

Expansão solar no Ceará: análise das emissões de licenças e implicações para o desenvolvimento energético (2022-2024)

Solar expansion in Ceará: analysis of license issuances and implications for energy development (2022-2024)

Expansión solar em Ceará: análisis de emisiones de licencias e implicaciones para el desarrollo energético (2022-2024)

DOI: 10.54901/educa.v9-526

Marilângela da Silva Sobrinho¹
Mayara Jéssica Cavalcante Freitas²
Rosane Moraes Falcão Queiroz³
Geziel dos Santos de Sousa⁴
Ademar Almeida de Sousa⁵

RESUMO: Este estudo analisa o panorama do licenciamento de empreendimentos de produção a partir de fontes solares no Ceará entre 2022 e 2024. Com o total de 369 licenças emitidas, destaca-se a Licença Ambiental por Adesão e Compromisso (LAC), que permite a localização, instalação e operação. A pesquisa, fundamentada em dados do aplicativo do órgão Ambiental (SEMACE) e entrevistas com analistas ambientais, revela que a simplificação do processo de licenciamento, que inclui a redução de etapas, a determinação em norma do tempo de análise e a digitalização dos documentos, promoveu o crescimento da atividade, com destaque para a Região do Vale do Jaguaribe, onde estão localizados alguns núcleos de desertificação. Além disso, a distribuição dos projetos está intimamente ligada à infraestrutura de energia, aos aspectos técnicos, ambientais e econômicos, assim como às políticas de incentivo. Os entraves do licenciamento incluem limitações de armazenamento dos estudos ambientais e apresentação de documentos ilegíveis ou incompletos, fatores que contribuem para a morosidade da análise do processo. Conclui-se que, embora a simplificação procedimental tenha impulsionado o setor, o aprimoramento da instrução.

Palavras-chave: solar; energia; Ceará; licenciamento ambiental; empreendimentos fotovoltaicos.

¹ Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: mari1000silva@gmail.com

² Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, Fortaleza, Brasil. E-mail: mayarajessica20@gmail.com

³ Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Superintendência Estadual do Meio Ambiente, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: sanemfq@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: gezielssousa@gmail.com

⁵ Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Superintendência Estadual do Meio Ambiente, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: ademaralmeida01@gmail.com

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento crescente das energias renováveis é uma resposta à necessidade de solução para o cenário global das mudanças climáticas (Behr *et al.*, 2024). A energia solar fotovoltaica (FV) consolidou-se nas últimas duas décadas como uma das principais fontes de geração de energia elétrica renovável do mundo. Segundo a International Renewable Energy Agency (Irena, 2023), a capacidade fotovoltaica mundial ultrapassou 1.050 GW em 2022, representando um aumento de mais de 20% em relação ao ano anterior.

Os dados mais recentes da International Energy Agency (Iea, 2024) indicam que, em 2024, a capacidade acumulada global atingiu aproximadamente 1.865 GW, consolidando a fonte solar como o segmento renovável de maior crescimento no planeta. Esse aumento é liderado pela China, que domina mais de 70% das novas instalações, seguida por Europa, Índia e Estados Unidos (Iea, 2024).

No que diz respeito ao Brasil, o crescimento de empreendimentos voltados para a geração de energia elétrica solar teve início mais expressivo a partir de 2016. De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética, o país ultrapassou 37 GW de capacidade instalada solar em 2024, dos quais cerca de 60% correspondem à geração distribuída (Epe, 2024).

No cenário nacional, o estado do Ceará se destaca na produção energética solar fotovoltaica, sendo responsável por 13,68% da capacidade instalada nacional. Este crescimento verificado ao longo de sete anos representa mais de 1.000% nos sistemas instalados (De Oliveira; Guerra, 2021). Com apenas 2 (dois) complexos, foi garantida a maior capacidade contratada de 390 MW em 2018 no leilão A-4 (Petry *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, e considerando a recorrente necessidade de compreender o panorama da solicitação de licenças para empreendimentos de energia solar no Ceará entre 2022 e 2024, analisamos seus padrões, desafios e potenciais impactos no desenvolvimento energético regional. Nesse entendimento, as questões deste artigo apontam para a necessidade de buscar respostas para as seguintes questões: Quais são as características dos empreendimentos fotovoltaicos com licença emitida no Ceará entre 2022 e 2024? Quais os principais desafios enfrentados no processo de licenciamento ambiental? E quais as implicações dessa expansão para o futuro energético do Estado?

