão e Silva Aquino<sup>2</sup>

## RESUMO

Este estudo investiga a viabilidade da energia solar em pequenas comunidades rurais, focando na sustentabilidade e economia local. Justifica-se pela necessidade de alternativas energéticas sustentáveis em áreas rurais, com acesso limitado à eletricidade. O objetivo é avaliar o potencial da energia solar para solucionar os desafios energéticos e socioeconômicos dessas comunidades, considerando as barreiras e benefícios da sua adoção. A metodologia inclui análise bibliográfica sobre os fundamentos da energia solar, seus impactos econômicos, sociais e ambientais, e as dificuldades enfrentadas pelas comunidades. Os resultados mostram que, apesar dos benefícios, como redução de custos e sustentabilidade ambiental, a implementação enfrenta desafios econômicos e logísticos, como o alto custo inicial e a falta de infraestrutura. As considerações finais destacam a necessidade de políticas públicas eficazes e investimentos em capacitação técnica para garantir a adoção da energia solar em comunidades rurais, promovendo a inclusão energética e o desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** energia solar, comunidades rurais, sustentabilidade, viabilidade econômica, sistemas fotovoltaicos.

## ABSTRACT

This study investigates the feasibility of solar energy in small rural communities, focusing on sustainability, local economy, and energy self-sufficiency. It is justified by the need for sustainable energy alternatives in rural areas with limited access to electricity. The objective is to assess the potential of solar energy to address the energy and socioeconomic challenges of these communities, considering the barriers and benefits of its adoption. The methodology includes a bibliographic analysis of the fundamentals of solar energy, its economic, social, and environmental impacts, and the difficulties faced by the communities. The results show that, despite the benefits, such as cost reduction and environmental sustainability, implementation faces economic and logistical challenges, such as high initial costs and lack of infrastructure. The final considerations highlight the need for effective public policies and investment in technical training to ensure the adoption of solar energy in rural communities, promoting energy inclusion and sustainable development.

**Keywords:** solar energy, rural communities, sustainability, economic feasibility, photovoltaic systems.

---

<sup>1</sup> Discente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), matheus.lima.pereira2@gmail.com.

<sup>2</sup> Docente da Especialização em Gestão de Recursos Hídricos Ambientais e Energéticos, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), ranoyca@unilab.edu.br.

## 1. INTRODUÇÃO

A viabilidade da energia solar em pequenas comunidades rurais tem se consolidado como uma solução promissora no contexto atual, caracterizado pela crescente busca por alternativas sustentáveis de geração de energia. Em um cenário onde as fontes de energia tradicionais, como hidrelétricas e termelétricas, enfrentam desafios relacionados a questões ambientais, sociais e de infraestrutura, a energia solar surge como uma proposta eficaz para promover a capacidade de geração própria de energia, fortalecer a economia local e contribuir para a sustentabilidade dessas comunidades. Os sistemas fotovoltaicos têm um grande potencial para transformar a realidade de áreas rurais, muitas vezes isoladas da rede elétrica convencional, oferecendo uma resposta sustentável e de baixo impacto ambiental.

O uso de energia solar em contextos rurais tem demonstrado que a adoção dessa tecnologia pode ser uma resposta eficaz para a escassez de acesso à energia elétrica em diversas regiões. De acordo com Martins *et al.* (2024), em seu estudo sobre a viabilidade de fontes de energia alternativas em um assentamento de reforma agrária em Minas Gerais, a combinação de fontes renováveis de energia, incluindo a solar, não só proporciona uma alternativa viável de abastecimento energético, mas também se integra de maneira sustentável aos processos produtivos locais. O trabalho de Martins *et al.* (2024) destaca que o uso de energia solar contribui para a redução da dependência de fontes não renováveis, além de proporcionar benefícios financeiros para os pequenos produtores, que podem reduzir seus custos com a energia elétrica, incentivando a economia local.

A implementação de sistemas solares em áreas rurais não se limita à geração de energia, mas também envolve a construção de uma rede de conhecimento e inovação. Moreira (2024), ao abordar a sustentabilidade e o uso de energia na indústria de laticínios de Minas Gerais, enfatiza que a adoção de fontes de energia alternativas, como a energia solar, pode melhorar a eficiência e a competitividade de pequenas empresas rurais, ampliando seu acesso a mercados mais amplos. Além disso, a energia solar contribui para o desenvolvimento de um modelo econômico local mais resiliente, menos dependente dos combustíveis fósseis.

O conceito de geração própria de energia é, portanto, um dos maiores atrativos da energia solar para as pequenas comunidades rurais. Xavier Júnior (2024) destaca a importância das tecnologias fotovoltaicas no contexto da transição energética,

sugerindo que, em um cenário mais amplo, a disseminação dessas tecnologias pode ser um fator-chave para promover a independência energética das populações rurais e, conseqüentemente, o seu desenvolvimento sustentável. A geração própria de energia não só promove a autonomia das comunidades, mas também reduz os custos com a compra de energia de fontes externas, permitindo que os recursos sejam investidos em outras áreas importantes, como saúde e educação.

Além dos benefícios econômicos, a adoção de energia solar também contribui para o equilíbrio ambiental das regiões rurais. A utilização de fontes de energia renováveis, como a solar, é um passo importante na mitigação dos impactos ambientais causados pelo uso de fontes fósseis, que são responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa e degradação do meio ambiente. Em um estudo sobre o aproveitamento térmico e a conversão direta de energia solar em áreas rurais no Brasil, Calca *et al.* (2021) ressaltam que o uso da energia solar fotovoltaica em regiões agrícolas pode não apenas fornecer uma conversão fotovoltaica limpa e renovável, mas também contribuir para a preservação dos recursos naturais locais. Dessa forma, a implementação de painéis solares em comunidades rurais auxilia não apenas na redução da pegada de carbono, mas também na promoção de uma relação mais harmoniosa entre os seres humanos e o ambiente.

