

ENERGIA SOLAR NO SEMIÁRIDO NORDESTINO: IMPACTOS ECONÔMICOS, TERRITORIAIS E AMBIENTAIS

Allef Lopes Freire de Souza

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte | allefanki@gmail.com

Jeisla Larissa de Oliveira

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte | lolaraoliveira2030@gmail.com

José Elesbão de Almeida

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte | elesbaoalmeida@uern.br

Sessão Temática 03: Desenvolvimento regional: políticas, escalas e ações.

Resumo: Frente aos problemas ambientais que o planeta vivencia, algumas medidas estão sendo tomadas na tentativa de interromper o andar perigoso ao qual o mundo prossegue, buscar uma fonte de energia alternativa é uma das atuais opções para a conservação ambiental. O Nordeste brasileiro constitui uma localidade propícia à implementação de energias renováveis, como por exemplo, a energia solar fotovoltaica. Diante da expansão dessa fonte energética e da carência de estudos aprofundados nessa área, esse artigo objetiva discutir sobre os impactos econômicos, territoriais e ambientais advindos da implementação da energia solar na região semiárida do país, cujo propósito é oferecer uma contribuição às lacunas existentes nessa temática. O estudo adotou por método a revisão narrativa, com o objetivo de apresentar uma perspectiva ampla e crítica sobre os impactos ligados a temática. A abordagem foi exploratória e reuniu informações bibliográficas com foco em identificar, descrever, analisar conceitos, e entender os impactos e lacunas relacionadas ao tópico apresentado.

Palavras-chave: Energia Solar Fotovoltaica; Impactos Territoriais; Impactos Socioeconômicos; Impactos Ambientais; Semiárido Nordestino.

SOLAR ENERGY IN THE NORTHEASTERN SEMIARID REGION: ECONOMIC, TERRITORIAL, AND ENVIRONMENTAL IMPACTS

Abstract: Faced with the environmental problems the planet is experiencing, a number of measures are being taken in an attempt to halt the dangerous course the world is on, and looking for an alternative energy source is one of the current options for environmental conservation. The Brazilian Northeast is a favorable location for the implementation of renewable energies, such as photovoltaic solar energy. Given the expansion of this energy source and the lack of in-depth studies in this area, this article aims to discuss the economic, territorial and environmental impacts of implementing solar energy in the semi-arid region of the country, with the aim of contributing to the existing gaps in this area. The study adopted the narrative review method, with the aim of presenting a broad and critical perspective on the impacts linked to the issue. The approach was exploratory and gathered bibliographic information with a focus on identifying, describing, analyzing concepts, and understanding the impacts and gaps related to the topic presented.

Keywords: Photovoltaic Solar Energy; Territorial Impacts; Socioeconomic Impacts; Environmental Impacts; Northeastern Semi-Arid Region.

ENERGÍA SOLAR EN EL SEMIÁRIDO DEL NORDESTE: IMPACTOS ECONÓMICOS, TERRITORIALES Y AMBIENTALES

Resumen: Ante los problemas medioambientales que sufre el planeta, se están tomando una serie de medidas para intentar frenar el peligroso rumbo que lleva el mundo, y buscar una fuente de energía alternativa es una de las opciones actuales para la conservación del medio ambiente. El nordeste de Brasil es un lugar propicio para la implantación de energías renovables, como la energía solar fotovoltaica. Dada la expansión de esta fuente de energía y la falta de estudios en profundidad en esta área, este artículo tiene como objetivo discutir los impactos económicos, territoriales y ambientales de la implementación de la energía solar en la región semiárida del país, con el fin de contribuir a las lagunas existentes en esta área. El estudio adoptó el método de revisión narrativa, con el objetivo de presentar una perspectiva amplia y crítica sobre los impactos vinculados al tema. El abordaje fue exploratorio y reunió información bibliográfica con foco en la identificación, descripción, análisis de conceptos y comprensión de los impactos y lagunas relacionados al tema presentado.

Palabras clave: Energía Solar Fotovoltaica; Impactos Territoriales; Impactos Socioeconómicos; Impactos Ambientales; Región Semiárida del Nordeste.

INTRODUÇÃO

As preocupações com o aquecimento global crescem a cada dia, e esta preocupação se justifica nas consequências das mudanças climáticas acontecendo em todos os lugares do mundo. Relatos de aumento constante de temperaturas, biomas modificados, catástrofes naturais, o planeta está reagindo aos nossos atos. Com isto cria-se as discussões sobre como frear os avanços do aquecimento global. Existem várias vertentes para se ter êxito nesta demanda, e uma delas é a questão energética.