Com base nisso, parte-se da hipótese de que a simplificação procedimental e a expansão da infraestrutura impulsionaram a emissão de licenças ambientais para fonte solar no Ceará, contudo, fragilidades na instrução documental e limitações de armazenamento nos sistemas digitais ainda atuam como gargalos na celeridade dos processos.

Justifica-se a relevância deste artigo, tendo em vista a importância da análise do processo de licenciamento ambiental como fator fundamental para a concretização de projetos de energia renovável e para o alcance de metas de transição energética, bem como o seu destaque da relevância para stakeholders como governos, empresas do setor energético, investidores e a sociedade civil.

Com esse intuito, o objetivo geral é analisar o panorama das emissões de licenças ambientais para empreendimentos de energia solar no estado do Ceará entre os anos de 2022 e 2024, identificando suas características, desafios e potenciais implicações para o desenvolvimento energético regional. Os objetivos específicos são: (i) mapear e classificar os empreendimentos de energia solar com licença emitida no Ceará no período analisado, considerando tipologia e localização; (ii) identificar e analisar os principais desafios e entraves encontrados no processo de licenciamento ambiental e regulatório desses empreendimentos; (iii) avaliar o tempo previsto de tramitação dos processos de licenciamento e os fatores que influenciam sua duração; e (iv) investigar a distribuição geográfica dos empreendimentos e sua relação com a infraestrutura existente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O enquadramento teórico deste estudo situa teoricamente a investigação, define os conceitos centrais e compila de forma abrangente teorias, modelos e estudos anteriores relacionados com a adoção de políticas para o desenvolvimento da energia solar e o licenciamento de empreendimentos fotovoltaicos.

A rápida difusão da energia solar tem levado diversos países a adotar políticas de estímulo, por meio da combinação de mecanismos regulatórios, financeiros e fiscais. Com o intuito de sintetizar as principais estratégias adotadas em diferentes contextos internacionais, bem como no Brasil, apresenta-se a seguir as políticas públicas voltadas ao desenvolvimento da energia solar (Quadro 1).

Quadro 1. Principais instrumentos de política e incentivos para a energia solar

Instrumento de Política	Finalidade	Referência
<i>Feed-in Tariffs (FITs)</i>	Garantem preço fixo pela energia gerada injetada na rede, por um período determinado	<i>International Energy Agency</i> (2023)
Leilões de energia	Selecionam projetos por meio de concorrência pública, com base no menor preço ofertado	Irena (2021)
Créditos fiscais e incentivos financeiros	Reduzem o custo de investimento	<i>United States Department of Energy</i> (2022)
<i>Net metering</i> (compensação)	Permite que consumidores-geradores injetem excedentes na rede e recebam créditos	Aneel (2015)
Políticas industriais	Oferecem isenções, financiamentos e incentivos à produção local de equipamentos e P&D	<i>Bmwk</i> (2023)

Fonte: Autores, 2025.

Com base no Quadro 2, observa-se que, embora os instrumentos adotados variem conforme o contexto institucional e o estágio de maturidade do setor, todos os países analisados utilizaram combinações de políticas regulatórias, fiscais e de mercado para acelerar a adoção da energia solar.

Quadro 2. Políticas e incentivos para o desenvolvimento da energia solar: experiências internacionais e o caso brasileiro

País	Instrumentos de Incentivo	Referência
Alemanha	FITs (Lei EEG), depois leilões e ajustes periódicos	<i>Bmwk</i> (2023); <i>Iea</i> (2023)
Estados Unidos	<i>Investment Tax Credit</i> (ITC), regras estaduais de net metering e incentivos locais	<i>United States Congress</i> (2022); <i>Iea</i> (2023)
China	Subsídios, apoio industrial massivo e transição para leilões	<i>China National Energy Administration</i> (2023); <i>Iea</i> (2023)
Brasil	Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012 e nº 687/2015, incentivos fiscais e linhas de financiamento específicas	Aneel (2015); <i>Iea</i> (2023)

Fonte: Autores, 2025.