A transição energética é um processo que envolve diversos aspectos, incluindo o desenvolvimento de novas tecnologias, políticas públicas adequadas e a conscientização da população. A adaptação das comunidades rurais às novas tecnologias, como a energia solar fotovoltaica, tem sido facilitada por iniciativas de capacitação e apoio técnico. Barbosa *et al.* (2023), ao analisar a adaptação de uma comunidade ribeirinha à energia solar, mostram que, apesar dos desafios iniciais, como o custo das instalações e a falta de conhecimento técnico, as comunidades têm se mostrado cada vez mais receptivas à adoção de energias renováveis. Essa transformação está intrinsecamente ligada à percepção das vantagens que a energia solar traz, não apenas no aspecto econômico, mas também no impacto positivo sobre a qualidade de vida das populações rurais.

Por fim, a integração da energia solar em pequenas comunidades rurais não é apenas uma questão de viabilidade técnica, mas também de adaptação cultural e social. Segundo Vasileva (2023), os impactos sociais de uma transição energética bem-sucedida são profundos, pois envolvem uma mudança nas rotinas diárias das pessoas, desde a melhoria das condições de vida até a criação de novas dinâmicas

comunitárias. No caso das áreas rurais, a introdução de energia solar pode representar uma ruptura com os métodos tradicionais de geração e consumo de energia, mas também pode ser vista como uma oportunidade de modernização e empoderamento local, ao oferecer maior controle sobre os recursos energéticos e maior participação na gestão das políticas energéticas.

Portanto, a energia solar representa uma alternativa estratégica para o desenvolvimento sustentável de pequenas comunidades rurais, proporcionando não apenas benefícios econômicos e ambientais, mas também sociais. A sua implementação pode ser um caminho para a construção de um futuro mais justo e equilibrado, onde as comunidades sejam capazes de suprir suas próprias necessidades energéticas de forma limpa e renovável, estimulando a economia local e contribuindo para a preservação ambiental.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1. Energia Solar: Fundamentos e Tecnologias Fotovoltaicas**

De todas as fontes disponíveis, a energia solar se destaca como uma das mais viáveis para satisfazer a crescente demanda global de energia de forma contínua, sendo caracterizada pela conversão direta da radiação solar em eletricidade. Esse processo ocorre por meio de tecnologias fotovoltaicas, que utilizam o efeito fotovoltaico, princípio científico destacado por Edmond Becquerel em 1839. Esse efeito consiste na geração de corrente elétrica quando fótons de luz interagem com elétrons em materiais semicondutores, como o silício, causando a liberação desses elétrons de sua posição inicial e criando uma diferença de potencial elétrico. (Braga, 2008).

As células fotovoltaicas, elementos essenciais dos módulos solares, são projetadas para captar o máximo de luz solar. Elas são compostas por finas camadas de material semicondutor, cuidadosamente estruturadas para separar e direcionar os elétrons excitados. O silício, devido à sua abundância, estabilidade química e propriedades semicondutoras adequadas, é o material mais utilizado. As células solares à base de silício cristalino, quando fabricadas em laboratório, podem alcançar até 27% de eficiência na conversão de energia solar em eletricidade. No entanto, as células produzidas em escala industrial apresentam uma eficiência menor, geralmente

entre 15% e 18%. Por outro lado, as células de silício amorfo hidrogenado, os resultados em laboratório ficam entre 10% e 12% de eficiência, enquanto os módulos fabricados em grande escala atingem de 7% a 8%. Apesar de sua eficiência inferior às células de silício cristalino, as células de silício amorfo apresentam a vantagem de um custo de produção mais baixo. (Braga, 2008).

As tecnologias fotovoltaicas têm evoluído continuamente, aumentando a eficiência e reduzindo os custos de instalação e manutenção. Esses avanços têm sido fundamentais para a expansão do uso da energia solar em diferentes contextos, especialmente em pequenas comunidades rurais. Conforme apontado por Gomes *et al.* (2024), a adoção de sistemas fotovoltaicos em zonas remotas, como a região Amazônica, demonstra como estratégias educacionais e a capacitação profissional podem ampliar o acesso e o domínio dessa tecnologia em áreas que enfrentam desafios logísticos e econômicos.

Entre as principais aplicações da energia solar, destacam-se os sistemas fotovoltaicos ligados à rede elétrica (*on-grid*) e os sistemas isolados (*off-grid*). Os primeiros são amplamente utilizados em áreas urbanas e rurais onde há infraestrutura elétrica existente, possibilitando a transferência do excedente de energia gerada para a rede elétrica. Por outro lado, os sistemas *off-grid* são particularmente relevantes para comunidades isoladas que não possuem acesso à eletricidade convencional. Cerqueira Mateus e Tapia (2020) exploram a eficácia de sistemas híbridos, que combinam energia solar e eólica, como solução eficiente e sustentável para atender às demandas energéticas de assentamentos rurais.

Para operar de maneira eficiente, os sistemas fotovoltaicos envolvem não apenas os módulos solares, mas também diversos outros componentes. O inversor, por exemplo, é responsável por converter uma corrente contínua gerada pelos módulos em corrente alternada, tornando-a compatível com os padrões de distribuição de energia elétrica. Além disso, os controladores de carga desempenham um papel essencial, especialmente em sistemas *off-grid*, regulando a energia armazenada em baterias, para evitar sobrecargas ou subutilização. (Braga, 2008).