Os líderes mundiais estabeleceram objetivos e compromissos internacionais no Acordo de Paris e a transição da utilização de combustíveis fósseis para fontes de energia renovável assume um papel fundamental na consecução desses objetivos. A adoção de energias renováveis é essencial para o cumprimento de metas climáticas internacionais, como as estabelecidas pelo Acordo de Paris, e para prevenir os impactos mais severos das mudanças climáticas (Dias, 2024, p. 6).

No cenário brasileiro atualmente destacam-se as fontes de energia renovável como a hidrelétrica; entretanto enfrentam-se vários desafios devido às secas frequentes dos últimos anos. Além disso, a geração de energia por meio dessa matriz tem impactos significativos no meio ambiente ao modificar extensas áreas de terra drasticamente, danificando os ecossistemas locais, tornando necessário questionarmos a real sustentabilidade da hidrelétrica como fonte propulsora limpa de energia. Neste contexto, a energia solar surge como uma opção mais ecológica para atender à crescente demanda por produção energética. Do interior do sertão nordestino com seu alto índice de radiação solar direta surgem oportunidades estratégicas adicionais para a região: promover o desenvolvimento territorial e socioeconômico sem comprometer o meio ambiente.

O semiárido brasileiro se destaca como um território geograficamente estratégico para as energias renováveis. Em se tratando da região nordeste do Brasil, é importante ressaltar que a mesma apresenta condições apropriadas por possuir recursos naturais em abundância, tais como: água, vento, sol e biomassa, onde a partir desses recursos é possível gerar energia (Anjos et al., 2024, p. 8). Diante do alto índice de radiação solar ao longo do ano e das extensas áreas no Nordeste consideradas não produtivas que poderiam ser estrategicamente usadas para a implementação de parques solares; essa situação coloca a energia solar como uma opção viável a ser desenvolvida na região - lidando com desafios históricos como as frequentes estiagens e as disparidades sociais e econômicas ainda presentes nesse local.

A expansão desta fonte energética tem diversas vantagens, tanto econômicas quanto ambientais.

As principais vantagens da utilização deste sistema é o fato de não consumir combustível, não poluir ou contaminar o meio ambiente, não gerar ruído, ter uma vida útil estimada em mais de 20 anos, ser resistente as adversidades

climáticas, não possuir peças móveis resultando em uma baixa necessidade de manutenção além da limpeza e a possibilidade de se aumentar a potência de geração de energia através da implementação de mais módulos (Silva e Araujo, 2022, p. 868).

No entanto, é importante também ponderar sobre os possíveis impactos negativos desta situação. As transformações na utilização do terreno, as modificações em áreas de terra com baixa produtividade e, além das alterações nos costumes das comunidades locais, são apenas alguns dos aspectos que exigem uma análise cuidadosa.

Este estudo tem como propósito abordar os impactos territoriais, socioeconômicos e ambientais, sejam eles impactos benéficos ou prejudiciais para a região em questão. Cabe ressaltar também que o estudo visa identificar as lacunas de pesquisa presentes na literatura científica brasileira. O artigo busca uma compreensão profunda dos aspectos positivos e negativos da matriz analisada, questionando se de fato a energia solar fotovoltaica é uma energia 100% limpa, renovável e ecológica. Sobre a identificação de lacunas de pesquisa, o artigo tem como objetivo preenche-las para contribuir com o avanço de estudos e políticas públicas relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Para isto utilizamos como procedimento metodológico a revisão narrativa, que consiste em um estudo de dados levantados de forma analítica qualitativa. Este método nos possibilitou uma compreensão profunda do tema, sem o esgotamento do assunto ou generalizações estatísticas.

IMPACTOS TERRITORIAIS: UMA INTRODUÇÃO À ANÁLISE SOBRE AS ALTERAÇÕES DO TERRITÓRIO, AS OPORTUNIDADES CRIADAS E AS LACUNAS IDENTIFICADAS NA LITERATURA

DEMANDA POR TERRAS E HABITATS FRAGMENTADOS

Um dos desafios territoriais da energia solar fotovoltaica é a demanda por terras para a instalação de grandes usinas. A energia eólica e fotovoltaica, requerem vasta área para sua instalação (Alves, Neto, Paiva, 2024, p. 12). Estas vastas áreas necessitam de modificações no solo, como por exemplo, a terraplanagem para a instalação das placas, e em muitos casos, as localidades que preenchem os requisitos potenciais para receberem usinas solares, possuem vegetações nativas em sua superfície, e logo precisam ser desmatadas, para que a energia solar “limpa” seja produzida.