No contexto do Ceará, destacam-se diversos fatores favoráveis à implantação da energia solar fotovoltaica. O estado possui potencial solar elevado e alta incidência solar durante todo o ano, tornando-o um dos mais promissores do Brasil para geração de energia elétrica através da energia fotovoltaica (Leal *et al.*, 2025). A energia solar é estratégica para o crescimento econômico do Ceará, com potencial para redução de custos operacionais e atração de investimentos, embora o alto custo inicial ainda seja um desafio para empresas e residências (Schein *et al.*, 2019). Ademais, políticas governamentais, como leilões de energia e

regulamentações específicas, têm impulsionado a expansão da energia solar, contribuindo para a diversificação da matriz energética e a redução de emissões (Schein *et al.*, 2019; Frate e Brannstrom, 2017).

Para acompanhar esse crescimento, foi necessário adotar medidas específicas, tais como: definir normas para o licenciamento de atividades do setor solar fotovoltaico. Essas normas estão relacionadas com a simplificação dos procedimentos administrativos, com destaque para os empreendimentos que participarão de leilão; a definição dos trâmites do licenciamento (Ramos *et al.*, 2022); e a digitalização e melhorias do sistema de informática (Sobrinho *et al.*, 2022). A análise destes marcos teóricos e regulatórios permite a identificação de lacunas e pontos de consenso, orientando a definição dos procedimentos metodológicos e a interpretação dos resultados do presente estudo.

3 METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se por uma abordagem quali-quantitativa, combinando métodos exploratórios, descritivos e analíticos para mapear, caracterizar e compreender os desafios relacionados aos empreendimentos de energia solar fotovoltaica no Ceará entre 2022 e 2024.

O levantamento quantitativo dos processos de licenças emitidas, referentes à atividade de produção energética de fonte solar fotovoltaica, foi realizado através de pesquisa junto ao aplicativo Semace Mobile, endereço eletrônico: <https://mobile.semace.ce.gov.br/>. O aplicativo dispõe de várias informações e serviços para o utilizador. Para esta pesquisa, selecionou-se a opção “Consulta de Processos de Licenciamento”. Nesta opção, é possível pesquisar o quantitativo de processos relacionados ao licenciamento ambiental, considerando os seguintes aspectos: tipologia de atividade, tipo de licença, município, potência instalada, data do requerimento e emissão da licença. Em seguida, foi utilizada a opção de busca avançada, com os seguintes filtros: tipologia de atividade, tipo de licença e período. Após a inserção dos filtros desejados, a busca foi realizada e deu-se início à criação de uma planilha Excel. A partir dos dados levantados, foram elaboradas uma tabela e figura.

4 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Os resultados revelam um total de 369 empreendimentos licenciados, distribuídos pelas tipologias conforme a Tabela 1. As licenças emitidas tiveram o maior número em 2022 (153), apresentaram decréscimo em 2023 (91) e voltaram a crescer em 2024 (125). O Ceará tem 184

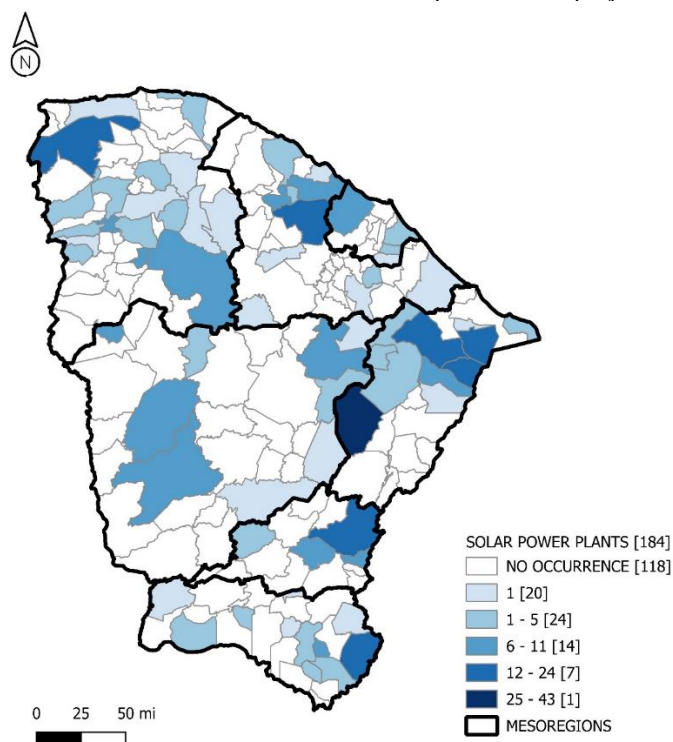
municípios, e as licenças emitidas estão concentradas em 66 municípios cearenses, localizados em áreas metropolitanas, próximas ao litoral e ao sertão (Figura 1). O mapa ilustra os intervalos das licenças emitidas por município cearense.