O desempenho dos sistemas fotovoltaicos é influenciado por fatores como a intensidade da radiação solar, a temperatura ambiente, a orientação dos módulos e o sombreamento. Outro fator relevante é o papel da tecnologia e da inovação no

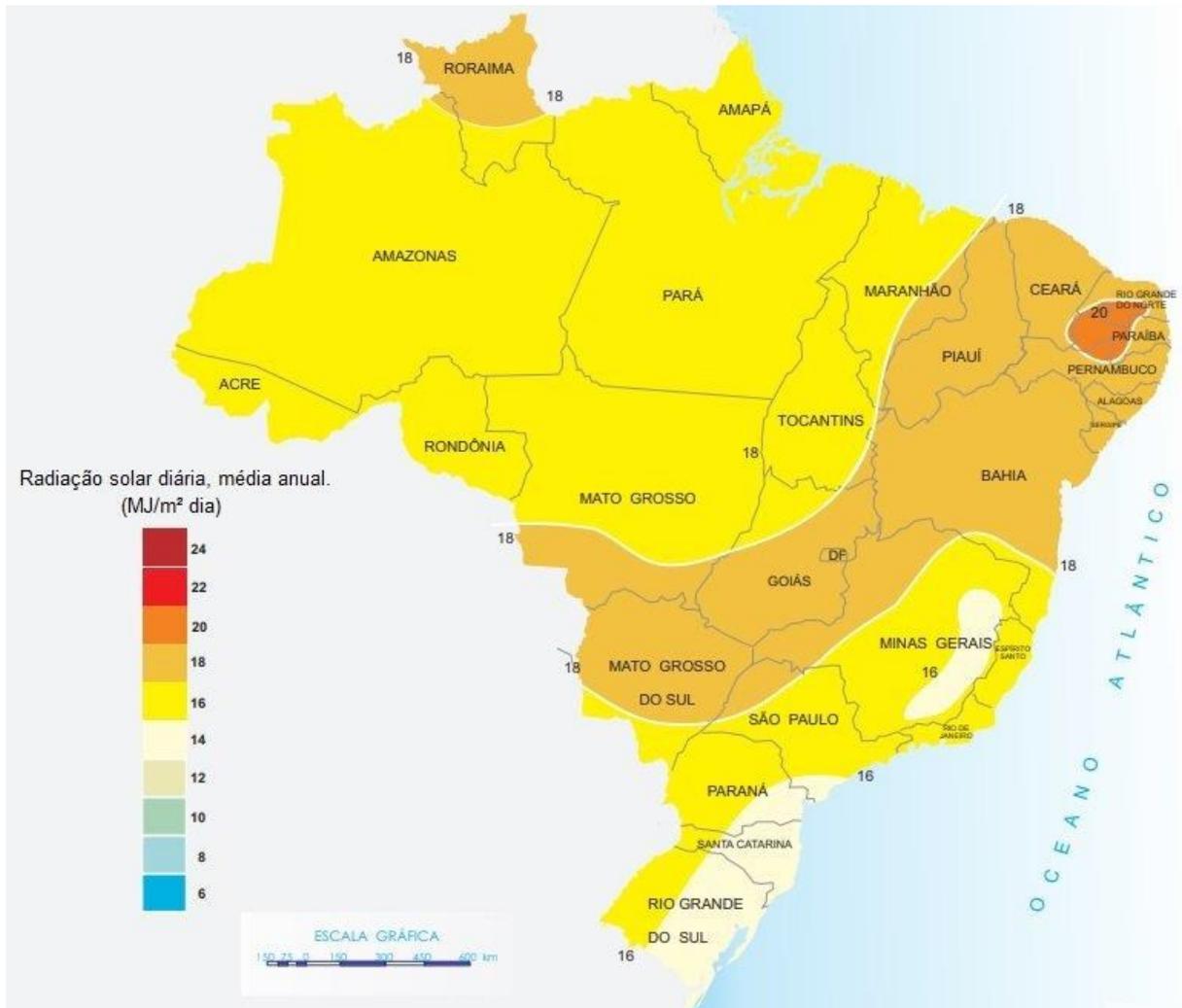
aprimoramento dos sistemas fotovoltaicos. Vian *et al.* (2021) abordam os avanços na fabricação de células solares, incluindo novos materiais e técnicas que aumentam tanto a eficiência energética quanto a durabilidade dos painéis. Tais inovações são essenciais para ampliar o uso da energia solar, especialmente em áreas remotas, onde a manutenção e o acesso a componentes de reposição podem ser limitados.

A evolução contínua das tecnologias fotovoltaicas, aliada aos esforços em pesquisa e desenvolvimento, tem contribuído para a redução significativa dos custos de instalação e manutenção, tornando essa solução mais acessível para diferentes públicos. Além disso, iniciativas globais e políticas públicas têm incentivo à adoção de sistemas solares, com destaque para programas que visam expandir o acesso a este tipo de energia em comunidades rurais e áreas remotas.

## **2.2. Potencial da Energia Solar em Comunidades Rurais: Aspectos Geográficos e Climáticos**

A energia solar apresenta um potencial expressivo para atender às necessidades energéticas de comunidades rurais, especialmente devido às condições geográficas e climáticas favoráveis em muitas regiões do Brasil. A incidência solar no território nacional é uma das mais elevadas do mundo, com um índice médio anual de irradiação que varia entre 4,25 e 6,5 kWh/m<sup>2</sup> por dia, dependendo da localização. Esse recurso abundante torna a energia solar uma solução estratégica para promover a sustentabilidade e a inclusão energética em áreas remotas. Souza *et al.* (2022) destacam o estado da Bahia como um dos polos mais promissores para a produção de energia solar no país, em função de sua elevada taxa de irradiação e disponibilidade de áreas planas para instalação de sistemas fotovoltaicos. A Figura 1 apresenta o mapa solarimétrico do Brasil, no qual observa-se que diversas localidades recebem mais de 10 horas diárias de sol, demonstrando grande potencial energético.

Figura 1 - Mapa solarimétrico do Brasil



Fonte: solarfy, 2023.

Disponível em: <https://solarfy.com.br/blog/potencial-solar-no-brasil-confira-aqui-o-mapa-solarimetrico/>

As características climáticas e geográficas são fatores determinantes para o sucesso de projetos de energia solar em comunidades rurais. No semiárido brasileiro, por exemplo, a elevada insolação e as poucas opções de abastecimento energético tradicional tornam a energia solar uma alternativa eficiente e acessível. Cruz (2023) ressalta que, no semiárido piauiense, a utilização de energia solar tem impulsionado políticas voltadas para a agricultura familiar, permitindo maior autonomia produtiva e redução de custos com eletricidade. Além disso, esses sistemas energéticos ajudam a mitigar os desafios enfrentados por agricultores, como o bombeamento de água para irrigação, uma necessidade frequente em regiões de clima seco.