Segundo Zarzavilla et al., (2022) as ações mais agressivas dizem respeito à presença de máquinas, a terraplanagem e o tráfego de veículos durante a construção. Enquanto na etapa de operação, ocorre a alteração e eliminação de habitats de fauna, intrusão visual e efeitos na qualidade da paisagem (Apud Lima, Neto, Abrahão, 2022, p. 1261).

Estes desmatamentos trazem impactos negativos ao meio ambiente, sobretudo ao bioma local, criando uma completa fragmentação de habitats. Extensas áreas territoriais ocupadas por painéis solares podem isolar diversas espécies de animais, impactando assim a reprodução e consequentemente, a sobrevivência. 9,7% das instalações fotovoltaicas, em construção e em operação, situadas no estado da Califórnia (EUA) são classificadas como incompatíveis, devido à implantação em habitat de espécies ameaçadas e em perigo. (Lima Neto, Abranhão, 2022, p. 1266).

Além disso, usinas fotovoltaicas podem acabar funcionando como barreiras físicas para a fauna, e propiciar a invasão de espécies exóticas. Problemas ecológicos diretos e indiretos, que podem incluir maior isolamento e invasões de espécies não nativas e o comprometimento do potencial de movimento de espécies (Lima, Neto, Abranhão, 2022, p. 1266). Tais impactos afetam diretamente o equilíbrio ecológico, especialmente em territórios como o da Caatinga, uma região que tem uma grande biodiversidade.

OPORTUNIDADES PARA O HOMEM DO CAMPO E LACUNAS ENCONTRADAS

Como fator de impacto positivo, a descentralização da produção de energia solar, pode gerar renda extra as comunidades locais, com a multifuncionalidade da terra e a pluriatividade do trabalho, sobretudo o trabalho do homem do campo. Segundo Tonneau et al., (2005) os agricultores teriam uma atividade complementar: a de “plantadores de energia”, o que significa uma extensão dos conceitos de multifuncionalidade (da terra) e de pluriatividade (dos trabalhadores) (Apud Bursztyn I, 2020, p. 179). A possibilidade de produzir e comercializar energia para o mercado reduz a dependência de trabalhos temporários fora das propriedades, uma prática recorrente entre os pequenos agricultores. Esta atividade complementar reforça a sustentabilidade econômica familiar das comunidades rurais, como também valoriza o território e promove fixação populacional, evitando a migração para os centros urbanos, e contribuindo para o desenvolvimento regional sustentável. A necessidade de buscar trabalhos temporários complementares fora das suas terras, muito comum na agricultura familiar, poderia ser compensada pela atividade de produção de energia para o mercado (Bursztyn I, 2020, p. 179).

Uma possível lacuna de estudo é a alteração da paisagem. Instalações de grandes usinas solares podem trazer certa resistência social, sobretudo em regiões do semiárido nordestino onde as comunidades locais têm fortes conexões emocionais com seus territórios. Além disso, em algumas áreas do Nordeste brasileiro, o turismo é o fator econômico predominante, e alterações paisagísticas nestas áreas trariam impactos contundentes nas atividades econômicas das comunidades, o que poderia gerar conflitos significativos.

Uma outra lacuna identificada nos estudos, é referente as zonas urbanas. As instalações de energia solar fotovoltaica enfrentariam desafios relacionados ao planejamento urbano: a instalação dos painéis em telhados de casas e edifícios, inevitavelmente requer ajustes técnicos. É necessário adequar a infraestrutura elétrica, e fazê-la ficar compatível com o novo quadro elétrico instalado, além de buscar uma área livre de sombreamento. Já no contexto regional, surge uma outra demanda: se faria necessário criar uma infraestrutura para conectar as usinas solares com as redes de transmissão, o que exigiria uma intervenção considerável no território do semiárido. Um exemplo dessa intervenção seria a construção de linhas de transmissão, que evidentemente atravessaria áreas ambientalmente sensíveis, modificando drasticamente o ambiente, ou no pior dos casos, destruindo o bioma local.

IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS: UM BREVE RELATO SOBRE A ECONOMIA E O DESENVOLVIMENTO SOCIAL GERADOS PELA ENERGIA SOLAR NO SEMIÁRIDO

AQUECIMENTO DA ECONOMIA LOCAL E GERAÇÃO DE EMPREGOS TEMPORÁRIOS

A energia solar pode gerar impactos socioeconômicos significativos nas regiões onde é expandida. O semiárido nordestino por sua vez, é conhecido pelas históricas condições climáticas desafiadoras e pela sua vulnerabilidade econômica. O meio socioeconômico é o segmento sobre o qual incide a maior quantidade de impactos face às atividades e etapas atreladas aos empreendimentos de geração de eletricidade fotovoltaica no Nordeste do Brasil (Lima, Neto, Abranhão. 2022, p. 1269). O dinamismo dos investimentos na matriz elétrica solar gera nos setores de comércio e serviços um forte aquecimento, gerando emprego e renda tanto nas cidades onde são instaladas as usinas, como também nas cidades próximas, gerando um movimento flutuante por conta da alta demanda de produtos e serviços.

