REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DA IMPLEMENTAÇÃO DAS MINIUSINAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO ÂMBITO DAS PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS DO ESTADO DO PIAUÍ

SOCIO-ENVIRONMENTAL IMPACTS OF THE IMPLEMENTATION OF PHOTOVOLTAIC MINI POWER PLANTS UNDER PUBLIC–PRIVATE PARTNERSHIPS IN THE STATE OF PIAUÍ, BRAZIL

IMPACTOS SOCIOAMBIENTALES DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MINICENTRALES SOLARES FOTOVOLTAICAS EN EL ÁMBITO DE LAS ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS DEL ESTADO DE PIAUÍ

Daniel Leal Sousa[1], Marcos Antônio Tavares Lira[2], Albemerc Moura de Moraes[3]

e747532
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i4.7532

PUBLICADO: 04/2026

RESUMO

Os sistemas de geração por meio de fontes renováveis de energia estão em ascensão no mundo. No Brasil, observa-se esse comportamento principalmente com a energia solar fotovoltaica, que é a fonte que mais cresce no país. Para um crescimento sustentável, é necessário considerar os impactos no modo de vida das pessoas que vivem próximas às instalações das usinas fotovoltaicas. Dessa forma, o objetivo neste trabalho é avaliar os impactos socioambientais da implementação das miniusinas de energia solar fotovoltaica no âmbito das parcerias público-privadas (PPPs) do Estado do Piauí. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, visitas técnicas e aplicação de entrevistas semiestruturadas com representantes da gestão pública, de empresas e moradores próximos às miniusinas. Existe uma carência de estudos que analisem as repercussões socioambientais nas comunidades localizadas no entorno das instalações de usinas fotovoltaicas conectadas à rede de distribuição de energia elétrica. Na análise das miniusinas da PPP, os resultados demonstraram que não houve participação significativa da comunidade local no projeto e a geração de empregos após a etapa de construção é limitada. Com relação à percepção ambiental, os entrevistados afirmaram não ter percebido mudanças na qualidade ambiental do entorno após a construção das usinas. Conclui-se que, embora o modelo de PPP adotado constitua uma estratégia eficaz para a expansão da geração de energia renovável, é necessário ampliar os benefícios sociais e ambientais associados à PPP.

PALAVRAS-CHAVE: Energia renovável. Sustentabilidade. Demanda energética. Desenvolvimento socioeconômico. Eletricidade.

[1] Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Docente do curso de Eletrotécnica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI).

[2] Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre em Ciências Físicas Aplicadas (UECE). Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI). Pró-Reitor de Planejamento e Orçamento da UFPI. Docente dos cursos de Engenharia Elétrica (UFPI), Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (UFPI), Mestrado em Engenharia Elétrica (UFPI) e Mestrado em Ensino de Física (UFPI).

[3] Graduado em Física (UFPI), com mestrado e doutorado em Energia (UFABC). Coordenador do Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia (NINTEC/UFPI), lidera o Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energia Solar do Piauí (GIPES) e é docente no Mestrado em Engenharia Elétrica (UFPI) e no Mestrado em Climatologia e Aplicações nos Países da CPLP e África, oferecido pela Universidade Estadual do Ceará (UECE).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

ABSTRACT
Renewable energy generation systems have been expanding worldwide. In Brazil, this trend is particularly evident in solar photovoltaic energy, which is currently the fastest-growing energy source in the country. To ensure sustainable growth, it is essential to consider the impacts on the livelihoods of communities located near photovoltaic power generation facilities. Therefore, this study aims to assess the socio-environmental impacts of the implementation of photovoltaic mini power plants under Public– Private Partnerships (PPPs) in the State of Piauí, Brazil. To this end, a bibliographic review was conducted, along with technical site visits and semi-structured interviews with representatives of public administration, private companies, and residents living near the mini power plants. There is a scarcity of studies analyzing the socio-environmental repercussions in communities surrounding grid-connected photovoltaic power plants. The analysis of the PPP mini power plants revealed limited local community participation in the project design phase and restricted job creation after the construction stage. Regarding environmental perception, respondents reported no significant changes in the environmental quality of the surrounding area following the construction of the plants. It is concluded that, although the adopted PPP model represents an effective strategy for expanding renewable energy generation, it is necessary to enhance the associated social and environmental benefits.

KEYWORDS: *Renewable energy. Sustainability. Energy demand. Socioeconomic development. Electricity.*

RESUMEN
Los sistemas de generación de energía a partir de fuentes renovables se encuentran en expansión a nivel mundial. En Brasil, esta tendencia se observa principalmente en la energía solar fotovoltaica, que es actualmente la fuente de mayor crecimiento en el país. Para garantizar un crecimiento sostenible, es fundamental considerar los impactos en el modo de vida de las comunidades ubicadas en las proximidades de las instalaciones de generación fotovoltaica. En este contexto, el objetivo de este estudio es evaluar los impactos socioambientales de la implementación de minicentrales solares fotovoltaicas en el marco de las asociaciones público-privadas (APP) del Estado de Piauí, Brasil. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica, visitas técnicas y la aplicación de entrevistas semiestructuradas a representantes de la gestión pública, empresas privadas y residentes cercanos a las minicentrales. Existe una escasez de estudios que analicen las repercusiones socioambientales en las comunidades situadas en el entorno de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de distribución eléctrica. El análisis de las minicentrales de la APP evidenció una limitada participación de la comunidad local en la fase de diseño del proyecto y una generación de empleo restringida después de la etapa de construcción. En cuanto a la percepción ambiental, los entrevistados señalaron no haber percibido cambios significativos en la calidad ambiental del entorno tras la construcción de las plantas. Se concluye que, aunque el modelo de APP adoptado constituye una estrategia eficaz para la expansión de la generación de energía renovable, es necesario ampliar los beneficios sociales y ambientales asociados a este modelo.

PALABRAS CLAVE*: Energía renovable. Sostenibilidad. Demanda energética. Desarrollo socioeconómico. Electricidad.*

INTRODUÇÃO

Atender à população com energia elétrica de qualidade é de extrema importância para a melhoria da qualidade de vida e para o crescimento econômico dos países (Santos; Figueira; Florian, 2024). Atualmente, enfrenta-se o desafio de atender à elevada demanda energética, que está sempre em crescimento e requer o incremento da produção de energia. Esse processo deve ser conduzido por um planejamento energético que priorize fontes renováveis, com o objetivo de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

minimizar os impactos socioambientais decorrentes do uso de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis (Bursztyn, 2020; Sousa; Lira; Moraes, 2024).

A transição energética global em direção a fontes renováveis, especialmente a energia solar fotovoltaica, representa um marco significativo no combate às mudanças climáticas e na promoção de um futuro sustentável (Lira *et al.,* 2019; Sousa *et al*., 2023). Esta tecnologia está cada vez mais presente em todos os setores, principalmente por conta da redução do custo dos equipamentos e por ser uma energia renovável que não emite gases de efeito estufa (GEE) na etapa de geração e é uma alternativa viável aos combustíveis fósseis (Kibaara; Karweru, 2022; Timilsina, 2022).

A utilização desenfreada dos combustíveis fósseis provoca graves problemas ambientais e de saúde, gerando um estado de alerta global quanto ao seu uso irrestrito (Rana *et al.,* 2020). A implementação da geração distribuída (GD) por meio de fontes renováveis apresenta-se como uma alternativa promissora e atrativa para a redução dos impactos ambientais (Mele *et al*., 2021).

O mundo está direcionando sua atenção para a ampla exploração de recursos de energia renovável, como solar, biomassa e eólica, com o objetivo de promover o desenvolvimento sustentável da sociedade (Palma; Lessa, 2022). Dentro deste espectro, a geração de energia por meio da fonte solar fotovoltaica se destaca por seus benefícios significativos, tanto em termos de redução de emissões de GEE quanto na conservação dos recursos naturais, posicionando-se como uma das tecnologias em maior crescimento na maioria dos países (IEA, 2023; Sousa; Lira; Moraes, 2024).

O crescimento acelerado da energia fotovoltaica no mundo evidencia a necessidade de estudos que orientem a escolha adequada dos locais de instalação, a fim de reduzir os impactos negativos provocados por esse tipo de geração (Bawazir; Cetin, 2020). Além disso, Terrapon-Pfaff *et al.,* (2019) também destacam que a análise focada predominantemente nos aspectos técnicos e ambientais da energia solar deixa uma lacuna no entendimento dos impactos sociais provocados por essa fonte de energia.

O estudo dos impactos sociais das energias renováveis deveria constituir ponto de preocupação, especialmente nos países em desenvolvimento, nos quais os trabalhadores sofrem frequentemente com más condições de trabalho. Por esta razão, a adoção de tecnologias de energias renováveis deve ser avaliada não só do ponto de vista ambiental e econômico, mas também do ponto de vista da responsabilidade social. A compreensão desses impactos é crucial para promover um desenvolvimento sustentável que equilibre progresso tecnológico e bem-estar comunitário (Takeda *et al*., 2019).

No Brasil, os sistemas de geração por meio da fonte solar fotovoltaica estão em larga ascensão e é a fonte que mais cresce no país. Os dados disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Energética (EPE) indicam que a fonte fotovoltaica ocupa a segunda maior parcela de contribuição para a matriz elétrica brasileira, considerando a geração distribuída, com o percentual

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de 24,1% que corresponde a 62,4 GW de potência instalada, ficando atrás apenas da fonte Hídrica (42,6% da matriz) (EPE, 2025).