Nas comunidades remotas da Amazônia, onde a densidade florestal e os rios frequentemente dificultam a expansão da rede elétrica tradicional, a energia solar

surge como uma solução viável. Pedrosa *et al.* (2024) aponta que a instalação de sistemas fotovoltaicos nessas áreas contribui não apenas para o fornecimento de energia, mas também para o fortalecimento da economia local, por meio do desenvolvimento de atividades econômicas que antes eram inviáveis devido à falta de eletricidade. Esses sistemas proporcionam iluminação, refrigeração de alimentos e medicamentos e suporte energético para escolas e postos de saúde, transformando significativamente a vida das comunidades locais.

Outro exemplo de aplicação eficiente da energia solar está na integração com sistemas produtivos. Moura (2021) analisa o uso de sistemas de aquaponia associados a energia solar fotovoltaica em comunidades rurais, demonstrando como essa abordagem pode gerar benefícios econômicos e ambientais. A combinação de produção de alimentos e geração de energia limpa promove o desenvolvimento sustentável, ao mesmo tempo em que oferece uma alternativa viável para regiões de difícil acesso.

Além do contexto brasileiro, experiências internacionais também evidenciam o potencial da energia solar em comunidades rurais. Gama (2024), ao estudar o caso de Timor-Leste, mostra como a utilização de energias renováveis, incluindo a solar, pode transformar comunidades isoladas ao reduzir a dependência de combustíveis fósseis e aumentar a resiliência frente às adversidades climáticas. Esse exemplo ressalta a importância de considerar as condições locais ao projetar soluções energéticas adaptadas às necessidades das populações.

No Brasil, desafios ainda existem para a adoção em larga escala da energia solar em comunidades rurais. Barbosa (2020) identifica entraves como os altos custos iniciais de implantação e a falta de políticas públicas consistentes para incentivar o uso da energia solar em áreas de baixa renda. Apesar disso, iniciativas locais têm demonstrado que a superação dessas barreiras é possível com o apoio de programas de financiamento e parcerias entre governo, setor privado e organizações não governamentais.

Tabela 1 - Custo médio de instalação de sistemas de energia solar por tipo de consumidor

	Tipo de Consumidor	Potência do Sistema (kWp)	Custo Médio de Instalação (R\$)
0	Residencial	2	8960
1	Residencial	4	14720
2	Residencial	8	26080
3	Comercial	12	36240
4	Comercial	30	84300
5	Comercial	50	142000
6	Comercial	75	227250
7	Industrial	150	441000
8	Industrial	300	882000
9	Industrial	500	1525000
10	Industrial	1000	2920000

Fonte: Portal Solar, 2024.

Disponível em: [https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html?utm\\_source](https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html?utm_source)

Os principais fatores que influenciam o custo inicial dos sistemas de energia solar incluem a potência necessária, determinada pela demanda energética do consumidor, o tipo de instalação, que pode variar de acordo com a complexidade do telhado ou da estrutura disponível e a qualidade dos equipamentos, com marcas mais eficientes e resolvidas resultando em maior investimento inicial. Além disso, a localização geográfica afeta o dimensionamento do sistema devido à variação na incidência solar.

Outro estudo relevante, conduzido por Almeida *et al.* (2023), analisa os impactos da energia solar no município de Coremas, na Paraíba, destacando os benefícios socioeconômicos gerados pela implantação de sistemas fotovoltaicos. O estudo mostra como esses projetos podem melhorar a qualidade de vida das comunidades e contribuir para a redução das desigualdades regionais, desde que sejam acompanhados de estratégias para mitigar possíveis contradições, como a concentração de benefícios em poucos grupos.

O potencial da energia solar em comunidades rurais é amplo e promissor, mas depende de uma abordagem integrada que leve em conta as especificidades geográficas, climáticas e sociais de cada região. O aproveitamento dessa fonte energética requer políticas públicas robustas, investimentos em infraestrutura e capacitação técnica para garantir que seus benefícios alcancem as populações mais vulneráveis. A energia solar tem o poder de transformar comunidades, promovendo autonomia energética, desenvolvimento sustentável e qualidade de vida,

especialmente em um país com tantas desigualdades regionais e elevado potencial solar como o Brasil.

### **2.3. Impactos Econômicos da Implementação da Energia Solar em Pequenas Comunidades**

A implementação da energia solar em pequenas comunidades rurais tem gerado impactos econômicos significativos, transformando realidades locais e promovendo desenvolvimento sustentável. A energia solar fotovoltaica, ao reduzir custos com eletricidade e estimular atividades produtivas, desempenha um papel central na melhoria da qualidade de vida e na autonomia econômica das populações.

O desenvolvimento de projetos fotovoltaicos em comunidades isoladas também gera benefícios diretos para os moradores. Nunez (2021) aponta que, ao implementar sistemas de geração de energia solar em áreas remotas, as comunidades experimentam uma redução significativa dos custos operacionais associados ao uso de combustíveis fósseis, frequentemente utilizados em geradores. Além disso, a energia solar possibilita a criação de pequenas indústrias locais e o fortalecimento de atividades econômicas, como o comércio e a agricultura familiar, ao fornecer uma fonte de energia confiável e acessível.

Um exemplo claro desse impacto pode ser observado no município de Coremas, na Paraíba. Almeida *et al.* (2023) analisaram os benefícios econômicos da instalação de sistemas fotovoltaicos na região, ressaltando como essa tecnologia tem gerado emprego e renda. A construção e manutenção de usinas solares criaram oportunidades de trabalho, enquanto a redução dos custos de energia beneficiou diretamente os pequenos produtores e empresários locais. Apesar disso, o estudo também alerta para possíveis contradições, como a concentração dos ganhos econômicos em poucas empresas, destacando a necessidade de políticas públicas que promovam a distribuição equitativa dos benefícios.