Os estudos ambientais analisados apontaram para o aquecimento da economia local e regional durante a fase de implantação dos empreendimentos fotovoltaicos como sendo o principal ganho socioeconômico, gerando dinamização econômica no comércio e no setor de serviço local, especialmente a partir da população flutuante que as cidades recebem (Lima, Neto, Abranhão, 2022, p. 1271).

Além disso, a movimentação de trabalhadores que atuariam nas instalações das usinas representaria uma fonte temporária, porém relevante da geração de renda local. Economicamente a mobilização de trabalhadores para atuar nas instalações fotovoltaicas gera renda no período da construção (Brito, Teixeira, Souza, 2023, p. 15673). Vale destacar

que o período da construção de usinas, bem como da instalação de placas residenciais, gera empregos diretos e indiretos, o que movimenta a economia regional e local, que tem como marca o desemprego sazonal.

No Brasil, 120 mil novos empregos foram criados em 2020, com um total acumulado de 250 mil gerados desde 2012 e uma média estimada de investimentos privados na casa dos R\$ 19,7 bilhões, somando os segmentos de geração distribuída (sistemas em telhados e fachadas de edifícios) e centralizada (grandes usinas solares) (Brito, Teixeira, Souza, 2023, p. 15671).

A dinâmica de geração de renda tanto no setor de comércio como no setor de serviços, em um contexto limitado onde a geração energética é fortalecida sobretudo nas áreas rurais, ressalta o papel estratégico da energia solar nas economias locais.

PERSPECTIVAS PARA O FUTURO

Para o longo prazo, temos a indicação que a energia solar se apresenta como uma potencial solução para reduzir os custos energéticos, trazendo acessibilidade para todas as classes sociais. Mas para isto se faz necessário que a carga tarifária esteja de acordo com os princípios gerais da isonomia, e há uma expectativa que isso ocorra na próxima década. A assim chamada paridade tarifária entre a geração solar e as fontes convencionais de geração de eletricidade deverá ocorrer no Brasil na próxima década (Oliveira, Cunha, Martins, 2021, p. 171). Um excelente exemplo a ser seguido é o da Alemanha, onde o Estado incentiva a expansão da produção de energia fotovoltaica de forma eficiente e sustentável.

Vale lembrar que a Alemanha é um dos principais países que incentivam e utilizam a energia fotovoltaica, conforme destaca Rüther (2004), e instituiu tarifas diferenciadas para os edifícios solares fotovoltaicos; as concessionárias alemãs compram a energia gerada por edifícios solares a uma tarifa de US\$ 723/MWh (com tarifa garantida por 20 anos [Siemer, 2003]), o que torna o investimento atrativo. O custo deste programa de incentivo é diluído na tarifa de todos os consumidores, com impacto desprezível (Oliveira, Cunha, Martins, 2021, p. 171).

Contudo, mesmo diante dos avanços tecnológicos, a energia solar ainda enfrenta uma barreira significativa: o custo elevado de sua implementação. Embora seja visível a vantagem proporcionada pela adoção do sistema de energia fotovoltaica, como já mencionado, o custo de implantação é elevado (Oliveira, Cunha, Martins, 2021, p. 173). Para instalar um sistema fotovoltaico, o cidadão brasileiro tem que ter disponível um alto valor em dinheiro, e isso limita a acessibilidade da população de baixa renda. É essa disparidade que cria uma barreira quase que intransponível para que a energia solar atenda as necessidades da sociedade,

restringindo-a como uma “energia de ricos”. A atuação do Estado é fundamental neste sentido, para transpormos essas barreiras. Ao criar subsídios direcionados, e desenvolver políticas públicas que abranjam essa população, o Estado brasileiro estaria promovendo inclusão das mais baixas camadas na transição energética, e maximizaria os impactos socioeconômicos positivos da energia solar.

LACUNAS SOBRE OS IMPACTOS SOCIOECONÔMICOS

Um dos fatores positivos mais destacados da energia solar é a geração de empregos, principalmente na fase de instalação, seja dos painéis residenciais, como das grandes usinas. Nesta fase, é necessária uma força de trabalho diversificada, incluindo desde setores da construção civil, até técnicos diversos como especialistas em manutenção de sistemas elétricos. Porém os estudos não chegam à conclusão, e, portanto, deixam a lacuna, de como estes empregos estão sendo gerados, se estão dentro das normas da CLT, ou se são empregos informais, se o trabalhador está recebendo um preço justo sobre suas horas de trabalho, ou se está sendo explorado, e ainda, se os empresários do ramo estão cumprindo com as suas obrigações legais face aos direitos do trabalhador.