Table 1. Quantity by type of licenses issued per year

License Type	Year of issue			Total
	2022	2023	2024	
LP	36	9	6	51
LI	45	17	52	114
LO	8	7	19	34
LIO	7	0	3	10
LAU	1	5	8	14
LAC	45	52	36	133
LIAM	2	0	0	2
RENLP	1	0	0	1
RENLO	8	0	0	8
REGLAU	0	1	0	1
RENLAC	0	0	1	1
Total	153	91	125	369

Fonte: Autores, 2025.

Figura 1. Distribution of environmental licenses issued for photovoltaic projects in the state of Ceará



Fonte: Autores, 2025.

A região do Vale do Jaguaribe destaca-se e totalizou 114 licenças, representando 30,89% do estadual. Destacam-se os municípios de Jaguarétama (43), Jaguaruna (24), Quixeré (22 licenças). O Vale do Jaguaribe, região situada no Centro-Leste do Ceará, destaca-se com o maior número de licenças emitidas, em um intervalo de 12 a 43. Essa região é composta por planícies ribeirinhas, tabuleiros costeiros, Chapada do Apodi e áreas de Sertão. O clima predominante é semiárido, com chuvas escassas e mal distribuídas, apresentando vegetação principalmente de Caatinga, com arbustos e árvores adaptadas à seca. O relevo apresenta planícies, baixadas e algumas áreas elevadas, criando ambientes diversificados, porém caracterizados pela aridez (Ipece, 2017). A economia da região é baseada principalmente na agropecuária, com destaque para a produção de leite e a produção de frutas irrigadas (Globo, 2025).

Além disso, Jaguarétama e Morada Nova são os municípios que estão localizados nos núcleos de desertificação do Ceará. Esses núcleos são áreas com condições climáticas semiáridas e subúmidas, combinadas com a ação antrópica que intensifica a degradação ambiental e processo de desertificação (Cesário *et al.*, 2022).

Os números mais expressivos referem-se à Licença por Adesão e Compromisso (LAC), totalizando 133 emissões. Quando comparado à quantidade emitida no período de 2011 a 2021, que totaliza apenas 7 (Sobrinho *et al.*, 2022), verifica-se a maior busca por esse tipo de licenciamento. Isso possivelmente tem relação com o fato de que esse tipo de licença permite a localização, instalação e operação. Sua concessão se dá quando o empreendedor formaliza um termo de adesão e compromisso aos padrões e condições ambientais previamente definidos pelo órgão regulador. Essa tipologia é aplicável a empreendimento com área até 15 hectares ou quando a atividade for do tipo minigeração distribuída com potência menor ou igual a 3 Megawatts (MW). O prazo de validade e renovação da LAC é de três anos (Ceará, 2018).

Em segundo lugar, a Licença de Instalação (LI) ocupa a posição com 114 emissões. Isso indica uma alta taxa de novos projetos aprovados para instalação. A Licença Prévia (LP), com 51 emissões, representa o terceiro tipo mais comum. Sendo a primeira etapa do licenciamento, este valor reflete novos projetos que obtiveram a viabilidade ambiental aprovada.

A Licença de Operação (LO), com 34 emissões, indica que menos projetos licenciados chegaram à fase final de operação regular. O valor é consideravelmente menor do que os registrados pelas LI e LAC. A Licença Ambiental Única (LAU) registrou 15 emissões e a Licença de Instalação e Operação (LIO) registrou 10 emissões. Já as ampliações, renovações e regularizações (LIAM, RENLP, RENLO, REGLAU) totalizaram 12 licenças, sendo menos expressivas.