Além de estimular a economia local, a energia solar pode contribuir para a redução da pobreza energética, um problema comum em comunidades rurais. Ribeiro *et al.* (2022) apontam que, em Minas Gerais, a adoção de sistemas fotovoltaicos residenciais resultou em economias significativas nas contas de energia, permitindo que as famílias redirecionem esses recursos para outras necessidades básicas. Essa mudança tem um impacto positivo não apenas nas condições de vida, mas também

na economia local, uma vez que o aumento do poder de compra dos moradores movimentou o comércio e os serviços.

O impacto econômico da energia solar não se limita à redução de custos. Do Egito Dutra (2020) argumenta que, no estado da Paraíba, a expansão da energia solar fotovoltaica tem impulsionado o setor industrial local, com o aumento da demanda por equipamentos e serviços relacionados à instalação e manutenção de sistemas solares. Esse efeito cascata beneficia diretamente pequenos e médios empreendedores, ao mesmo tempo em que promove o desenvolvimento de uma cadeia produtiva sustentável.

A utilização de sistemas híbridos, que combinam energia solar e eólica, também pode trazer benefícios econômicos significativos. Cerqueira Mateus e Tapia (2020) exploram a eficiência de sistemas *on-grid* em assentamentos rurais, demonstrando como essa abordagem pode melhorar a estabilidade energética e reduzir os custos a longo prazo. Esse tipo de solução é particularmente relevante para comunidades agrícolas que dependem de energia para atividades como bombeamento de água e armazenamento de produtos.

Outro ponto relevante é a potencial valorização econômica de regiões que adotam a energia solar. Nunez e Velázquez (2023) destacam que comunidades isoladas que investem em sistemas fotovoltaicos podem se tornar mais atrativas para novos negócios. Essa valorização, contudo, depende de uma integração eficaz entre os projetos energéticos e outras iniciativas de desenvolvimento local.

Por fim, é importante considerar os desafios que acompanham a implementação da energia solar em pequenas comunidades. Entre eles, estão os altos custos iniciais de instalação e a necessidade de capacitação técnica para operar e manter os sistemas. Apesar desses obstáculos, os benefícios econômicos e sociais gerados pela energia solar superam os desafios, tornando-a uma solução promissora para promover a sustentabilidade e a autonomia econômica em comunidades rurais.

#### **2.4. Desafios e Barreiras para a Adoção da Energia Solar em Comunidades Rurais**

A adoção da energia solar em comunidades rurais enfrenta uma série de desafios e barreiras que precisam ser superados para que os benefícios dessa tecnologia sejam plenamente aproveitados. Esses entraves, que abrangem aspectos

técnicos, econômicos, sociais e políticos, limitam a disseminação da energia solar em áreas onde ela poderia ter um impacto transformador. Oliveira e Wanderley (2024) identificam as barreiras técnicas e econômicas como os principais obstáculos à implementação da energia solar em regiões rurais, destacando a necessidade de investimentos em infraestrutura e capacitação técnica para garantir a viabilidade e a eficiência dos sistemas fotovoltaicos.

Um dos principais desafios é o custo inicial elevado da instalação de sistemas de energia solar. Apesar de apresentarem custos de operação e manutenção relativamente baixos, os sistemas fotovoltaicos exigem um investimento inicial significativo, o que dificulta o acesso de comunidades de baixa renda a essa tecnologia. Barbosa *et al.* (2023) apontam que muitas comunidades ribeirinhas, por exemplo, enfrentam dificuldades para se adaptar a novas tecnologias devido à falta de recursos financeiros e apoio técnico. Esse desafio é ainda mais evidente em regiões isoladas, como a Amazônia, onde os custos logísticos e as limitações de transporte elevam os preços de instalação e manutenção dos equipamentos (Pedrosa *et al.*, 2024).

Além das barreiras econômicas, há desafios técnicos que comprometem a adoção da energia solar. A falta de profissionais capacitados para instalar e manter sistemas fotovoltaicos é uma dificuldade comum em áreas rurais, resultando em instalações inadequadas e menor eficiência energética. Francisco *et al.* (2024) destacam que a ausência de suporte técnico local pode levar ao abandono de sistemas solares em comunidades rurais, especialmente quando surgem problemas técnicos que os moradores não conseguem resolver. A falta de acesso a peças de reposição e a serviços de manutenção em regiões remotas agrava ainda mais essa situação.

A integração da energia solar em comunidades rurais também enfrenta desafios sociais e culturais. Rocha *et al.* (2024) enfatizam que a implantação de sistemas fotovoltaicos em terras agrícolas pode gerar conflitos com práticas tradicionais e impactar a segurança alimentar, especialmente quando a energia solar compete pelo uso do solo com atividades agrícolas. Esse conflito é exacerbado em áreas onde a agricultura é a principal fonte de subsistência e renda para as comunidades. Além disso, Bursztyn (2020) ressalta que a falta de integração entre políticas públicas de energia renovável e as demandas específicas das comunidades rurais dificulta a

aceitação e o uso efetivo da energia solar, prejudicando sua disseminação em larga escala.

Outro obstáculo significativo é a falta de financiamento adequado para projetos de energia solar em comunidades rurais. Apesar de iniciativas como linhas de crédito específicas e subsídios governamentais, muitas comunidades continuam enfrentando dificuldades para acessar esses recursos devido à burocracia e à falta de informações sobre as opções disponíveis. Dias (2024) destaca que o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) relacionados à energia limpa depende da superação dessas barreiras financeiras, além de maior comprometimento por parte dos governos e instituições financeiras em apoiar projetos de energia renovável.

As políticas públicas desempenham um papel crucial na superação desses desafios, mas, em muitos casos, são insuficientes ou mal implementadas. Barbosa (2020) afirma que, embora o Brasil tenha avançado significativamente na promoção da energia solar, ainda há lacunas na regulamentação e na coordenação de políticas voltadas para as áreas rurais. A falta de incentivos fiscais consistentes e de programas de financiamento acessíveis limita o alcance dos projetos solares em comunidades que mais precisam dessa tecnologia.