Para um crescimento sustentável, é necessário considerar os impactos no modo de vida das pessoas que vivem próximas às instalações das usinas fotovoltaicas. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o impacto socioambiental da implementação das miniusinas de energia fotovoltaica das parcerias público-privadas (PPPs) do Estado do Piauí. Para tanto, realizou-se uma pesquisa bibliográfica, visitas técnicas e aplicação de entrevistas semiestruturadas com representantes da gestão pública, de empresas e com moradores que residem no entorno das miniusinas para obter os dados necessários para a avaliação realizada neste trabalho. Por meio dessa análise, são disponibilizados dados que contribuem para um diálogo amplo e equilibrado sobre o desenvolvimento sustentável no contexto da energia solar fotovoltaica.

A implementação da PPP das miniusinas no Estado do Piauí está alinhada às diretrizes estabelecidas pela Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) e contribui para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Destacam-se o ODS 7, que visa assegurar acesso confiável, sustentável e a preço acessível à energia; o ODS 8, ao fomentar o crescimento econômico sustentável e a geração de emprego e renda; o ODS 11, ao fortalecer a infraestrutura energética municipal; e o ODS 13, ao contribuir para a mitigação das mudanças climáticas por meio da ampliação da participação de fontes renováveis na matriz elétrica (Dias, 2024; Alonso-Morales; Sáez-Martín; Haro-de-Rosario, 2025; Bennich *et al.,* 2023).

A escolha da energia solar como fonte primária para essas instalações decorre de critérios técnicos e estratégicos, fundamentados no elevado potencial solar do Piauí, que figura entre os maiores do Brasil. O estado apresenta irradiação solar média anual superior a 5,6 kWh/m².dia, conforme dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito (CRESESB) (2026). Nesse contexto, a PPP das miniusinas é de grande importância para a sustentabilidade energética estadual, pois amplia a GD renovável e contribui para a redução das emissões de GEE, conforme evidenciado por Lima *et al.* (2020). O incremento da potência instalada e sua integração ao Sistema Interligado Nacional (SIN) possibilitam a diminuição do despacho de usinas termelétricas movidas à queima de combustíveis fósseis, reduzindo impactos ambientais. Além disso, a PPP tem a capacidade de promover uma economia para os cofres públicos, uma vez que a energia produzida pelas miniusinas tem um custo menor para o Estado, quando comparado com o custo de energia cobrado pela Equatorial Piauí (Sousa; Lira; Moraes, 2024, 2025; Sousa *et al.*, 2023).

1. IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE USINAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

As usinas de geração fotovoltaica apresentam benefícios ambientais significativos, porém podem produzir impactos sociais notáveis nas comunidades que residem no local da instalação

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

(Terrapon-Pfaff *et al.*, 2019). Estes impactos variam desde alterações na paisagem e uso do solo até mudanças socioeconômicas e culturais nas comunidades adjacentes.

Embora a literatura sobre esse tipo de instalação esteja mais focada nos aspectos técnicos e ambientais, houve aumento significativo nas publicações sobre a avaliação do impacto socioeconômico da energia solar e das tecnologias fotovoltaicas nos últimos anos (Güre *et al.,* 2025). Os estudos sobre impactos socioambientais são focados em sistemas *off grid* como é o caso do estudo de Morais; Lira; Lopes (2025) que avaliaram a utilização de sistema de bombeamento utilizando a tecnologia fotovoltaica.

Analisando os impactos na comunidade, Heideier *et al*. (2020) destacam que essas instalações podem gerar uma quantidade significativa de empregos locais, tanto na fase de construção quanto nas fases de operação e manutenção. No entanto, os benefícios econômicos podem ser desiguais, favorecendo certos grupos em detrimento de outros. Por exemplo, as oportunidades de trabalho que surgem com a instalação das usinas, nem sempre são acessíveis aos residentes locais, especialmente se exigirem habilidades técnicas especializadas.

Um estudo realizado por Lee; Huh; Yoo (2018), analisa o projeto do governo da Coreia do Sul que tem como objetivo implantar usinas fotovoltaicas de pequeno porte (até 150 kW). Os autores destacam que esse tipo de instalação, que não ocupa grandes espaços, provoca menos impactos ambientais, em comparação aos impactos provocados por usinas de grande escala. Além disso, a pesquisa de Mayer; Szilágyi; Gróf (2021) sugere que os impactos gerados pelas instalações fotovoltaicas de grande porte podem ser reduzidos com estudos prévios a respeito do local de instalação e tipo da instalação. A participação e o envolvimento da comunidade local na tomada de decisões nos projetos de energia solar influenciam diretamente a aceitação do projeto pelas comunidades locais. São necessárias estratégias de engajamento mais inclusivas e sensíveis ao contexto cultural das instalações.

As usinas fotovoltaicas também influenciam as dinâmicas culturais e comunitárias. A implantação dessas usinas pode alterar significativamente a paisagem local, afetando a percepção da comunidade sobre seu ambiente. A análise dos impactos visuais que as instalações de sistemas solares de grande porte produzem deve ser um dos pontos de tomada de decisão para escolha do melhor local para a construção dos empreendimentos (Cousse, 2021).

Os autores Kibaara; Karweru (2022) destacam que as usinas fotovoltaicas ocupam grandes extensões de terra, que poderiam ser utilizadas para outras atividades econômicas para geração de receitas, como agricultura, silvicultura e turismo. O deslocamento de atividades econômicas preexistentes, especialmente em áreas rurais onde a terra é usada para agricultura provoca sérios impactos negativos que retardam a aplicação da energia solar fotovoltaica. Eles propõem uma ferramenta de modelagem que possa avaliar e quantificar os efeitos para direcionar a tomada de decisões e acelerar a aplicação da energia fotovoltaica. Este modelo ajuda a compreender as

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

interações entre a geração de energia solar e seus impactos socioeconômicos ao longo da vida útil da planta.

Com base nos estudos em análise, constata-se que os impactos sociais estão diretamente interligados aos aspectos ambientais e técnicos. As usinas fotovoltaicas são promovidas como soluções sustentáveis e de baixo impacto ambiental. Contudo, questões como uso da terra e impactos na biodiversidade local podem ter implicações sociais diretas, como a alteração de ecossistemas utilizados pela comunidade local para meios de subsistência (Kibaara; Karweru, 2022).

Bezerra; Reis Neto; Andrade (2021) analisaram a contribuição da participação da população no enfrentamento dos impactos socioambientais como exercício da cidadania ambiental. Foi realizado um estudo de caso de um movimento de moradores do entorno da usina fotovoltaica São Gonçalo no município de São Gonçalo do Gurgueia, no Piauí, considerado o maior da América do Sul em 2018, ano da sua implantação, com potência instalada de 475 MW e aproximadamente 2,2 milhões de módulos fotovoltaicos instalados. A pesquisa realizada concluiu que a ação da população, por meio de mobilização social, pode ser considerada como exercício da cidadania ambiental, pois ao afirmar seu direito ao meio ambiente como direito fundamental, alertou o Poder Público para os impactos socioambientais causados pelas obras da usina fotovoltaica, possibilitando a efetividade da legislação ambiental.

Terrapon-Pfaff *et al*., (2019) destacam a importância, cada vez maior, de avaliar e gerir os impactos sociais provocados pela instalação de grandes usinas de geração solar para reduzir os riscos tanto para as comunidades afetadas diretamente pelas obras como para as atividades do projeto e dos negócios das empresas responsáveis pelas usinas. Os autores também ressaltam que existem poucas publicações na literatura acadêmica e profissional sobre os potenciais impactos destas instalações a nível local.

Suuronen *et al*., (2017) estudaram a otimização de localizações de usinas fotovoltaicas no Deserto de Atacama, considerando o impacto social como um dos critérios principais. A otimização da localização de usinas fotovoltaicas utilizou três parâmetros para tomada de decisão: (1) encontrar locais com maior potencial solarimétrico, (2) determinar locais com menor impacto negativo ao meio ambiente e (3) localizar as áreas que produzem pequeno impacto social negativo. Os resultados da pesquisa de impactos sociais foram analisados e incluídos no processo de tomada de decisão, incluindo valores paisagísticos. Esse trabalho comprova que o estudo do melhor local para instalação consegue reduzir consideravelmente os impactos sociais negativos, mantendo elevados índices de eficiência e geração.

Avaliar a aceitação da tecnologia de energia fotovoltaica pelas comunidades residentes nas proximidades das instalações é fundamental para a tomada de decisões relacionadas à sua expansão.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Nessa linha de pesquisa, Patel e Rao (2016) realizaram um estudo de campo em três aldeias na Índia para avaliar a aceitação da tecnologia de energia fotovoltaica. As aldeias estão localizadas próximas à instalação de usinas fotovoltaicas. O estudo foi realizado por meio da aplicação de um questionário com 14 perguntas e contou com a participação de 172 pessoas que residem perto das usinas. O estudo constatou que cerca de 91,27% dos residentes são a favor do estabelecimento de novas usinas de fotovoltaicas próximo aos seus campos agrícolas e 91% dos entrevistados gostariam de instalar módulos fotovoltaicos nos telhados para as suas necessidades de energia doméstica. Observou-se também que 89% dos entrevistados destas aldeias acreditam que as instalações fornecem eletricidade e oportunidades de emprego. No entanto, 7% opinaram que a usina solar não é benéfica para eles.