Para projetos que planejam ocupar entre 15 até 450 hectares, o licenciamento ocorre em 2 etapas (LP e LIO) e enquadra projetos de porte que varia de micro a grande. Caso o empreendimento seja maior que 450 hectares, será considerado de porte excepcional, e o processo exigirá as três etapas de licenciamento (LP, LI e LO), bem como o Estudo de Impacto Ambiental e seu respectivo relatório (EIA/RIMA) (Ceará, 2018).

Em relação à identificação e análise dos principais desafios e entraves encontrados no processo de licenciamento ambiental e regulatório desses empreendimentos, listamos: 1) limitação no armazenamento do sistema dos arquivos, especialmente para o protocolo de estudos ambientais. Com isso, os documentos precisam ser fragmentados e, quando apresentado de forma desordenada pelo requerente, a análise técnica é dificultada; 2) Apresentação de documentos ilegíveis, principalmente os mapas; 3) Apresentação de arquivos vetoriais (GIS) incompletos nos processos digitais. Esses fatores resultam em pendências e solicitações documentais por parte dos analistas, contribuindo, consequentemente, para a morosidade na análise técnica, conclusão e emissão da licença ambiental.

Numa visão mais ampla, os entraves nacionais estão relacionados à ausência de diretrizes claras. Isso resulta em critérios desiguais e na migração de projetos para estados com exigências mais brandas, dificultando o planejamento energético. Além disso, a ausência de avaliação estratégica por meio de estudos para a expansão solar dificulta a incorporação de preocupações comunitárias e ambientais desde as etapas iniciais (Da Silva *et al.*, 2019).

Em nível global, são citadas questões com uso intensivo de terra, a perda da biodiversidade e os conflitos de uso solo (Zhang *et al.*, 2023; Tawalbeh *et al.*, 2020; Izam *et al.*, 2022). Além disso, barreiras econômicas e sociais, como o alto custo inicial, a falta de financiamento e a resistência social, dificultam a adoção, especialmente em países em desenvolvimento (Izam *et al.*, 2022; Hasan *et al.*, 2023). Há também o desafio na integração à rede elétrica (Pouran *et al.*, 2022). Junto a isso, existe a deficiência de marcos regulatórios para o gerenciamento do grande volume de resíduos fotovoltaicos previsto para 2050, com riscos a eles associados (Ghosh e Yadav, 2021; Zhang *et al.*, 2023; Rabaia *et al.*, 2022).

O tempo médio de tramitação dos 369 processos de licenciamento analisados foi de aproximadamente 95 dias para todos os portes de empreendimento. Para verificar o atendimento previsto na Resolução Coema 06/2018, que regulamenta o prazo máximo seria necessária uma análise mais detalhada e utilizando apenas o filtro da metodologia adotada não foi possível. Conforme a norma, o prazo é de 45 dias para a Licença Prévia (LP) e de 45 dias para a Licença de Instalação e Operação (LIO), contados a partir do requerimento de cada uma. Entretanto,

para empreendimentos de porte excepcional – que exigem a elaboração de EIA/RIMA e/ou a realização de audiência pública –, o prazo máximo é estendido para 12 meses.

Este enquadramento (porte micro a grande) tem relação com a área, que varia entre 15 até 450 hectares (ha). Nesses casos, é necessário apresentar um “Relatório Ambiental Simplificado”, cujas diretrizes constam na Instrução Normativa 01/2018. Este estudo é mais simples que o EIA/RIMA, pois não exige audiência pública, mas requer vistoria da área pelos técnicos, análise do estudo ambiental e proposições de planos de programas ambientais.

Caso o empreendimento tenha porte excepcional (área maior que 450 hectares) ou se enquadre em um dos requisitos ambientais do Artigo 5º da Coema 06/2018, será necessário o EIA/RIMA. Este é um estudo mais complexo, que exige audiência pública e celebração do Termo de Compromisso e Compensação Ambiental (TCCA).

Sobrinho *et al.*, (2022) listam os aspectos que favorecem o licenciamento de produção de energia solar no Ceará. Dentre eles, destacam-se as normas específicas que visam à simplificação do licenciamento. Isso colaborou para um melhor planejamento e gestão, incluindo a determinação do tempo de análise e a redução do licenciamento para duas fases, em vez de três. Outros aspectos foram: a criação de norma específica para agilizar a participação em leilões; a digitalização dos documentos; e o estímulo econômico, por meio da isenção de alguns impostos.