A bibliografia analisada ainda deixa a lacuna da necessidade de políticas públicas que promovam uma distribuição equitativa dos benefícios criados pela geração de energia solar. As famílias de baixa renda não podem ficar às margens desses benefícios, nem ficar de fora da transição energética se queremos sustentabilidade coletiva de fato.

IMPACTOS AMBIENTAIS: ENERGIA SOLAR E SUAS RELAÇÕES COM O MEIO AMBIENTE

PONTOS POSITIVOS E NEGATIVOS, E A INTRODUÇÃO DA RECICLAGEM DE PAINÉIS SOLARES

O mundo enfrenta uma crise ambiental, a qual avança sem perspectiva de pausa ou regressão, crescem os números de desastres naturais, aumentam as temperaturas e poluição, e todos estes fatores estão ligados a ação humana e uso desenfreado dos recursos naturais. Nos últimos anos foi possível ouvir falar sobre medidas de conservação ambiental, ainda que pouco, em uma tentativa de frear o futuro colapso do planeta, com isto, algumas áreas específicas receberam opções consideradas sustentáveis para o desenvolvimento de um produto ou serviço, como foi o caso do setor energético, hoje existem algumas opções alternativas como é o caso da energia solar fotovoltaica.

Esta fonte de energia é considerada limpa e sustentável uma vez que tem como fonte o sol, e de acordo com Villalva e Gazoli (2012), o sol é a principal fonte de energia do nosso planeta.

A superfície da Terra recebe atualmente uma quantidade de energia solar, nas formas de luz e calor, suficiente para suprir milhares de vezes as necessidades mundiais durante o mesmo período (Silva e Araújo, 2022, p. 2657). Bem como, não emite Gases de Efeito Estufa (GEE), conforme afirmação da *Brito, Teixeira e Souza*. os recursos energéticos provenientes do sol atuam competitivamente frente a um mercado com tendências sustentáveis, uma vez que não emitem poluentes nem gases de efeito estufa (GEE) (*Brito, Teixeira, Souza, 2023, p. 15674*).

Considerada eficiente conforme assunto da revista GeSec, onde é dito que a energia solar foi vista por muito tempo como uma escolha ambientalmente responsável, e tem sido considerada pelas empresas como uma escolha fiscal inteligente, pois as companhias provaram a viabilidade da energia solar, mostrando que se trata da geração de energia de baixo custo em larga escala como discute Maia (2018) (Rossi et al. 2024, p. 1554).

Uma outra vertente, ainda pouco propagada, mostra o lado adverso da energia solar fotovoltaica em relação a sua fama de ser limpa e renovável, pois bem, para a produção desse tipo de energia é necessário a implantação de placas receptoras, conhecidas por placas solares, de acordo com Ribeiro, Braga, Rezende, (2022) estas têm como matéria prima o silício um recurso natural que, ainda que abundante na terra, não é renovável, além disso a inalação da poeira do silício causa em humanos uma doença pulmonar gravíssima.

Outro ponto é o fato de que a demanda por placas solares pode aumentar a extração da matéria prima, o que degrada o solo, trazendo mais prejuízos ambientais, as placas possuem vida útil limitada, podendo, posteriormente passar por um processo de reciclagem, porém a energia solar se tratar de uma novidade no mercado, e pouco é falado nesse processo de reaproveitamento.

Para compreendermos o valor da reciclagem para além dos benefícios ambientais, é necessário entender a composição de uma placa fotovoltaica e quais os materiais passíveis de reciclagem, para enfim visualizarmos, em números, as vantagens econômicas desse processo, uma vez que é possível reciclar cerca de 95% de todo o seu material. Uma placa policristalina de 72 células tem cerca de 23kg. O material com peso predominante é o vidro que corresponde por cerca de 74% do peso total. Polímeros plástico são 11% do peso, alumínio são 10%, silício são 3% e ainda há em um painel:cobre (Cu), prata (Ag), estanho (Sn), zinco (Zn) e chumbo (Pb), com menos de 1% cada. São 2,3 gramas de prata, 131 gramas de cobre e 2,37 quilos de alumínio. Materiais nobres com alto valor no mercado. Prata é cotada por R\$

3,06/grama, cobre R\$22/kg e alumínio R\$4/kg em maio de 2020 (Guimarães et al., 2021, p. 59935 e 59936).