A avaliação global de empreendimentos de geração fotovoltaica não pode ser substituída por avaliações pontuais que consideram apenas os impactos econômicos, por exemplo. Isso fica evidente no trabalho desenvolvido por Hartono *et al.,* (2020) que realizaram um estudo para estimar os impactos de investimentos em usinas a carvão e compará-los com investimentos em usinas baseadas em energia renovável (geotérmica, hidroelétrica, eólica e solar) na Indonésia. Os resultados revelam que usinas a carvão podem exigir menos investimento e ter melhores impactos econômicos e em termos de emprego, no entanto, o seu efeito de emissão contínua de GEE resultantes da operação precisa ser considerado para a correta escolha da melhor fonte de energia.

Altoé *et al.,* (2022) destacam a importância de ampliar o uso de energias renováveis para geração de energia elétrica. Dentre os pontos positivos, tem-se o aumento da independência e diversificação da matriz energética brasileira e redução das emissões de gases causadores do efeito estufa provenientes do setor energético. No campo social, os autores destacam que a principal contribuição social desses empreendimentos é a criação de um número relevante de postos de trabalho, aumentando a renda da população local.

Complementando a análise de Altoé *et al.,* (2022), Ferreira *et al*., (2024) analisaram o desmatamento provocado pela instalação de usinas fotovoltaicas no Estado do Ceará. Eles destacaram o expressivo avanço da energia solar fotovoltaica no estado do Ceará, com 150 empreendimentos centralizados licenciados entre os anos de 2011 e 2022, dos quais 27 já se encontravam em operação até dezembro de 2022. Eles enfatizam que é necessária uma análise criteriosa acerca dos impactos ambientais decorrentes da implantação dessas usinas, em especial no que se refere ao desmatamento de áreas nativas. Conforme demonstrado no estudo, a instalação desses empreendimentos resultou na supressão de 2.058,88 hectares de vegetação, com rendimento lenhoso estimado em 157.388,13 estéreos de madeira, evidenciando a magnitude das alterações ambientais envolvidas.

Embora a energia solar fotovoltaica seja amplamente reconhecida por seu baixo impacto ambiental e contribuição à mitigação das emissões de GEE, é fundamental considerar que a fase

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de implantação pode comprometer ecossistemas locais, especialmente em regiões de elevada sensibilidade ambiental, como o semiárido cearense. Dessa forma, a análise dos processos de licenciamento ambiental e das autorizações de supressão vegetal, com base em critérios técnicos, geográficos e ecológicos, revela-se essencial para que a expansão dessa fonte energética ocorra de maneira compatível com os princípios do desenvolvimento sustentável (Ferreira *et al*., 2024).

Diante dos impactos ambientais associados às instalações fotovoltaicas centralizadas em solo, alternativas como as usinas fotovoltaicas flutuantes (instaladas sobre corpos d'água) e os sistemas agrivoltaicos (sistemas que integram a geração de energia com atividades agropecuárias) são estratégias para mitigar tais efeitos. Esses dois tipos de instalações apresentam a vantagem de reduzir a necessidade de supressão vegetal e de ocupação de áreas com cobertura nativa, promovendo maior eficiência no uso do território. No entanto, essas soluções também apresentam desafios e potenciais impactos ambientais que não devem ser negligenciados, como alterações microclimáticas nos corpos hídricos, interferências na biodiversidade aquática, no caso das usinas flutuantes, e conflitos de manejo entre produção agrícola e manutenção dos módulos fotovoltaicos nos sistemas agrivoltaicos. Assim, embora essas modalidades representem alternativas promissoras no contexto da transição energética, é fundamental que sejam precedidas de estudos de viabilidade técnica, econômica e socioambiental que assegurem sua implementação de forma sustentável e compatível com as especificidades locais (Gonçalves *et al.,* 2025; Ravilla *et al*., 2024).

A análise dos impactos socioambientais decorrentes da instalação de miniusinas fotovoltaicas evidencia que, embora essas tecnologias apresentem benefícios significativos na redução das emissões de GEE e na diversificação da matriz energética, sua implementação não é isenta de desafios. Os efeitos sociais, muitas vezes negligenciados nas fases iniciais dos projetos, afetam diretamente a aceitação, a viabilidade e a sustentabilidade das iniciativas de GD.

Observa-se que os principais impactos socioambientais estão relacionados ao uso e à transformação do solo, à geração de empregos, às alterações na paisagem e às mudanças nas dinâmicas comunitárias. Além disso, a exclusão da população local dos processos decisórios e dos benefícios econômicos pode agravar desigualdades e comprometer a efetividade social dos empreendimentos. A literatura analisada também revela a carência de estudos aprofundados sobre as condições de trabalho ao longo da cadeia produtiva dos equipamentos e reciclagem dos módulos fotovoltaicos, reforçando a importância da incorporação de critérios de justiça socioambiental.

Dessa forma, constata-se que a avaliação de projetos de miniusinas fotovoltaicas deve ir além das métricas energéticas e econômicas tradicionais, incorporando abordagens multidisciplinares que contemplem os efeitos sociais em curto, médio e longo prazos. A participação ativa da comunidade local e a escolha adequada dos locais de instalação são elementos essenciais para a promoção de uma transição energética sustentável. Portanto, a integração das dimensões sociais na análise e no planejamento das miniusinas fotovoltaicas configura-se como condição

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

indispensável para a consolidação de modelos de desenvolvimento que respeitem os direitos das populações afetadas e assegurem a equidade nos benefícios gerados pelas fontes renováveis.

A literatura analisada evidencia que a implantação de miniusinas fotovoltaicas está associada a diferentes impactos. Com base no referencial teórico apresentado, o tópico seguinte descreve os materiais e métodos utilizados nesta pesquisa, detalhando a área de estudo, os procedimentos de coleta e análise de dados adotados para a avaliação dos impactos socioambientais das miniusinas fotovoltaicas implementadas por meio de PPPs no Estado do Piauí.

2. MÉTODOS

Neste tópico apresenta-se o método utilizado na pesquisa, iniciando-se pela caracterização da área de estudo.

2.1. Delimitação e caracterização da área de estudo

A área em estudo compreende os municípios do estado do Piauí: Altos, Coivaras e Campo Maior, onde foram instaladas as cinco miniusinas da PPP do Governo do Estado do Piauí. Trata-se de uma área geográfica diversificada (Figura 1) (Sousa; Lira; Moraes, 2025). Cada localidade apresenta características específicas em termos de infraestrutura energética, potencial de integração com a rede de distribuição e condições ambientais (IBGE, 2023). Esse projeto é importante para o desenvolvimento da geração de energia renovável na região, com foco no fornecimento de energia para o setor público (SUPARC, 2026).

A escolha desses municípios foi realizada pelas empresas que ganharam a licitação. Conforme estabelecido no edital de concorrência, as usinas não poderiam ser instaladas na capital (Teresina), com o intuito de evitar a concentração dos investimentos e dos benefícios provenientes do projeto exclusivamente na capital. Essa diretriz teve como finalidade promover maior equidade na distribuição dos recursos, estimulando o desenvolvimento regional e permitindo que os impostos provenientes da geração de energia incrementem a arrecadação dos municípios (SUPARC, 2026).

Duas das miniusinas (UFV Nova Longá, construída a partir do contrato de PPP nº 04/2020 e UFV Altos, construída a partir do contrato de PPP nº 08/2020) estão localizadas no município de Altos - PI, cidade que pertence à região da grande Teresina no território Entre Rios. Fundada em 1922, possui área territorial de 957,23 km² e registrou 47.453 habitantes no Censo Demográfico de 2022, com densidade demográfica de 49,57 hab/km² (IBGE, 2023; PNUD BRASIL, 2010).

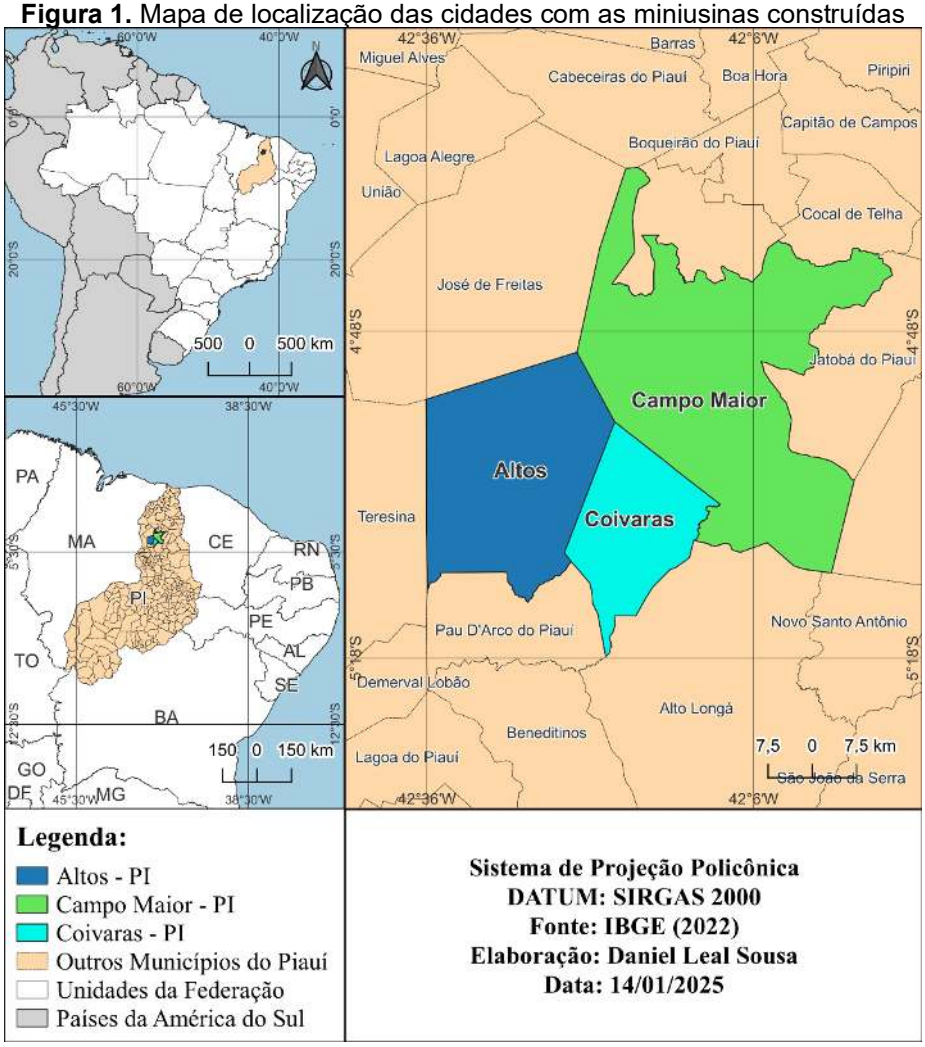
Outras duas miniusinas (UFV Altos, construída a partir do contrato de PPP nº 03/2020 e UFV Longá, construída a partir do contrato de PPP nº 04/2020) encontram-se no município de Coivaras - PI, localizado na região centro-norte do estado no território Entre Rios. O município foi fundado em 1992 e possui 4.117 habitantes. A área territorial do município é de 484,46 km² e densidade demográfica de 8,50 hab/km², refletindo uma baixa concentração populacional (IBGE, 2023; PNUD BRASIL, 2010).