No que diz respeito à distribuição geográfica dos empreendimentos e à sua relação com a infraestrutura existente, a escolha da área para a implantação deve incluir a análise de alternativas locacionais. Dentre os critérios, destacam-se:

- a) A área total do terreno que será utilizada para implantação das placas;
- b) Interferências em Áreas de Preservação Permanente (APP), previstas no Código Florestal Brasileiro (Lei nº 12651/2012);
- c) Exequibilidade logística e declividade;
- d) Interferência em unidades de conservação e potenciais conflitos socioambientais;
- e) Interferência no patrimônio arqueológico e paleontológico;
- f) Viabilidade de infraestrutura elétrica, fator de capacidade e radiação solar;
- g) Potência instalada e área de reserva legal.

A escolha de áreas para energia solar no Brasil e no mundo segue padrões que convergem, priorizando radiação solar, topografia favorável, proximidade à infraestrutura, restrições ambientais, e fatores econômicos e sociais (Chiarani *et al.*, 2023; Macedo *et al.*, 2021; Azevêdo *et al.*, 2017). Além disso, incluem-se os custos do terreno e do projeto, os impactos sociais, e políticas públicas e incentivos (Wang *et al.*, 2023; Goh *et al.*, 2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou o panorama do licenciamento de empreendimentos de energia solar fotovoltaica no Ceará entre 2022 e 2024 — período no qual foram emitidas 369 licenças —, cumprindo o objetivo de caracterizar essa expansão e mapear seus principais desafios regulatórios e territoriais. A aplicação da metodologia quali-quantitativa, apoiada em dados do aplicativo SEMACE Mobile e em entrevistas com analistas ambientais, permitiu compreender a dinâmica procedimental e geográfica do setor.

Os resultados revelam um marcante processo de interiorização da matriz fotovoltaica cearense, evidenciado pela concentração de 30,89% das licenças na Região do Vale do Jaguaribe. Essa distribuição territorial promove o desenvolvimento de áreas tradicionalmente menos industrializadas, estimula a geração de emprego e renda e atrai investimentos em infraestrutura elétrica para locais afastados dos grandes centros.

Ademais, o expressivo volume de licenças de instalação tende a fomentar o surgimento de empresas locais especializadas e a atração de novos atores de mercado, impulsionando a transferência de tecnologia, a capacitação profissional e o reposicionamento do Ceará como polo de referência em energias renováveis no Nordeste.

Por outro lado, a forte presença de projetos em áreas sujeitas à desertificação alerta para a necessidade de um planejamento territorial integrado, que garanta a compatibilidade entre a geração solar e a conservação ambiental, o uso múltiplo do solo e a gestão hídrica eficiente na manutenção dos módulos. Evidencia-se, assim, que o licenciamento ambiental — quando estruturado de forma celerada e simplificada, mas tecnicamente consistente — atua como um indutor estratégico do desenvolvimento regional sustentável.

Nesse contexto, sugerem-se as seguintes diretrizes para trabalhos futuros:

- a) Impactos socioambientais no Vale do Jaguaribe: realizar estudos aprofundados sobre os impactos cumulativos da concentração de projetos solares em núcleos de desertificação, com foco em conflitos pelo uso do solo, conservação da biodiversidade e demanda hídrica;
- b) Gerenciamento de resíduos fotovoltaicos: propor modelos de logística reversa e políticas públicas para a gestão do volume de módulos descartados no Ceará, antecipando-se ao passivo ambiental projetado para as próximas décadas;
- c) Impactos econômicos e mercado de trabalho: mensurar a contribuição da cadeia solar para o PIB estadual e mapear os empregos diretos e indiretos gerados, avaliando as demandas por capacitação da mão de obra local;