Em suma, a adoção da energia solar em comunidades rurais enfrenta desafios complexos que exigem esforços coordenados entre governos, organizações não governamentais, instituições financeiras e comunidades locais. Superar barreiras econômicas, técnicas e sociais é essencial para garantir que as áreas rurais possam se beneficiar plenamente das vantagens ambientais, econômicas e sociais da energia solar, contribuindo para um desenvolvimento mais sustentável e inclusivo. Com estratégias adequadas e comprometimento político, é possível transformar esses desafios em oportunidades, promovendo a transição energética e a melhoria da qualidade de vida em regiões rurais do Brasil e do mundo.

### **3. METODOLOGIA**

A metodologia deste estudo adota uma abordagem qualitativa e descritiva, fundamentada na revisão bibliográfica e na análise de documentos relevantes. O objetivo é compreender os aspectos técnicos, econômicos, sociais e ambientais relacionados à viabilidade da energia solar em pequenas comunidades rurais, explorando os benefícios e desafios associados à sua implementação. A pesquisa se

baseia em fontes acadêmicas, incluindo artigos científicos, teses, dissertações e publicações em anais de congressos, que oferecem subsídios teóricos e práticos para a análise crítica do tema.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sistemática, com o levantamento de literatura especializada sobre energia solar e sua aplicação em comunidades rurais. Foram selecionadas obras que abordam os fundamentos da energia solar, como Vian *et al.* (2021), que destacam as tecnologias fotovoltaicas e suas aplicações, e textos que exploram o impacto da energia solar em áreas específicas, como o estudo de Barbosa *et al.* (2023), que investiga a adaptação de comunidades ribeirinhas a essa tecnologia. Esses trabalhos forneceram a base para a compreensão dos conceitos técnicos e do panorama global do uso de energia solar em áreas remotas.

A análise considerou, ainda, a viabilidade técnica e econômica da energia solar em contextos geográficos e climáticos diversos, com foco em regiões remotas como o semiárido brasileiro e a Amazônia. Estudos como os de Pedrosa *et al.* (2024) e Almeida *et al.* (2023) foram fundamentais para identificar as especificidades dessas regiões, como a abundância de radiação solar e os desafios logísticos que impactam a implementação dos sistemas fotovoltaicos. Com base nessas análises, buscou-se evidenciar como as condições climáticas e geográficas influenciam diretamente a eficácia e os custos associados a projetos de energia solar em comunidades rurais.

A metodologia também inclui uma avaliação dos impactos econômicos e sociais da adoção de energia solar em pequenas comunidades, considerando os benefícios financeiros a longo prazo e os desafios iniciais de investimento. Estudos como os de Nunez e Velázquez (2023) e Ribeiro *et al.* (2022) foram utilizados para explorar como a energia solar pode impulsionar a economia local e promover maior autonomia energética para as comunidades. A análise dessas fontes permitiu compreender como o uso dessa tecnologia pode reduzir custos com energia elétrica, gerar empregos e estimular a economia local, enquanto enfrenta barreiras iniciais, como o custo elevado de instalação e a falta de financiamento acessível.

Além disso, a sustentabilidade ambiental foi um dos pilares avaliados na pesquisa, com base em publicações que destacam os benefícios ambientais da energia solar, como a redução de emissões de gases de efeito estufa e a preservação de recursos naturais. Trabalhos como os de Micheletti e Corrêa (2022) e Silva e Araújo (2022) foram utilizados para demonstrar como a adoção da energia solar contribui

para o desenvolvimento sustentável e para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Esses estudos reforçam a importância de políticas públicas que incentivem a expansão dessa tecnologia em comunidades rurais, promovendo benefícios não apenas para os habitantes locais, mas também para o meio ambiente global.

Por fim, foram analisados os desafios e barreiras para a adoção da energia solar, incluindo limitações técnicas, econômicas e culturais. Estudos como o de Oliveira e Wanderley (2024) destacaram a necessidade de capacitação técnica e investimentos em infraestrutura para superar os obstáculos relacionados à instalação e manutenção de sistemas fotovoltaicos. A pesquisa considerou, ainda, a importância da integração de políticas públicas e iniciativas privadas para ampliar o acesso à energia solar em comunidades vulneráveis, como apontado por Bursztyn (2020).

A triangulação das fontes analisadas permitiu uma visão abrangente do tema, com a articulação de diferentes perspectivas para identificar os fatores que promovem ou limitam a expansão da energia solar em áreas rurais. Essa abordagem metodológica oferece uma base sólida para o desenvolvimento de estratégias que possam ser aplicadas no planejamento e execução de projetos de energia solar em comunidades remotas, contribuindo para a transição energética e o desenvolvimento sustentável.

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Os resultados obtidos a partir da análise bibliográfica indicam que a energia solar apresenta um significativo potencial para transformar a realidade de pequenas comunidades rurais, especialmente em termos de sustentabilidade, economia local e autossuficiência energética. Os fundamentos e as tecnologias fotovoltaicas destacam-se como opções viáveis para essas localidades, devido à abundância de radiação solar em grande parte do território brasileiro e à flexibilidade de aplicação dessa fonte de energia, conforme discutido por Vian *et al.* (2021). No entanto, o avanço dessa tecnologia enfrenta desafios que devem ser superados para garantir benefícios efetivos e abrangentes.

Do ponto de vista técnico, a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos em comunidades rurais é amplamente corroborada pela literatura. Pedrosa *et al.* (2024) mostram que regiões como o Amazonas possuem um alto potencial para o

aproveitamento da energia solar, mas enfrentam barreiras logísticas e econômicas para sua implementação. Esses desafios incluem a dificuldade de transporte de equipamentos e a falta de infraestrutura básica, o que aumenta os custos iniciais e torna o investimento menos atrativo sem apoio financeiro adequado.

Em termos econômicos, os impactos da energia solar nessas comunidades revelam-se promissores. Nunez e Velázquez (2023) apontam que a instalação de sistemas solares pode reduzir significativamente os custos com energia elétrica, promover a geração de empregos locais e estimular a economia das regiões envolvidas. Além disso, a autossuficiência energética conquistada por meio de sistemas fotovoltaicos contribui para a redução da dependência de redes elétricas tradicionais, muitas vezes instáveis ou inexistentes em áreas remotas.