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A quinta miniusina (UFV Campo Maior, construída a partir do contrato de PPP nº 07/2020) está situada no município de Campo Maior - PI, localizado no Território dos Carnaubais. Cidade fundada em 1762, possui uma população estimada em 45.793 habitantes, área territorial de 1.680,86 km², resultando em densidade demográfica de aproximadamente 27,24 hab/km² (IBGE, 2023; PNUD BRASIL, 2010).

Figura 1. Mapa de localização das cidades com as miniusinas construídas



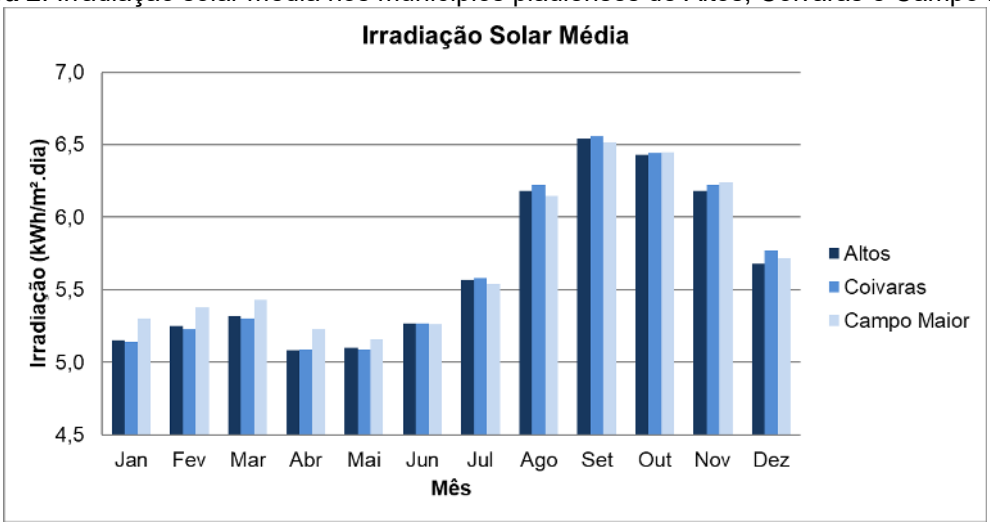
Fonte: Elaborada pelo Autor com dados de IBGE (2023).

Outro fator utilizado para a escolha desses locais para a instalação das miniusinas da PPP foi o índice de irradiação solar incidente nesses municípios. De acordo com dados do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB) e do Atlas Brasileiro de Energia Solar confeccionado por Pereira *et al*. (2017), os municípios analisados apresentam irradiação solar média anual variando entre 5,64 e 5,70 kWh/m²·dia (CRESESB, 2026; Pereira *et al*., 2017). Considerando que a produção de energia elétrica por sistemas fotovoltaicos está diretamente relacionada à disponibilidade de radiação solar, regiões com maiores índices de irradiação apresentam maior

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

geração energética quando comparadas a localidades com menor incidência solar que utilizam a mesma tecnologia de geração. A variação mensal da irradiação solar média nos municípios de Altos, Coivaras e Campo Maior, expressa em [kWh/m². dia], encontra-se apresentada na Figura 2.

Figura 2. Irradiação solar média nos municípios piauienses de Altos, Coivaras e Campo Maior



Fonte: Elaborada pelo Autor com dados de (CRESESB, 2026).

Com base nos dados de irradiação apresentados na Figura 2, observa-se que os três municípios apresentam índices de irradiação solar semelhantes e as maiores médias ocorrem entre agosto e novembro, que é o período seco da região (IBGE, 2023). Esses valores de irradiação medidos nesses municípios estão entre os maiores valores de irradiação encontrados no estado do Piauí, ficando pouco abaixo da região sudeste do Piauí (divisa com Pernambuco e Bahia), e são excelentes para a geração fotovoltaica (Sousa; Lira; Moraes, 2025). Concluída a caracterização da área de estudo, no tópico seguinte apresentam-se os métodos utilizados.

2.2. Métodos utilizados

O método utilizado neste estudo inclui pesquisa bibliográfica, visitas técnicas e aplicação de entrevistas semiestruturadas com representantes da gestão pública, de empresas e com moradores próximos às miniusinas.

A pesquisa bibliográfica foi feita nas bases de dados acadêmicas: Portal de Periódicos da CAPES, Scopus, Web of Science e Google Scholar, Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD) utilizando palavras-chave combinadas (energia renovável; sustentabilidade; demanda energética; desenvolvimento socioeconômico; eletricidade; energia solar; PPP; impacto socioambiental e miniusinas) com os conectores "AND" e "OR". Essas palavras-chave também foram utilizadas em inglês seguindo a metodologia utilizada por Xue; Lindkvist; Temeljotov-Salaj (2021). A busca foi realizada de maneira iterativa, revisando-se os termos de pesquisa conforme

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

necessário, para garantir maior representatividade da literatura sobre o assunto. Também foi feita uma análise crítica dos artigos científicos e relatórios técnicos encontrados.

Para obter dados relativos às miniusinas e aos órgãos do Governo do Estado do Piauí que recebem os créditos de geração, entrou-se em contato com os seus responsáveis. As solicitações foram realizadas por diferentes meios de comunicação (e-mail, contato telefônico, WhatsApp e protocolo de solicitação diretamente no setor de protocolo da instituição). As diferentes formas de contato foram necessárias, pois alguns dos órgãos (secretarias) exigem a solicitação via protocolo para disponibilizar os dados.

Os impactos socioambientais locais foram avaliados por meio de uma análise qualitativa da percepção que a população e as pessoas envolvidas no projeto observaram com relação a diversos aspectos, entre os quais se destacam a qualificação da mão de obra, a geração de empregos, a percepção de alterações no ambiente, a alteração na economia local, entre outros. Foram aplicados questionários à população residente no entorno das miniusinas instaladas no município de Altos - PI, com o objetivo de compreender a percepção da comunidade sobre os benefícios sociais gerados por esses empreendimentos, seguindo a metodologia adotada por Patel e Rao (2016). A pesquisa foi realizada com moradores de diferentes residências próximas à instalação das miniusinas (loteamento Recanto dos Altos; região sudeste do bairro Ciana e nordeste do bairro São Sebastião) no mês de março de 2025.

A amostra foi composta por 25 pessoas, selecionadas por acessibilidade no território, com aplicação de questionários até o alcance de saturação dos dados, ou seja, quando as respostas passam a se repetir, sem acrescentar informações relevantes para a pesquisa (Hennink; Kaiser, 2022).

As miniusinas das cidades de Coivaras - PI e Campo Maior - PI foram instaladas na zona rural dos municípios em terrenos distantes de habitações residenciais e não possuem pessoas que moram no entorno das instalações para que fosse avaliado o impacto nas comunidades locais. Também foram realizadas entrevistas com os gerentes e trabalhadores das empresas envolvidas. Com essas informações foi possível identificar os impactos socioambientais locais provocados pelo projeto.

Também foi realizada a avaliação do impacto na arrecadação dos municípios nos quais foram instaladas as miniusinas. Para obter os dados, foram enviados e-mails para as prefeituras das três cidades que possuem miniusinas instaladas, solicitando o agendamento de entrevistas com o secretário de finanças ou algum representante da prefeitura que possa repassar as informações. No dia agendado foi realizada uma entrevista para coleta das informações. Com esses dados foi possível analisar a correlação entre a instalação das miniusinas e o aumento na arrecadação e se existe um plano de aplicação desses recursos provenientes das miniusinas. Cabe ressaltar que todas as etapas envolvendo seres humanos foram conduzidas de acordo com princípios éticos vigentes.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

A metodologia de coleta de dados foi submetida ao comitê de ética da Universidade Federal do Piauí (UFPI) para avaliação. Ocorreram atrasos na análise da documentação enviada, o que postergou a etapa de aplicação de questionários. Ao final do processo de avaliação, o Comitê de Ética aprovou a solicitação, conforme Parecer nº 6.822.101.