- d) Sustentabilidade hídrica: avaliar o consumo de água na limpeza dos painéis em regiões semiáridas, investigar tecnologias de lavagem a seco ou de baixo consumo e analisar potenciais conflitos hídricos em períodos de escassez.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica, 2015. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. **Altera a Resolução Normativa nº 482/2012 e estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica**. Brasília: Aneel, 2015. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. 09 set. 2025. Acesso em: out.2025.
- ANEEL. Agência Nacional De Energia Elétrica, 2023. **Atlas de Energia Solar do Brasil**. Brasília, DF: Aneel, 2023. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/>. 09 set. 2025. Acesso em: out.2025.
- AZEVEDO, V.; CANDEIAS, A. & TIBA, C. (2017). Location Study of Solar Thermal Power Plant in the State of Pernambuco, Using Geoprocessing Technologies and Multiple-Criteria Analysis. **Energies**, 10, 1042. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en10071042>.
- BEHR, M. E. *et al.*, 2024. **Tendências e Desafios na Transição para Energias Renováveis**. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/256960>.
- BMWK – Federal Ministry For Economic Affairs And Climate Action, 2023. **Renewable Energy Sources Act (EEG 2023)**. Berlim: Governo Federal da Alemanha, 2023. Disponível em: <https://www.bmwk.de/>. 09 set. 2025.
- CEARÁ. SEMA - Secretaria do Meio Ambiente, Superintendência Estadual do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº 01/2018**. Estabelece procedimentos e conteúdo mínimo para estudos atrelados ao licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte solar fotovoltaica, e por fonte eólica em superfície terrestre, previstos na Resolução Coema Nº 06 de 06 de setembro de 2018 e Resolução Coema nº 07, de 06 de setembro de 2018. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/46/2019/03/Instru%C3%A7%C3%A3o-Normativa-01-de-2018-Solar-eE%C3%B3lica.pdf>.
- CEARÁ. Coema - Conselho Estadual do Meio Ambiente. (2018). **Resolução Coema n.º 06, de 06 de setembro de 2018**. Dispõe sobre a simplificação e atualização dos procedimentos, critérios e parâmetros aplicados aos processos de licenciamento e autorização ambiental no âmbito da Superintendência Estadual do Meio Ambiente- Semace para os empreendimentos de geração de energia elétrica por fonte solar no estado do Ceará. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/wpcontent/uploads/sites/46/2018/12/Resolucao-Coema-06.pdf/uploads/sites/46/2018/12/Resolucao-N-7.pdf>.
- CEZÁRIO, A. R. V. *et al.*, 2022. Núcleos de Desertificação no Estado do Ceará: Causas e Consequências Ambientais. **Encontros Universitários Da UFC**, 7(13), 1741. Disponível em: <https://periodicos.ufc.br/eu/article/view/86506>.

CHIARANI, E. *et al.*, 2023. Optimal Site Selection Using Geographical Information System (GIS) Based Multi-criteria Decision Analysis (MCDA): A Case Study To Concentrated Solar Power Plants (CSP) In Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**. Disponível em: https://doi.org/10.11137/1982-3908_2023_46_48188.

CHINA. China National Energy Administration (Nea). **China Renewable Energy Development Report 2023**. Beijing: NEA, 2023. Disponível em: <http://www.nea.gov.cn>. 09 set. 2025.

DA SILVA, G. *et al.*, 2019. Environmental licensing and energy policy regulating utility-scale solar photovoltaic installations in Brazil: status and future perspectives. **Impact Assessment and Project Appraisal**, 37, 503 - 515. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14615517.2019.1595933>.

DE OLIVEIRA, I. C.; GUERRA, F. K. de O.M. V. Geração de energia fotovoltaica no Ceará: avanços, desafios e perspectivas. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica-R4EM**, v.3, n.2, p. 38-49, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.21708/issn27635325.v3n2.a10567.2021>.

EPE. (Empresa de Pesquisa Energética) – Summary Report / Brazilian Energy Balance (2024/2025). **Relatório nacional que traz estatísticas de capacidade, geração e participação das diferentes fontes no mix elétrico brasileiro — essencial para análise do contexto nacional**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/imprensa/noticias/epe-publica-o-relatorio-sintese-do-balanco-energetico-nacional-2025>.

FRATE, C. & BRANNSTROM, C. (2017). Stakeholder subjectivities regarding barriers and drivers to the introduction of utility-scale solar photovoltaic power in Brazil. **Energy Policy**, 111, 346-352. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.09.048>.

IEA. International Energy Agency. **Renewables 2023: Analysis and forecast to 2028**. Paris: Iea, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023>.

IEA. International Energy Agency. **World Energy Outlook 2024. Paris: Iea, 2024**. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.

IPECE. Instituto De Pesquisa E Estratégia Econômica Do Ceará, 2017. **Perfil das Regiões de Planejamento: Vale do Jaguaribe – 2017**. Fortaleza, CE: Ipece, 2017. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/estatistica/perfil_regional/2017/PR_Vale_do_Jaguaribe_2017.pdf.