Diversas espécies de animais são enternecidas pela geração desse tipo de energia, ao analisar o impacto direto sobre a fauna, são estimados entre 16.200 e 59.400 fatalidades de aves por ano nas instalações de usinas fotovoltaicas somente no sul da Califórnia (EUA) (Lima, Neto, Abranhão, 2022, p. 1268). O exemplo das aves constitui apenas um dentre muitos outros casos.

LACUNAS DEIXADAS PELA LITERATURA SOBRE A ENERGIA SOLAR E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Um fator frequentemente negligenciado é os impactos da mineração do silício no território. O silício é a matéria prima para a fabricação dos painéis solares. No Brasil, temos uma grande reserva de quartzo, entretanto importamos o silício refinado. A exploração do quartzo nas mineradoras tem como características a manipulação do solo de forma abusiva, podendo poluir a água, e poluir o ar com a emissão de gases que ocorrem no processo de refinamento do silício. Além disso, as minas costumam galgar grandes áreas do território, o que traz graves consequências ao bioma local. Estes impactos trazem implicações não apenas locais, mas regionais, chegando a afetar diretamente as comunidades próximas das zonas de mineração, mesmo estas não sendo dependentes dessa atividade econômica. Outra lacuna deixada pela literatura são os impactos associados ao ciclo de vida dos painéis. Desde a produção, o transporte, até o descarte dos painéis trazem impactos ambientais severos, quase sempre não mencionados. A falta de políticas claras e efetivas para o descarte e reciclagem dos equipamentos é um risco ambiental grave, principalmente se considerarmos a região do semiárido, que é uma região muito vulnerável. E finalmente chegamos a um fator ambiental importantíssimo que é deixado como lacuna de estudo: o consumo da água. Os painéis solares têm a necessidade de limpezas frequentes, e no semiárido, onde a água é escassa, o uso desse recurso hídrico para a manutenção de grandes usinas pode gerar conflitos com outras atividades, como por exemplo, a agricultura familiar. Além disto, pode contribuir com o desabastecimento de água para as comunidades locais. Discutir e estudar métodos de manutenção alternativos sem o uso de água é essencial para estudos futuros.

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O estudo foi elaborado através de uma revisão bibliográfica narrativa, e teve como objetivo analisar os impactos territoriais, socioeconômicos e ambientais da implementação da energia solar fotovoltaica no semiárido nordestino. Além disso, o estudo buscou também identificar lacunas de estudo deixadas pela literatura científica atual. Este tipo de método permite uma ampla descrição sobre o assunto, mas não chega a esgotar todas as fontes de informação, tendo em vista que sua realização é feita por busca e análise sistemática de dados. Sua importância está na rápida atualização dos estudos sobre a temática escolhida (Cavalcante e Oliveira, 2020).

A pesquisa baseou-se em artigos científicos publicados em fontes como SciELO, Google Acadêmico e CAPES Periódicos, e foi utilizado os descritores “Energia Solar”, “Impactos Territoriais”, “Impactos Socioeconômicos”, “Impactos Ambientais” e “Semiárido Nordeste”. O foco do estudo foram publicações recentes dos últimos 5 anos. Seleccionamos os estudos que se apresentaram coesos com a descrição da problemática de pesquisa, sendo analisado inicialmente os títulos e os resumos para posteriormente a leitura dos artigos. Identificamos 21 estudos, entre os quais existem métodos distintos de pesquisa.

Os dados qualitativos encontrados foram analisados de forma sistemática, buscando sempre uma sintetização dos principais resultados propostos nos estudos da literatura. Buscamos também fazer uma correlação dos resultados encontrados com o contexto específico do semiárido nordestino. Esta abordagem permitiu compreendermos as potencialidades e desafios que estão presentes quando se fala de expansão da energia solar no semiárido, ressaltando a necessidade de um planejamento territorial sustentável e de políticas públicas inclusivas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o progresso das preocupações sobre as condições climáticas atuais e futuras, a transição energética se tornou um ponto chave entre as nações que integram o globo terrestre, com o objetivo de mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Em razão dessa busca por sistemas energéticos cada vez mais centrados em uma base renovável, a literatura discute sobre uma transição sociotécnica, a qual diz respeito a mudanças em um sistema numa perspectiva social e tecnológica. A transição num sistema sociotécnico de uma sociedade perpassa por dimensões político- governamental, social e empresarial (Teixeira et al., 2024, p. 7).