Após a avaliação dos impactos socioambientais na comunidade e avaliação do aumento de arrecadação nos municípios que receberam instalações, estimou-se a redução das emissões de CO_2 proporcionada pelas miniusinas implantadas pela PPP. Para tanto, foram utilizados os Fatores de Emissão de CO_2 para o SIN disponibilizados pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação – MCTI (MCTI, 2025).

Foi considerado na abordagem utilizada que, ao injetar energia renovável na rede do SIN, as miniusinas evitam a geração de energia por fontes não renováveis que, historicamente, compõem parte da matriz elétrica nacional em determinados períodos (Campanholo, 2016).

Para o cálculo da redução das emissões de CO_2, adotou-se a Equação 1:

$$\text{Emissões evitadas } (tCO_2) = \text{Energia FV (MWh)} \times EFgrid\ (tCO_2/MWh) \quad (1)$$

Em que:

- Energia FV (MWh): representa a energia elétrica gerada anualmente pelas miniusinas fotovoltaicas, expressa em megawatts-hora (MWh);

- EFgrid: corresponde ao fator de emissão médio do Sistema Interligado Nacional, expresso em toneladas de CO_2 por MWh (tCO_2/MWh), conforme disponibilizado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI).

O fator de emissão da rede representa uma estimativa da quantidade média de CO_2 que seria emitida para cada MWh gerado pela matriz elétrica nacional, considerando as margens operacionais de geração existentes. Para este estudo, utilizou-se o valor médio do fator de emissão consolidado pelo MCTI para o ano de 2024 (dado mais recente), conforme os dados publicados no "Relatório de Fatores de Emissão de CO_2 para o SIN – Inventários Nacionais de Emissões Atmosféricas" (MCTI, 2025). O valor médio adotado foi de 0,0523 tCO_2/MWh, o qual considera a composição histórica da matriz elétrica brasileira, com ponderações relativas ao despacho termoelétrico.

Essa metodologia possibilitou a realização de uma análise abrangente e interdisciplinar dos impactos socioambientais associados à implementação das miniusinas de energia solar fotovoltaica da PPP do estado do Piauí. Na seção seguinte, são apresentados e discutidos os resultados obtidos nesta pesquisa.

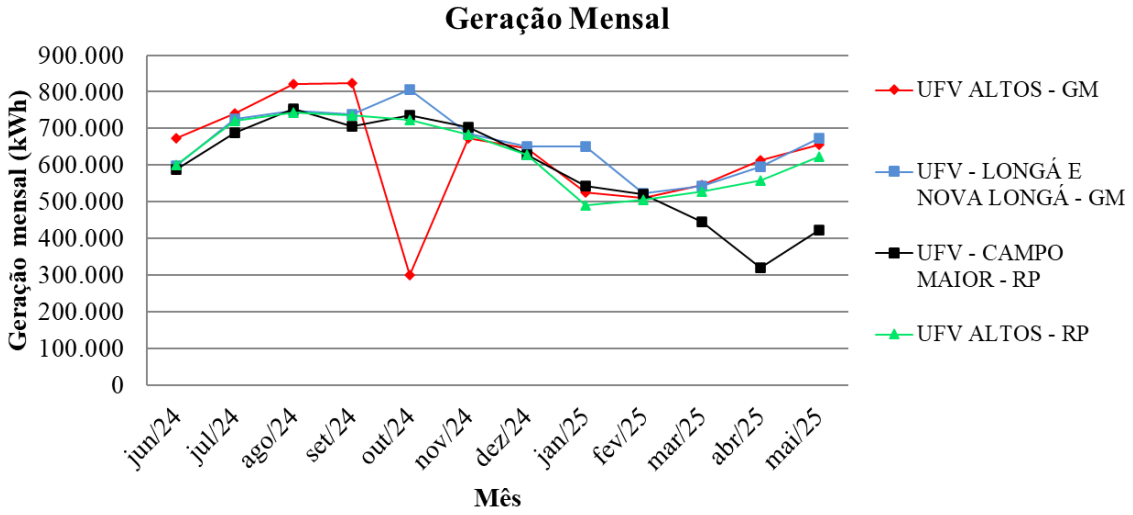
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A geração de energia elétrica, em kWh, reportada no período de junho de 2024 a maio de 2025 pode ser observada na Figura 3.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Esses dados foram disponibilizados pelas empresas responsáveis pela operação e manutenção das miniusinas da PPP (SUPARC, 2026).

Figura 3. Histórico de geração de energia elétrica em kWh das miniusinas



Fonte: Elaborado pelo autor com dados da (SUPARC, 2026).

A análise do gráfico evidencia valores de geração semelhantes na maioria dos meses para a geração das miniusinas (geração média de 650.000 kWh por mês), com exceção de uma ocorrência pontual no mês de outubro de 2024 por conta de uma falha no transformador na UFV ALTOS – GM (contrato nº 03/2020), e nos meses de março, abril e maio de 2025 na UFV Campo Maior (contrato nº 07/2020) por conta de roubo de cabos que fazem a interligação entre os módulos fotovoltaicos e os inversores, que provocou o desligamento de 50% da miniusina (SUPARC, 2026). Com o histórico de geração, é possível quantificar a redução das emissões de CO_2.

Uma das formas de avaliar a contribuição ambiental da geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a solar fotovoltaica, é por meio da quantificação da redução dos GEE, em particular o dióxido de carbono (CO_2), que seria emitido caso essa energia fosse suprida por fontes convencionais da matriz elétrica brasileira.

Para quantificar a redução, utilizou-se a quantidade de energia elétrica gerada por cada miniusina, disponibilizada nos dados técnicos fornecidos pelas empresas responsáveis pela operação das unidades. A soma da geração total anual das miniusinas permitiu estimar a redução global das emissões de CO_2 atribuível ao projeto, aplicando-se, na Equação 1, o valor médio do fator de emissão consolidado pelo MCTI e o valor total de energia elétrica gerada pelas miniusinas.

Dessa forma, para cada MWh gerado pelas miniusinas fotovoltaicas, estima-se que aproximadamente 52,3 kg de CO_2 deixam de ser emitidos na atmosfera, o que representa uma contribuição ambiental relevante, sobretudo em um contexto de crescente preocupação com as mudanças climáticas e com os compromissos internacionais assumidos pelo Brasil, como o Acordo

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de Paris. Na Tabela 1, tem-se a geração no período de 12 meses de cada contrato, o fator de emissão (tCO_2/MWh) e as emissões evitadas em toneladas de CO_2.

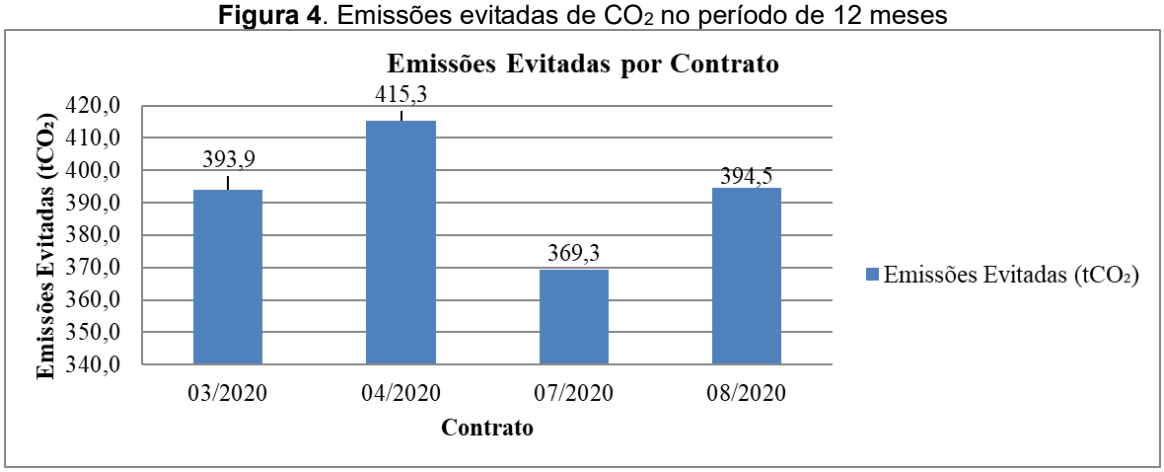
Tabela 1. Geração de energia elétrica e emissões evitadas de CO_2 no período de 12 meses

Contrato	Localização	Geração Total (MWh)	Fator de Emissão (tCO_2/MWh)	Emissões Evitadas (tCO_2)
03/2020	COIVARAS - PI	7.531,5	0,0523	393,9
04/2020	ALTOS - PI / COIVARAS - PI	7.940,1	0,0523	415,3
07/2020	CAMPO MAIOR - PI	7.061,2	0,0523	369,3
08/2020	ALTOS - PI	7.542,9	0,0523	394,5
Total de emissões evitadas em 12 meses				**1.573,0**

Fonte: Elaborado pelo autor com dados de (MCTI, 2025; SUPARC, 2026).

Os resultados obtidos são apresentados na Figura 4, na qual observa-se o total estimado de emissões evitadas, expressas em toneladas de CO_2. Esta análise permite evidenciar o papel estratégico das miniusinas fotovoltaicas não apenas na redução de custos energéticos para o setor público, mas também como instrumento efetivo de mitigação das emissões de GEE, contribuindo diretamente para o cumprimento dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) conforme destacado por Alonso-Morales; Sáez-Martín; Haro-de-Rosario (2025), Bennich *et al.,* (2023), Dias (2024) e Saccardo *et al.,* (2023), especialmente o ODS 7 (Energia Acessível e Limpa) e o ODS 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

Figura 4. Emissões evitadas de CO_2 no período de 12 meses



Fonte: Elaborado pelo autor com dados de (MCTI, 2025; SUPARC, 2026).