Os benefícios ambientais também são expressivos, destacando a energia solar como uma solução sustentável para o desenvolvimento rural. Estudos como os de Silva e Araújo (2022) e Micheletti e Corrêia (2022) reforçam que a utilização de sistemas fotovoltaicos contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a mitigação dos impactos ambientais associados ao uso de combustíveis fósseis. Além disso, o uso da energia solar em comunidades rurais promove uma maior conscientização sobre práticas sustentáveis, incentivando o desenvolvimento de projetos alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme discutido por Bursztyn (2020).

No entanto, os desafios e barreiras à adoção da energia solar em comunidades rurais demandam atenção. Oliveira e Wanderley (2024) identificam limitações técnicas e econômicas, como a falta de capacitação técnica para a instalação e manutenção dos sistemas e a ausência de políticas públicas consistentes para subsidiar os custos iniciais. A integração de políticas públicas com iniciativas privadas surge como uma alternativa viável para superar esses obstáculos e viabilizar o acesso à energia solar em comunidades vulneráveis.

Além disso, as questões culturais e sociais também desempenham um papel relevante no processo de implementação. Barbosa *et al.* (2023) destacam que a adaptação de comunidades ribeirinhas às novas tecnologias requer estratégias de engajamento que considerem as especificidades locais. Isso inclui a oferta de capacitação e o fortalecimento de parcerias com atores locais para garantir a aceitação e o uso efetivo da energia solar.

Dessa forma, os resultados deste estudo reforçam que, embora a energia solar tenha um potencial transformador para pequenas comunidades rurais, sua implementação exige esforços coordenados entre governos, setor privado e organizações da sociedade civil. A superação das barreiras técnicas, econômicas e culturais é fundamental para garantir que os benefícios dessa tecnologia sejam amplamente disseminados, promovendo a inclusão energética, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida dessas populações. A continuidade de estudos e projetos que explorem o potencial da energia solar em contextos rurais, como os analisados por Vian *et al.* (2021) e Nunez e Velázquez (2023), é essencial para consolidar o papel dessa tecnologia na transição para um futuro energético mais sustentável e inclusivo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A relevância e o potencial transformador da energia solar como solução para promover sustentabilidade, autossuficiência energética e desenvolvimento econômico em pequenas comunidades rurais. A análise conduzida evidencia que a abundância de radiação solar em muitas regiões do Brasil, aliada às tecnologias fotovoltaicas em constante avanço, posiciona essa fonte de energia como uma alternativa viável e promissora para atender às demandas energéticas de áreas remotas.

Os benefícios sociais, econômicos e ambientais da energia solar destacam-se de maneira significativa. Do ponto de vista econômico, a redução dos custos com energia elétrica e o estímulo à geração de empregos locais tornam essa tecnologia uma ferramenta eficaz para impulsionar o desenvolvimento das comunidades. No aspecto ambiental, a diminuição das emissões de gases de efeito estufa e a preservação de recursos naturais reforçam o papel da energia solar na promoção de um modelo energético sustentável e alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

No entanto, os desafios para a implementação da energia solar em comunidades rurais não podem ser ignorados. Barreiras econômicas, como o custo inicial elevado, e limitações técnicas, como a falta de capacitação e infraestrutura, exigem esforços coordenados entre governos, setor privado e organizações sociais. Políticas públicas consistentes e programas de financiamento acessíveis são

essenciais para superar esses obstáculos e garantir que os benefícios dessa tecnologia sejam amplamente disseminados.

A aceitação cultural e social das tecnologias fotovoltaicas também emerge como um ponto crucial. Estratégias que envolvam a capacitação de comunidades locais e o fortalecimento de parcerias regionais são fundamentais para garantir que a energia solar seja efetivamente adotada e utilizada de maneira sustentável.

Por fim, este estudo reforça a necessidade de continuidade em pesquisas e projetos que explorem o potencial da energia solar em contextos rurais. Investir na implementação e expansão dessa tecnologia é um passo essencial para reduzir as desigualdades energéticas, promover o desenvolvimento sustentável e assegurar uma melhor qualidade de vida para populações vulneráveis. A energia solar representa não apenas uma alternativa energética viável, mas também uma oportunidade para transformar realidades sociais e econômicas em áreas que historicamente enfrentaram exclusão e limitações no acesso à energia.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, José Ellder Araújo de *et al.* **Energia solar fotovoltaica no município de Coremas-PB: impactos e contradições para o desenvolvimento sustentável local.** 2023.

BARBOSA, Geize Cristina Vidal de Sá *et al.* **A adaptação de Comunidade Ribeirinha às novas tecnologias: a Energia Solar Fotovoltaica.** 2023.

BARBOSA, Jardel de Souza Silva Costa. **Energia solar fotovoltaica como solução sustentável para a iluminação pública: análise de cenários e impactos econômicos.** 2024.

BARBOSA, Juliana Pacheco. **Energia solar no Brasil: desafios e oportunidades para o uso em larga escala.** 2020.

BURSZTYN, Marcel. **Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas.** *Estudos Avançados*, v. 34, p. 167-186, 2020.

CALCA, Marcus Vinicius Contes *et al.* **Uma perspectiva sobre o aproveitamento térmico e a conversão direta da energia solar em áreas rurais no Brasil.** *Research, Society and Development*, v. 10, n. 6, p. e9810615610-e9810615610, 2021.

CAMPOS, Thiago Augusto Xavier; WANDERLEY, Augusto Cesar Fialho. **Minigeração fotovoltaica e sustentabilidade em prédios públicos: a percepção dos aspectos**

**sociais, econômicos e ambientais no Complexo Judiciário Trabalhista Ministro Francisco Fausto. 2023.**

DA CRUZ, Joais Lima. **Energia solar e o desenvolvimento de políticas para agricultura familiar no Semiárido piauiense.** Anais do Seminário Regional de Políticas e Sustentabilidade (SERPS), v. 1, p. 66-74, 2023.

DA SILVA, Heitor Marques Francelino; ARAÚJO, Francisco José Costa. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica.** Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, v. 8, n. 3, p. 859-869, 2022.