O semiárido nordestino apresenta-se como uma região geograficamente estratégica para o desenvolvimento da energia solar, uma fonte energética mais sustentável e que pode trazer uma pluralidade de benefícios para as comunidades locais. Alguns estados do Nordeste já se destacam no país pela produção eólica. A região Nordeste é o maior destaque do país disparadamente, especialmente os estados do Rio Grande do Norte, Bahia, Ceará e Sergipe. (Araujo et al., 2022, p. 3).

Este artigo trouxe a constatação de que a implementação de usinas solares pode promover impactos positivos no semiárido. A exemplo disto, a demanda por mão obra diversificada, especialmente na fase de instalação das usinas, quando se geram vários empregos nos mais diversos setores, o que aquece a economia local, bem como aquece a economia das cidades vizinhas que disponibilizam mão de obra. Concluiu-se ainda que a energia solar pode ajudar a mitigar o êxodo rural, uma vez que sua implementação pode diversificar as atividades econômicas do homem do campo, que deixa de ser um comprador de energia e passa a ser um vendedor do excedente energético produzido em suas terras. Esta diversificação é crucial para o desenvolvimento das atividades econômicas rurais no semiárido nordestino.

Contudo, foram identificadas lacunas. A geração de emprego e renda é muito mencionada nos estudos, que falam dos pontos positivos e das dinâmicas desses empregos, que podem ser temporários ou fixos, que há o aumento de movimentação financeira nas regiões onde estão sendo feitos os investimentos das usinas solares, bem como as instalações de painéis residenciais. Porém, os estudos não sinalizam sobre a qualidade dos empregos gerados! Se faz necessário observar se estes empregos estão sendo gerados sob o crivo das leis trabalhistas, se estão seguindo as normas da CLT, se as empresas investidoras estão cumprindo com suas obrigações legais trabalhistas, se o salário está sendo justo, e o trabalhador valorizado. Uma outra lacuna identificada faz referencia ao alto custo aquisitivo dos painéis solares. Se queremos de fato uma transição energética justa, democrática e inclusiva, se faz necessário estudarmos como o cidadão de baixa renda pode adquirir um sistema residencial fotovoltaico uma vez que o alto custo o impede de obter essa tecnologia em sua casa.

Podemos analisar que a alta na procura de energias renováveis, com enfoque para a energia solar, apesar de possuir um preço mais elevado, se dá por sua grande flexibilidade, confiabilidade e por sua contribuição para que o meio ambiente sofra menos com a poluição, atuando como vetor de preservação do equilíbrio ambiental e disseminador de inclusão social, por ter a capacidade de chegar a localidades remotas e de difíceis acessos (Gélío e César, 2021, p. 6).

O estudo também trouxe luz a uma alternativa importante sobre o descarte das placas solares: a reciclagem, que além de ser sustentável, também é lucrativa, e evita a escassez da matéria prima. A gestão adequada do fim da vida (ou seja, recondicionamento, reutilização ou reciclagem) dessa tecnologia é necessária, não apenas para mitigar os problemas ambientais, mas também para evitar a escassez de materiais críticos (Santos, Brito, Shibao, 2021, p. 295).

Conclui-se diante de todos os dados estudados que a energia solar, apesar de ter alguns impactos negativos ao meio ambiente, ainda é uma fonte energética menos poluente que as outras. E em se tratando de semiárido nordestino, esta matriz apresenta um grande potencial transformador. Contudo, sua efetuação como matriz energética requer uma ação forte do poder público. O planejamento territorial, as estratégias estruturais, os cuidados com o meio ambiente, a inclusão das populações carentes, a observação sob a luz da lei na questão dos empregos gerados, tudo isto são atuações do Estado indispensáveis para uma promoção sustentável da energia solar. As barreiras existentes hoje são absolutamente transponíveis, e os estudos futuros devem aprofundar a análise destas lacunas identificadas, para que possamos ter a garantia de que a transição energética no Brasil seja verdadeiramente inclusiva, sustentável e justa.

REFERÊNCIAS

ALVES, Jaor; NETO, JT de C.; PAIVA, Fap de. Balanço da matriz elétrica com ênfase na participação das fontes de energias renováveis. **Holos**. Natal, v. 40, n. 1, p. 1-21, 2024.

ANJOS, Kethlen Cristina Diniz dos, et al. Energias renováveis no nordeste brasileiro: desafios e oportunidades. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais, V.17, n.6, p. 01-19, 2024.

ARAÚJO, Raiane Sodré de et al. Fontes de energias renováveis: pesquisas, tendências e perspectivas sobre as práticas sustentáveis. **Research, Society and Development**. V. 11, n. 11, e468111133893, 2022.

BEZERRA, Alex Bizarria; BASTOS, Adriana Teixeira; BIZARRIA Fabiana Pinto de Almeida. Energia solar fotovoltaica e desenvolvimento sustentável no estado do Ceara: identificando categorias de análise. **AOS - Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**. BelémBR, v.10, n.1, jan/jun. 2021, p. 180-202.