Além dos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, é fundamental analisar de que forma esse empreendimento repercute sobre a sociedade, especialmente nas comunidades do entorno e nos grupos diretamente impactados. Nesse sentido, a seguir são abordados os impactos sociais associados à implementação da PPP.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

3.1. Impacto social da PPP

Além dos benefícios ambientais e econômicos, o projeto das PPPs também provoca impacto social. Esse impacto foi avaliado com base nos questionários, respondidos por 25 pessoas residentes nas proximidades das miniusinas fotovoltaicas instaladas na zona urbana do município de Altos - PI. Foi possível obter um panorama abrangente sobre os impactos socioambientais e econômicos percebidos pela população local. Vale destacar que as miniusinas instaladas em Coivaras - PI e Campo Maior - PI não possuem residências nas proximidades.

A análise estatística das respostas fornecidas pelos entrevistados evidencia aspectos relevantes sobre o perfil socioeconômico da amostra, bem como suas percepções a respeito dos impactos sociais, econômicos e ambientais. Em termos de distribuição por gênero, tem-se um equilíbrio entre os participantes, com 52% se identificando como do sexo masculino e 48% como feminino. Quanto à renda familiar mensal, a maioria (68%) declarou possuir renda entre 1 e 2 salários mínimos, ao passo que os demais 32% informaram renda inferior a um salário mínimo, indicando um recorte populacional de baixa renda como destaca Bittencourt *et al.,* (2025).

No que se refere à escolaridade, 60% afirmaram possuir ensino médio completo, 20% declararam possuir ensino fundamental incompleto, 16% ensino superior completo e 4% ensino fundamental completo, caracterizando um perfil educacional predominantemente de nível médio, com pequena fração de nível superior.

Em relação ao grau de informação da comunidade sobre o empreendimento, 88% dos participantes afirmaram estar cientes da instalação da miniusina em sua localidade, enquanto 12% declararam desconhecer sua existência, revelando que, embora a maioria tenha algum conhecimento da obra, ainda há significativa parcela da população que desconhece as instalações. Ao serem questionados sobre o nível de informação fornecido previamente à instalação, a maioria assinalou que não recebeu qualquer tipo de esclarecimento, ou avaliou negativamente o processo de comunicação prévia, classificando-o como “ruim” ou “muito ruim”. Os participantes relataram que estão cientes dos empreendimentos por passarem ao lado e verem a instalação. Tal percepção aponta para uma lacuna no processo de transparência e diálogo entre os responsáveis pelas instalações e os moradores direta ou indiretamente afetados pela implantação das miniusinas.

Observam-se as mesmas características na percepção de impactos educacionais, visto que apenas 28% reconheceram que o projeto pode contribuir com ações educacionais associados à presença da miniusina, enquanto 72% declararam desconhecer essa contribuição, o que reforça a carência de estratégias de engajamento e educação ambiental no entorno do empreendimento.

No tocante à percepção ambiental, todos os entrevistados afirmaram não ter percebido mudanças na qualidade ambiental do entorno após a construção das usinas. Essa ausência de percepção pode estar relacionada à própria natureza da tecnologia fotovoltaica, que opera de forma silenciosa, não gera resíduos atmosféricos nem efluentes líquidos e possui impacto direto visual ou

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

físico relativamente discreto, principalmente em instalações de pequeno e médio porte instaladas em áreas urbanas já consolidadas.

Apesar de não existir a percepção de mudanças ambientais concretas, deve-se considerar que a ausência de impactos negativos visíveis já representa, por si só, um benefício ambiental importante, especialmente quando comparado a outras formas de geração elétrica baseadas em combustíveis fósseis. A tecnologia solar fotovoltaica contribui para a redução das emissões de GEE e para a mitigação de poluentes atmosféricos ao evitar a necessidade de geração energética em termelétricas. No entanto, tais benefícios são majoritariamente de ordem sistêmica e de longo prazo, não sendo facilmente identificáveis por populações locais em um curto horizonte temporal.

Com relação à percepção sobre energia renovável, apenas 8% dos participantes destacaram o aumento da curiosidade e da motivação para buscar fontes renováveis em sua própria residência com o objetivo de reduzir os custos com energia elétrica e não destacaram a contribuição ambiental.

Observa-se que, embora não tenham sido amplamente percebidos ou reconhecidos pelos moradores, benefícios ambientais diretos, não foram relatados impactos negativos. Para que os benefícios se tornem mais evidentes e valorizados pela população, recomenda-se o fortalecimento de ações de educação ambiental vinculadas às usinas, incluindo atividades de visitação, oficinas e programas de conscientização comunitária. Essas ações podem ampliar o reconhecimento dos benefícios ambientais concretos da energia solar, consolidando as miniusinas como vetores de transformação ecológica e cultural em nível local.

Quanto aos impactos econômicos percebidos pela população, 48% dos entrevistados relataram a existência de criação de empregos ou oportunidades relacionadas à miniusina, enquanto 52% declararam desconhecer esse tipo de benefício. Esse dado reforça que, embora haja percepção de algum dinamismo econômico, esse impacto é pontual e pouco estruturado. Ainda assim, 72% dos entrevistados afirmaram que a miniusina contribui para o desenvolvimento econômico local, mesmo que tal percepção esteja fundamentada mais em expectativas futuras do que em experiências diretas.

Esses resultados revelam que a implementação das miniusinas em Altos - PI é percebida de forma ambígua pela população: ao mesmo tempo em que reconhecem seu potencial transformador, especialmente na contribuição com o desenvolvimento econômico local, há baixa percepção dos benefícios socioambientais, o que está fortemente relacionado à ausência de ações que envolvam a comunidade local. Portanto, para que os impactos sociais positivos se consolidem e sejam efetivamente reconhecidos, é fundamental que os projetos de PPP nessa área incorporem estratégias de diálogo com a comunidade e programas de educação ambiental, desde as fases iniciais de implantação.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

No âmbito das ações sociais previstas no contrato, as empresas vencedoras da PPP implantaram em Teresina, em parceria com a Fundação Universidade Estadual do Piauí (UESPI), os três laboratórios do Complexo de Energias Renováveis (CER) do Núcleo de Formação e Pesquisa em Energias Renováveis e Telecomunicações do Piauí (NUFPERPI) (SUPARC, 2026; Sousa; Lira; Moraes, 2024).

O NUFPERPI é associado ao curso de Engenharia Elétrica da UESPI e ao Grupo Interdisciplinar de Pesquisa em Energias Renováveis e Tecnologias Sociais (GIPERTS). Os trabalhos no NUFPERPI são voltados para a socialização de tecnologias por meio da formação e pesquisa em energias renováveis, telecomunicações e áreas afins.

Entre seus objetivos destacam-se: desenvolvimento e socialização do conhecimento científico e tecnológico; capacitação de mão de obra local; transferência de tecnologia; fortalecimento da relação entre academia e mercado; e disseminação de tecnologias em universidades e escolas públicas. O núcleo possui dois complexos: o de Energias Renováveis (equipado pela PPP das miniusinas) e o de Telecomunicações (equipado através da PPP Piauí Conectado) (SUPARC, 2026; Sousa; Lira; Moraes, 2024).

Na parte dedicada à formação, o NUFPERPI desenvolve o Programa de Formação em Tecnologias e Sistemas de Energias Renováveis. Esse programa é voltado para capacitar alunos por meio de cursos nas áreas de Sistemas de Energias Renováveis, Instalações Elétricas, Manutenção, Operação e Eficiência Energética. Através de uma articulação entre ensino, pesquisa e extensão, o núcleo promove a capacitação de estudantes, professores da rede pública e profissionais em áreas como energias renováveis, telecomunicações e tecnologias sociais, proporcionando-lhes competências alinhadas com os avanços tecnológicos e com os requisitos operacionais das empresas parceiras.

A análise do impacto social da PPP evidencia percepções, benefícios e limitações associadas à instalação e operação das miniusinas fotovoltaicas nos municípios. Entretanto, os efeitos desse tipo de empreendimento estendem-se também à esfera econômica e fiscal dos municípios, que será apresentado a seguir.

3.2. Impacto da PPP na arrecadação municipal

Além dos benefícios energéticos e ambientais, a PPP tem gerado impactos econômicos positivos diretos para os municípios que possuem as instalações das miniusinas. Um dos principais efeitos observados refere-se ao incremento da arrecadação tributária municipal por meio do recolhimento do Imposto Sobre Serviços de Qualquer Natureza (ISS). De acordo com o contrato, para que a empresa responsável pela miniusina receba a contraprestação mensal acordada, é exigida a emissão de nota fiscal junto à prefeitura do município sede da respectiva miniusina, o que resulta na obrigatoriedade do pagamento de ISS à alíquota de 5% sobre o valor total faturado.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Considerando que, no ano de 2024, o valor máximo estipulado para a contraprestação mensal por miniusina era de R$ 490.000,00, o montante mensal recolhido em ISS por unidade poderia alcançar até R$ 24.500,00, valor que representa um acréscimo significativo à receita tributária dos municípios, especialmente em localidades de pequeno e médio porte. Para o município de Altos - PI, que de acordo com dados do portal da transparência da Prefeitura Municipal de Altos - PI (2025) possui arrecadação mensal de aproximadamente R$ 500.000,00 (quinhentos mil reais), o ISS proveniente das miniusinas da PPP instaladas no município representa um aumento de aproximadamente 7%.