DE CARVALHO, Ivanilton Santos. **Energia solar fotovoltaica e conscientização da sustentabilidade.** 2022.

DE CERQUEIRA MATEUS, Ana Geddara; TAPIA, Gabriel Ivan Medina. **Análise de sistema híbrido solar-eólico de geração de energia on grid em assentamento rural.** In: Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2020.

DE PINHO NUNEZ, Marcela; VELÁZQUEZ, Sílvia Maria Stortini González. **Projeto de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica para comunidades isoladas.** Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, v. 23, n. 1, p. 149-173, 2023.

DIAS, Reinaldo. **O papel das energias renováveis no cumprimento dos ODS: oportunidades e desafios.** RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, v. 5, n. 1, p. e514845-e514845, 2024.

DO EGITO DUTRA, Ailton. **Impactos socioeconômicos da energia solar fotovoltaica no Estado da Paraíba.** In: Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2020.

FRANCISCO, Alan Paulo *et al.* **Impactos da energia solar na área rural.** Revista de Gestão e Secretariado, v. 15, n. 7, p. e3542-e3542, 2024.

GAMA, Fortunato Marcelino. **Análise do potencial das energias renováveis em Timor-Leste.** 2024.

GOMES, Amanda Mendes Ferreira *et al.* **Educação profissional e tecnológica: estratégias educacionais em energia solar fotovoltaica em zonas remotas localizadas na região Amazônica.** In: Anais Congresso Brasileiro de Energia Solar-CBENS. 2024.

JÚLIO, Élide Fernanda Xavier; DE PAIVA DIAS, Sarah Luísa. **Aplicações da energia solar em comunidades carentes e rurais no Nordeste Brasileiro.** Revista Brasileira de Energia Solar, v. 13, n. 2, p. 223-232, 2022.

MARTINS, Lucas Carvalho *et al.* **Combo energético sustentável: uma análise de viabilidade de tecnologias limpas na produção de energia em um assentamento de reforma agrária em Minas Gerais.** Derecho y Cambio Social, v. 21, n. 78, p. e51-e51, 2024.

MICHELETTI, Danilo Hungaro; CORRÊIA, Arlindo Fabrício. **O uso da energia solar fotovoltaica como incentivo ao desenvolvimento rural sustentável.** *Conjecturas*, v. 22, n. 14, p. 650-670, 2022.

MORAIS, Fabrício Higo Monturil de *et al.* **Energia solar fotovoltaica: fundamentos para análise de viabilidade técnico-econômica.** 2021.

MOREIRA, Igor Rocha. **Sustentabilidade e energia na indústria de laticínios de Minas Gerais.** 2024.

MOURA, Túlio Pinheiro. **Sistema de aquaponia integrada com energia solar fotovoltaica: uma alternativa econômica para comunidades rurais.** 2021. Tese de doutorado.

NUNEZ, Marcela de Pinho. **Projeto de um sistema de geração de energia solar fotovoltaica para comunidades isoladas.** 2021.

OLIVEIRA, Patrick Peres; WANDERLEY, Marcello Vinicius Lemos. **Barreiras técnicas e econômicas na adoção da energia solar: um estudo bibliográfico.** *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v. 12, n. 2, 2024.

OLIVEIRA, Silmar Alves de. **Sustentabilidade, economia e segurança: explorando a transição do Brasil para um futuro energético baseado em energias hidrelétrica, eólica e solar.** 2024.

PEDROSA, Wendy Milla Brito *et al.* **A viabilidade econômica da instalação de energia solar em comunidades remotas do Amazonas.** 2024.

RIBEIRO, Davi Pereira *et al.* **Efeitos econômicos na utilização da energia solar residencial em Minas Gerais.** *PARAMÉTRICA*, v. 14, n. 1, 2022.

ROCHA, Álvaro Guilherme; NETO, André Barra; DE OLIVEIRA, Bruno Garcia. **Conciliando crescimento energético sustentável e segurança alimentar: desafios da implantação de energia fotovoltaica em terras agrícolas no Brasil.** *Estudios Rurales*, v. 14, n. 30, 2024.

SILVA, Thays Dias. **Direito à sustentabilidade: uma análise da efetividade da linha de crédito da GoiásFomento para utilização de energia solar.** 2023.

SOARES, Débora Oliveira; DOS SANTOS, Marília Gabriela Cruz. **Sustentabilidade ambiental versus diferencial competitivo: as organizações e a utilização da energia solar fotovoltaica.** 2020.

SOUZA, Samuel Fernando Machado Alves *et al.* **Uma análise visual das principais praças de produção de energia solar no estado da Bahia.** *Research, Society and Development*, v. 11, n. 5, p. e32111528240-e32111528240, 2022.

TEIXEIRA, Marco Antonio Casadei *et al.* **Práticas de economia circular em negócios empreendedores sustentáveis no setor de energia solar fotovoltaica do Brasil.** *Boletim de Conjuntura (BOCA)*, v. 19, n. 56, p. 514-542, 2024.

VASILEVA, Tereza Emilova. **Impactos sociais do desenvolvimento de energia solar em meios urbanos: a importância da mudança de rotina após a transição energética: estudo de caso em Lisboa, Portugal.** 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade NOVA de Lisboa (Portugal).

VIAN, Ângelo *et al.* **Energia solar: fundamentos, tecnologia e aplicações.** Editora Blucher, 2021.

VIAN, Ângelo *et al.* Geração de energia solar. In: **Energia Solar Fundamentos Tecnologia e Aplicações.** Blucher Open Access, 2021. p. 11-32.

XAVIER JÚNIOR, Geraldo Rodrigues. **O papel das tecnologias fotovoltaicas no contexto da transição energética: uma abordagem multidisciplinar dos aspectos geopolíticos, sociais, técnicos, econômicos e ambientais.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso.

BRAGA, Renata Pereira. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações.** 2008. TCC (Graduação) - Curso de engenharia elétrica, UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro, 2008.

PORTAL SOLAR. **Valor da energia solar: quanto custa para instalar energia solar?** Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>. Acesso em: 9 fev. 2025.