IRENA. International Renewable Energy Agency, 2021. **Renewable Energy Auctions: Status and Trends Beyond Price**. Abu Dhabi: Irena, 2021. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications>. Acesso em: 09 set. 2025.

IRENA. International Renewable Energy Agency, 2023. **Renewable Energy Statistics 2023**. Abu Dhabi: Irena. Disponível em: <https://www.irena.org/Publications>. Acesso em: 09 set. 2025.

IZAM, N. *et al.*, 2022. Sustainable Development Perspectives of Solar Energy Technologies with Focus on Solar Photovoltaic—A Review. **Energies**. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en15082790>.

GHOSH, S. & YADAV, R., 2021. Future of photovoltaic technologies: A comprehensive review. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 47, 101410. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101410>.

GLOBO. G1 CEARÁ. **No Vale do Jaguaribe, a força da terra transforma natureza em riqueza, 2018**. G1 – Especial Publicitário Sebrae Ceará: Inovação e Negócios, 18 jul. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/especial-publicitario/sebrae-ceara/inovacao-e-negocios/noticia/2025/07/18/no-vale-do-jaguaribe-a-forca-da-terra-transforma-natureza-em-riqueza.ghtml>.

GOH, H. *et al.*, 2022. Application of choosing by advantagesto determine the optimal site for solar power plants. **Scientific Reports**, 12. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08193-1>.

HASAN, M. *et al.*, 2023. Harnessing Solar Power: A Review of Photovoltaic Innovations, Solar Thermal Systems, and the Dawn of Energy Storage Solutions. **Energies**. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16186456>.

LEAL, J. *et al.*, 2025. Site suitability analysis for green hydrogen production using multicriteria decision-making methods: A case study in the state of Ceará, Brazil. **International Journal of Hydrogen Energy**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2024.11.427>.

MACEDO, M. *et al.*, 2021. Selection of Potential Sites for Sustainable Development of Solar Photovoltaic Plants in Northeastern Brazil Using GIS and Multi-Criteria Analysis. **The Journal of Men's Studies**, 11, 147. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jms.v11n1p147>.

PETRY, P. M. *et al.*, 2020. A expansão da energia solar fotovoltaica no Brasil e o desenvolvimento local: uma proposição de abordagem. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 9, pp. 22-43. Disponível em: https://portaldeperiodicos.animaeducacao.com.br/index.php/gestao_ambiental/article/view/9151.

POURAN, H. *et al.*, 2022. Environmental and technical impacts of floating photovoltaic plants as an emerging clean energy technology. **iScience**, 25. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105253>.

RABAIA, M.; SEMERARO, C. & OLABI, A. (2022). Recent progress towards photovoltaics' circular economy. **Journal of Cleaner Production**. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133864>.

RAMOS, T. F. de B. *et al.*, 2022. Análise dos procedimentos de licenciamento ambiental dos complexos de energia solar fotovoltaica e eólica no Ceará. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 24, p. 364-388, dez. 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.35701/rcgs.v24.858>.

SCHEIN, E. *et al.*, 2019. Estudo de implantação de energia solar em unidades produtivas de uma empresa de calçados no nordeste brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 12, p. 30327-30340, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv5n12-158>.

SOBRINHO, M. da S. *et al.*, 2022. Licenciamento ambiental de energias renováveis no Ceará. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 11, n. 14, pág. e150111435487-e150111435487, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/35487>.

TAWALBEH, M. *et al.*, 2020. Environmental impacts of solar photovoltaic systems: A critical review of recent progress and future outlook. The **Science of the total environment**, 143528. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143528>.

UNITED. UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY (DOE), 2022. **Solar Energy Technologies Office: 2022 Annual Report. Washington, D.C.: U.S. DOE**, 2022. Disponível em: <https://www.energy.gov/solar-office>.

WANG, C. *et al.*, 2023. Site Selection of Solar Power Plants Using Hybrid MCDM Models: A Case Study in Indonesia. **Energies**. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/en16104042>.

ZHANG, H. *et al.*, 2023. Green or not? Environmental challenges from photovoltaic technology. **Environmental pollution**, 121066. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.121066>.