Este mecanismo contribui não apenas para o fortalecimento da capacidade fiscal das administrações locais, mas também para a ampliação do potencial de investimento em políticas públicas e serviços essenciais à população. Dessa forma, constata-se que a presença das miniusinas não se restringe ao fornecimento de energia renovável, mas também assume papel estratégico no fomento ao desenvolvimento econômico local, consolidando-se como um vetor de geração de receitas públicas sustentáveis no contexto municipal.

Entretanto, apesar do potencial arrecadatório gerado por esses empreendimentos, observa-se a inexistência de uma política pública que defina critérios para a alocação desses recursos no âmbito municipal. A aplicação do montante proveniente do ISS segue o fluxo geral do orçamento. Essa lacuna representa uma oportunidade não explorada de articulação entre desenvolvimento econômico local e sustentabilidade ambiental. Embora juridicamente não seja permitido determinar uma vinculação legal prévia desses recursos (cf. art. 167, IV, da Constituição Federal) (BRASIL, 1990), é plenamente compatível e desejável que a população e a gestão municipal alinhem prioridades orçamentárias e priorizem ações socioambientais atreladas à PPP (Alonso-Morales; Sáez-Martín; Haro-de-Rosario, 2025).

Nesse sentido, Abreu; Mendes; Souza (2024) destacam que receitas tributárias próprias, quando bem gerenciadas, podem fortalecer a provisão de bens públicos e investimentos locais, com efeitos positivos sobre o bem-estar social e a qualidade de serviços públicos.

Alonso-Morales; Sáez-Martín; Haro-de-Rosario (2025) destacam o papel dos gastos públicos na promoção da sustentabilidade social e demonstram como essas políticas de gastos podem contribuir para o alcance dos ODS. Seria desejável, portanto, que os municípios contemplados com a instalação das miniusinas adotassem mecanismos para aplicação desses recursos à promoção de ações ambientais, como programas de educação ambiental, recuperação de áreas degradadas, manejo sustentável de resíduos sólidos e fortalecimento de políticas públicas voltadas à transição energética.

A destinação direcionada desses recursos não apenas fortaleceria o compromisso socioambiental associado à matriz energética renovável, mas também ampliaria os efeitos multiplicadores do projeto no território, consolidando um modelo de governança fiscal orientado à

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

sustentabilidade. Assim, ao reconhecer o papel estratégico das miniusinas na geração de receita pública, torna-se igualmente relevante instituir marcos regulatórios e instrumentos de gestão que garantam que parte desses benefícios seja revertida em ações concretas para a população e para a preservação ambiental e o desenvolvimento sustentável local, respeitando simultaneamente o princípio constitucional da não vinculação de receitas de imposto.

Os resultados relativos à arrecadação municipal demonstram que a implantação das miniusinas fotovoltaicas por meio de PPPs representa uma fonte adicional de receita para os municípios por meio do recolhimento do ISS.

4. CONSIDERAÇÕES

A substituição das fontes fósseis por matrizes energéticas renováveis, com destaque para a energia solar fotovoltaica, é uma necessidade frente aos desafios provocados pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental em escala global. No contexto brasileiro, a fonte solar fotovoltaica é a que mais cresce em capacidade de geração. Especialmente no Estado do Piauí, observa-se uma condição favorável à expansão dessa tecnologia, em virtude dos elevados índices de irradiação solar registrados ao longo de todo o ano. Diante deste cenário, essa pesquisa teve como objetivo realizar a caracterização dos impactos socioambientais resultantes da implementação das miniusinas de energia fotovoltaica no âmbito de uma PPP do Estado do Piauí.

A investigação partiu do pressuposto de que tais empreendimentos, além de promoverem a transição energética, fortalecem o desenvolvimento socioeconômico local (emprego e renda para o município) e contribuem com a redução de impactos ambientais. Os resultados obtidos ao longo deste estudo confirmam, em grande medida, a validade dessas hipóteses, embora tenham sido identificados desafios relevantes que necessitam ser levados em consideração para potencializar os benefícios.

Do ponto de vista ambiental, os resultados demonstram a contribuição das miniusinas para a mitigação das emissões de dióxido de carbono (CO_2). Considerando o fator de emissão médio do Sistema Interligado Nacional (0,0523 tCO_2/MWh) e a geração acumulada no período analisado (30,08 GWh), estimou-se a redução de aproximadamente 1.573 toneladas de CO_2 em 12 meses de operação. Esse resultado comprova a importância das miniusinas para a descarbonização da matriz elétrica, contribuindo para o cumprimento do ODS 7 e do ODS 13. Ainda que o impacto ambiental não seja perceptível de forma direta pela população local, seus efeitos sistêmicos são relevantes no contexto da transição energética.

Além disso, as miniusinas geraram benefícios fiscais aos municípios onde foram instaladas. Cada unidade, ao emitir nota fiscal para fins de recebimento do valor correspondente aos créditos de geração mensal, paga mensalmente o ISS ao município, no valor de aproximadamente R$ 24.500,00. Este valor representa um acréscimo significativo à arrecadação de municípios de

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

pequeno e médio porte, contribuindo para o aumento da arrecadação do município e possibilitando a ampliação de investimentos. Entretanto, a pesquisa revelou a inexistência de uma política municipal para destinação desses recursos adicionais, o que representa uma oportunidade desperdiçada de priorizar a utilização de parte dessa arrecadação a projetos socioambientais e de educação ambiental.

No tocante aos impactos sociais, a pesquisa de campo conduzida junto a 25 moradores das áreas vizinhas às miniusinas revelou que não houve grande participação da comunidade local no projeto das miniusinas. A maioria dos entrevistados relatou ter conhecimento do empreendimento por transitarem nas proximidades e visualizarem a estrutura física das usinas. Constatou-se falta de comunicação com a população local para inserir a comunidade no projeto. Na pesquisa, observou-se que 52% declararam desconhecer benefícios econômicos provocados pelas miniusinas e apenas 28% afirmaram que esse projeto traz benefícios educacionais. Mesmo assim, 48% dos entrevistados relataram como benefícios gerados pela instalação a geração de empregos e 72% afirmaram que as usinas contribuem para o desenvolvimento econômico local. Esses dados sugerem a necessidade de ações mais estruturadas de envolvimento comunitário, comunicação e educação ambiental como parte integrante da implantação das usinas para que seja possível atingir as metas dos ODS 8 e 11 promovendo geração de empregos e crescimento econômico para uma cidade mais sustentável.

Com relação à percepção ambiental, todos os entrevistados afirmaram não ter percebido mudanças na qualidade ambiental do entorno após a construção das usinas. A ausência de impactos negativos visíveis já representa, por si só, um benefício ambiental, especialmente quando comparado a fontes fósseis. Os resultados apontam para uma frágil percepção local dos ganhos sistêmicos associados à geração fotovoltaica. Reforça-se, assim, a importância de estratégias de conscientização que contribuam com a transição energética.

A criação e estruturação de laboratórios na UESPI, como contrapartida institucional vinculada à PPP, representou um marco relevante na expansão do ensino, pesquisa e extensão na área de energias renováveis. Entre os principais benefícios observados, destacam-se os cursos de extensão ofertados à população. Essa iniciativa está diretamente alinhada ao ODS 4 (Educação de Qualidade).

A experiência do Piauí na implementação de miniusinas fotovoltaicas via PPP demonstrou-se exitosa em termos de viabilidade técnica, economia fiscal e contribuição para a transição energética. Contudo, a maximização de seus benefícios requer maior integração entre planejamento técnico, políticas públicas locais e engajamento social. A replicação e expansão desse modelo depende do fortalecimento da governança, do aprimoramento dos diagnósticos de demanda e da adoção de estratégias inclusivas que consolidem os ganhos ambientais e sociais junto às comunidades afetadas.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Recomenda-se, por fim, a adoção de diretrizes que incentivem os municípios a aplicarem parte do ISS arrecadado em ações voltadas à educação ambiental e ao desenvolvimento sustentável com a realização de oficinas, cursos e palestras voltados à comunidade local, bem como a capacitação de professores e agentes comunitários em temas relacionados à transição energética e à sustentabilidade. Tais medidas podem ampliar os efeitos positivos da PPP, consolidando as miniusinas como instrumentos efetivos de política pública energética, ambiental e social.

REFERÊNCIAS

ABREU, W. M.; MENDES, C. C.; SOUZA, T. S. e. Autonomia fiscal dos municípios. **Revista do Serviço Público**, v. 75, n. 2, p. 245–265, 2024.

ALONSO-MORALES, N.; SÁEZ-MARTÍN, A.; HARO-DE-ROSARIO, A. The role of local public spending in the achievement of the social dimension of sustainable development: An empirical analysis. **Sustainable Futures**, v. 9, 2025.

ALTOÉ, L.; OLIVEIRA FILHO, D.; COSTA, J. M.; CARLO, J. C.; REY MARTÍNEZ, F. J.; NAVAS GRACIA, L. M.; FERNANDES, O. R. Proposition of incentive criteria for renewable energy and energy efficiency for the Ecological ICMS laws in Brazil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 60, p. 374–392, 2022.

BAWAZIR, R. O.; CETIN, N. S. Comprehensive overview of optimizing PV-DG allocation in power system and solar energy resource potential assessments. **Energy Reports**, v. 6, p. 173–208, 2020.

BENNICH, T.; PERSSON, Å.; BEAUSSART, R.; ALLEN, C.; MALEKPOUR, S. Recurring patterns of SDG interlinkages and how they can advance the 2030 Agenda. **One Earth**, v. 6, n. 11, p. 1465–1476, 2023.