BRITO, Everton Sáigon Medeiros de; TEIXEIRA, Telma Cristina Silva; SOUZA, Frank Pavan de. As potencialidades e os limites da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**. São José dos Pinhais, v. 16, n. 9, p. 15663-15680, 2023.

BURSZTYN, Marcel. Energia solar e desenvolvimento sustentável no Semiárido: o desafio da integração de políticas públicas. **Estudos Avançados**. V. 34, n. 98, p. 167-191, 2020.

CABRAL, Flávio Garcia; JAQUES, Abner da Silva. Repercussão jurídica e sustentável do uso de energia solar fotovoltaica em propriedades rurais. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**. Vol. 14 | n. 1 | janeiro/abril 2023.

CAVALCANTE, Livia Teixeira Canuto e OLIVEIRA, Adélia Augusta Souto de Métodos de revisão bibliográfica nos estudos científicos. **Psicol. rev.** (Belo Horizonte) [online]. 2020, vol.26, n.1, pp.83-102.

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

GÉLIO, Lucas Gomes; CÉSAR Francisco Ignácio Giocondo. Energia solar: um estudo sobre o futuro da geração de energia elétrica. **Revista Científica Acertte**. V.1, n.5, 2021.

GUIMARÃES, Emerson Carlos; LEMES, Thales Divino Vilela da Silva; COSTA, William Henrique Andrade; DOS REIS, Alan Kardec Candido. Energia solar paradigmas e geração de resíduos. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v.7, n.6, p. 59923-59940 jun. 2021.

LIMA, Paulo de Tarso Dantas; NETO, Manoel Mariano; ABRAHÃO Raphael. Análise dos processos de avaliação de impacto ambiental em usinas fotovoltaicas no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**. V.15, n.03 (2022), pp 1260-1273.

LOURENÇO, Kaio Matheus Souza; BRAGA, Francisco Laercio Pereira; LOPES, Matheus Chaves; SILVA, Bruno Queiroz da. Investimento em energias renováveis e seus efeitos sobre o PIB brasileiro (2002 - 2020). **Gestão e Desenvolvimento em Revista**. V. 9, N. 2, jul dez/2023, p. 04-22.

OLIVEIRA, Bruno Bastos de; CUNHA, Belinda Pereira da; MARTINS, Solange. A aplicação de tecnologias limpas para o desenvolvimento urbano sustentável através da implantação de energia fotovoltaica. **Direito e Desenvolvimento**. João Pessoa, v. 12, n. 1, p. 158-179, jan./jun. 2021.

OLIVEIRA, Jéssica Rayane Hernandez de. Energia solar fotovoltaica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação- REASE**. São Paulo, v.9.n.03. mar. 2023.

RIBEIRO, Patrícia de Freitas Reis Vilela; BRAGA Ricardo Fabel; REZENDE Elcio Nacur. A importância da energia solar no desenvolvimento sustentável e os rumos da política pública para incentivo a essa fonte renovável no Brasil. **Revista de Direito e Sustentabilidade**. V. 8, n. 1, p. 23 – 43.

ROSSI, Vivian Santa Lúcia; CAMARGO, Maria Emília; MOTTA, Marta Elisete Ventura; PRIESNITZ, Mariane Camargo. As energias renováveis para o desenvolvimento sustentável organizacional. **Revista de Gestão e Secretariado**. São Paulo. v.15, n 02, (2024) pp 1550-1566.

SILVA, Heitor Marques Francelino da; ARAÚJO, Francisco José Costa. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v. 3, p. 2675 – 3375.

SANTOS, Mario Roberto dos; BRITO José Luiz Romero de; SHIBAO, Fabio Ytoshi. Economia circular e a energia solar fotovoltaica. **Revista do Desenvolvimento Regional**. Faccat, Taquara/RS, v. 19, n. 1.

TEIXEIRA, Rylanneive Leonardo Pontes; DIAS, Eric Mateus Soares; SILVA, Loren Cassiane Souza; PESSOA, Zoraide Souza. Olhares sobre a expansão das energias renováveis no Rio Grande do Norte: entre conflitos, controvérsias e possibilidades. **Geographia Opportuno Tempore**. Londrina, v. 10, n. 1, e49704, 2024.

VIEIRA, Michael Raphael Soares et al. O futuro das energias renováveis e os acordos ambientais como mitigação da mudança climática e a possibilidade de compensação por emissões evitadas. **Research, Society and Development**. V. 10, n. 14, e25101421558, 2021.