BEZERRA, A. K. L.; REIS NETO, A. F.; ANDRADE, M. O. de. Cidadania ambiental e participação popular: efetividade da legislação ambiental em um parque de energia solar no Piauí. **Revista de Direito da Cidade**, v. 13, n. 1, 2021.

BITTENCOURT, R.; PEREIRA, H. B. de B.; MORET, M. A.; DA CUNHA LIMA, I. C.; GALAM, S. A Novel Evaluation of Income Class Boundaries Using Inflection Points of Probability Density Functions: A Case Study of Brazil. **Entropy**, v. 27, n. 2, 2025.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil:** promulgada em 5 de outubro de 1988. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 1990.

BURSZTYN, M. Energia solar e desenvolvimento sustentavel no Semiarido: O desafio da integracao de politicas publicas. **Estudos Avancados**, v. 34, n. 98, p. 167–186, 2020.

CAMPANHOLO, T. R. **Metodologia para Estimativa das Emissões Evitadas de Gases de Efeito Estufa na Geração de Energia Elétrica a partir do Hidrogênio Eletrolítico obtido através da Energia Vertida Turbinável**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

COUSSE, J. Still in love with solar energy? Installation size, affect, and the social acceptance of renewable energy technologies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 145, 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CRESESB. CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica. Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=sundata. Acesso em: 4 jan. 2026.

DIAS, R. O papel das energias renováveis no cumprimento dos ods: oportunidades e desafios. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, n. 1, p. 1–20, 2024.

EPE. **Dados Abertos Dados Abertos**. Brasilia: EPE, 2025. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/dados-abertos. Acesso em: 13 abr. 2025.

GONÇALVES, L. de A.; FARIA, L.; MANNICH, M.; COELHO, M.; RIGOTTI, J. A.; BLENINGER, T.; VITULE, J. R. S. A Systematic Review of Floating Photovoltaic Plant Environmental Impacts. **Journal of Sustainable Development**, v. 18, n. 1, p. 94, 2025.

GÜRE, P. D.; ZIRH, B. C.; ERDIL, E.; TOPAL, Y. E.; YAZICI, E.; İPEK, E.; DEVECI, A.; SARI, R. A systematic review of socio-economic impact assessments of solar energy and photovoltaic (PV) technologies: network dynamics, societal problems and policy implications. **Innovation: The European Journal of Social Science Research**, p. 1–32, 2025.

HARTONO, D.; HASTUTI, S. H.; HALIMATUSSADIAH, A.; SARASWATI, A.; MITA, A. F.; INDRIANI, V. Comparing the impacts of fossil and renewable energy investments in Indonesia: A simple general equilibrium analysis. **Heliyon**, v. 6, n. 6, 2020.

HEIDEIER, R.; BAJAY, S. V.; JANNUZZI, G. M.; GOMES, R. D. M.; GUANAIS, L.; RIBEIRO, I.; PACCOLA, A. Impacts of photovoltaic distributed generation and energy efficiency measures on the electricity market of three representative Brazilian distribution utilities. **Energy for Sustainable Development**, v. 54, p. 60–71, 2020.

HENNINK, M.; KAISER, B. N. Sample sizes for saturation in qualitative research: A systematic review of empirical tests. **Social Science & Medicine**, v. 292, p. 114523, 1 jan. 2022.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2022.** Rio de Janeiro: IBGE, 2023.

IEA. International Energy Agency. **Snapshot of Global PV Markets 2023 - Task 1 Strategic PV Analysis and Outreach PVPS**. [S. l.]: IEA, 2023. Disponível em: www.iea-pvps.org. Acesso em: 9 jul. 2023.

KIBAARA, S.; KARWERU, M. Developing a Techno-Economic Modelling Tool for Small scale Utility Solar PV Technology for Quantifyting Environmental Impacts. **IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON)**, p. 1–6, 2022.

LEE, H. J.; HUH, S. Y.; YOO, S. H. Social preferences for small-scale solar photovoltaic power plants in South Korea: A choice experiment study. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 10, 2018.

LIMA, M. A.; MENDES, L. F. R.; MOTHÉ, G. A.; LINHARES, F. G.; DE CASTRO, M. P. P.; DA SILVA, M. G.; STHEL, M. S. Renewable energy in reducing greenhouse gas emissions: Reaching the goals of the Paris agreement in Brazil. **Environmental Development**, v. 33, 2020.

LIRA, M. A. T.; MELO, M. L. da S.; RODRIGUES, L. M.; SOUZA, T. R. M. de. Contribution of photovoltaic systems connected to the electrical network for reducing CO_2 in the state of Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 3, p. 389–397, 2019.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

MAYER, M. J.; SZILÁGYI, A.; GRÓF, G. Ecodesign of ground-mounted photovoltaic power plants: Economic and environmental multi-objective optimization. **Journal of Cleaner Production**, v. 278, 2021.

MCTI. **Fator médio - Inventários corporativos**. Brasília: MCTI, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao. Acesso em: 13 mar. 2025.

MELE, M.; GURRIERI, A. R.; MORELLI, G.; MAGAZZINO, C. Nature and climate change effects on economic growth: an LSTM experiment on renewable energy resources. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 30, p. 41127–41134, 2021.

MORAIS, F. H. M. de; LIRA, M. A. T.; LOPES, W. G. R. Solar and groundwater resources assessment for the installation of photovoltaic pumping systems in the state of Piauí, Brazil. **Groundwater for Sustainable Development**, v. 29, p. 101443, 2025.

PALMA, A. A.; LESSA, C. L. A. IMPLANTAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS EM SISTEMAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 3, n. 12, p. 1–19, 2022.

PATEL, S.; RAO, K. V. S. Social acceptance of solar energy technology in India. **2016 International Conference on Energy Efficient Technologies for Sustainability, ICEETS 2016**, p. 142–147, 2016.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2. ed. São Jose dos Campos: Universidade Federal de São Paulo, 2017.

PNUD BRASIL. **IDHM Municípios 2010 | United Nations Development Programme**. Disponível em: https://www.undp.org/pt/brazil/idhm-municipios-2010. Acesso em: 7 out. 2025.

RANA, R. L.; LOMBARDI, M.; GIUNGATO, P.; TRICASE, C. Trends in scientific literature on energy return ratio of renewable energy sources for supporting policymakers. **Administrative Sciences**, v. 10, n. 2, 2020.

RAVILLA, A.; SHIRKEY, G.; CHEN, J.; JARCHOW, M.; STARY, O.; CELIK, I. Techno-economic and life cycle assessment of agrivoltaic system (AVS) designs. **Science of The Total Environment**, v. 912, p. 169274, 2024

SACCARDO, R. R.; DOMINGUES, A. M.; BATTISTELLE, R. A. G.; BEZERRA, B. S.; SIQUEIRA, R. M.; NETO, J. B. S. dos S. Investment in photovoltaic energy: An attempt to frame Brazil within the 2030 passage target of the Paris agreement. **Cleaner Energy Systems**, v. 5, p. 100070, 2023.

SANTOS, W. C. dos; FIGUEIRA, R. G.; FLORIAN, F. ENERGIA SOLAR E SEUS IMPACTOS EM PROJETO FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE APÓS A LEI 14.300/22. **RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar**, v. 5, n. 5, p. 1–14, 2024.

SOUSA, D. L.; LIRA, M. A. T.; MORAES, A. M. de. IMPACTO DA PPP DAS MINIUSINAS DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA DO ESTADO DO PIAUÍ NA SEDUC. **ARACÊ**, v. 7, n. 12, p. 1–21, 2025.

SOUSA, D. L.; LIRA, M. A. T.; MORAES, A. M. de. PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS (PPPs) NO AVANÇO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL. *In:* **Anais do X Congresso Brasileiro de Energia Solar - X CBENS**, 2024.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

SOUSA, D. L.; SILVA, O. A. V. de O. L. da; MORAIS, F. H. M. de; LIRA, M. A. T.; MORAES, A. M. de; ALVES, D. R. da S. Economic feasibility of distributed generation for Brazilian households: influence of the new legal framework. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 58, n. 1, p. 134–144, 2023.

SUPARC. **Miniusinas de Energia Solar**. Teresina: SUPARC, 2026. Disponível em: http://www.ppp.pi.gov.br/pppteste/index.php/projetos/estudo-de-viabilidade/miniusinas-de-energia-solar. Acesso em: 4 jan. 2026.

SUURONEN, A.; LENSU, A.; KUITUNEN, M.; ANDRADE-ALVEAR, R.; CELIS, N. G.; MIRANDA, M.; PEREZ, M.; KUKKONEN, J. V. K. Optimization of photovoltaic solar power plant locations in northern Chile. **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 24, 2017.

TAKEDA, S.; KEELEY, A. R.; SAKURAI, S.; MANAGI, S.; NORRIS, C. B. Are renewables as friendly to humans as to the environment?: A social life cycle assessment of renewable electricity. **Sustainability (Switzerland)**, v. 11, n. 5, 2019.

TERRAPON-PFAFF, J.; FINK, T.; VIEBAHN, P.; JAMEA, E. M. Social impacts of large-scale solar thermal power plants: Assessment results for the NOORO I power plant in Morocco. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 113, 2019.

TIMILSINA, G. R. The economics of deploying distributed solar photovoltaics in developing countries: Some insights from an analysis for Bangladesh. **Energy for Sustainable Development**, v. 70, p. 247–258, 2022.

XUE, Y.; LINDKVIST, C. M.; TEMELJOTOV-SALAJ, A. Barriers and potential solutions to the diffusion of solar photovoltaics from the public-private-people partnership perspective – Case study of Norway. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 137, 2021.

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.