

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE A ENGENHARIA RENOVÁVEL COM FOCO EM ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL

Edson Ricardo Ferreira Silva¹, Elton Ranieri da Silva Moura², Thayse Emanuelle
Ferreira Picanco^{1,2}, Amanda Emily Ferreira de Sousa^{1,3}, Eliane da Silva Ferreira^{1,4}

¹ Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil
(edsonricardo384@gmail.com)

² Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém, Brasil

Resumo: Este trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da energia solar fotovoltaica no Brasil. A investigação trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza exploratória e se fundamenta na realização de uma revisão narrativa da literatura. O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839, e se destaca como uma forma promissora e amplamente adotada. O Brasil, com altos índices de radiação solar, destaca-se entre os países com maior potencial para geração fotovoltaica no mundo.

Palavras-chave: Energia limpa; Sustentabilidade; Tecnologias;

INTRODUÇÃO

Ao levarmos em consideração o aumento crescente da demanda global por eletricidade, é possível observar que ocorre a intensificação das discussões em torno da transição energética e da busca por fontes alternativas de geração de energia (CASTRO et al., 2024).

É destacado ainda que, a geração elétrica possui certo predomínio quando se baseia em combustíveis fósseis, recursos não renováveis cujos impactos ambientais são significativos (RELLA 2017). Nesse cenário, os sistemas de energia solar fotovoltaica despontam como uma alternativa sustentável, eficiente e alinhada aos objetivos de desenvolvimento energético de longo prazo (MARIANO et al., 2023).

De acordo com dados da Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – ABSOLAR (2022), a matriz elétrica brasileira é majoritariamente composta por fontes renováveis: cerca de 53,2% da eletricidade é gerada por usinas hidrelétricas, 10,8% por energia eólica e 9,1% por sistemas fotovoltaicos. As demais fontes incluem gás natural (8%), biomassa e biogás (7,9%), petróleo e derivados fósseis (4,3%), além de carvão mineral, nuclear e eletricidade importada.

A energia solar fotovoltaica destaca-se por ser uma fonte limpa e renovável, que utiliza a radiação solar para produzir eletricidade por meio do efeito fotovoltaico (RELLA. 2017). Sua eficácia está diretamente relacionada à incidência solar nas diferentes regiões do planeta, sendo o Brasil um país

privilegiado nesse quesito devido à sua localização geográfica (SILVA 2014).

Segundo a Lei nº 14.300/2022, que estabelece o marco legal da micro e minigeração distribuída, esse modelo representa uma inovação no setor elétrico brasileiro ao possibilitar aos consumidores a produção da própria energia elétrica. Essa prática alia economia financeira, sustentabilidade e maior consciência socioambiental (BRASIL, 2022).

Além dos benefícios ambientais relacionados à mitigação das emissões de gases de efeito estufa, a energia solar também gerou impactos socioeconômicos relevantes. Estima-se que, em 2024, cerca de 1,4 milhão de empregos foram criados no país, com a consequente redução de aproximadamente 57 milhões de toneladas de CO₂ (N3 NEWS, 2024).

No cenário internacional, a energia solar manteve a trajetória de crescimento. Em 2024, essa fonte correspondeu a aproximadamente 6,9% da matriz elétrica global, com um crescimento anual de 29%, valor suficiente para atender à demanda energética da Índia (EL PAÍS, 2025). Tais dados indicam uma consolidação do setor solar como pilar da transição energética, especialmente em países com alta irradiação solar, como o Brasil.

O presente trabalho tem como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da energia solar fotovoltaica, como fonte alternativa de geração de energia elétrica no Brasil.



MATERIAL E MÉTODOS

A presente investigação configura-se como uma pesquisa qualitativa de natureza exploratória, cuja abordagem se fundamenta na realização de uma revisão narrativa da literatura técnico-científica acerca do tema “Energia Solar Fotovoltaica no Brasil”. O estudo buscou compreender o cenário atual da energia solar fotovoltaica no Brasil.

2.1 Etapas Metodológicas

a) Levantamento Exploratório

Inicialmente, procedeu-se a um levantamento exploratório de materiais, com o intuito de identificar publicações relevantes disponíveis em repositórios institucionais, bases científicas, portais de periódicos e sites especializados no setor energético. As palavras-chave utilizadas para a busca foram: (1) sistema solar fotovoltaico; (2) energia solar fotovoltaica no Brasil e (3) mercado de energia solar fotovoltaica.

Foram utilizadas as seguintes plataformas digitais para o levantamento inicial: Google Acadêmico (scholar.google.com.br), ScienceDirect ([sciencedirect.com](https://www.sciencedirect.com)), e mecanismos de busca convencionais ([google.com.br](https://www.google.com.br)), além de websites de instituições de referência nacional e internacional no setor de energia renovável. Incluíram-se ainda manuais técnicos, normas reguladoras, dissertações e teses de pós-graduação, além de artigos publicados em anais de eventos científicos.

b) Seleção Analítica

Em seguida, os documentos obtidos passaram por um processo de triagem analítica, com leitura seletiva dos resumos, objetivos, metodologias, resultados e conclusões. Apenas os materiais que apresentavam aderência direta ao escopo da pesquisa foram selecionados para leitura aprofundada. Considerou-se, prioritariamente, produções publicadas nos últimos dez anos, de modo a garantir a atualização e relevância do conteúdo técnico.

No caso de fontes provenientes de sites institucionais, livros ou normas técnicas, a análise concentrou-se na extração de dados e informações por meio da busca dirigida pelas palavras-chave estabelecidas na etapa anterior.

c) Sistematização e Compilação das Informações

Por fim, as informações extraídas foram organizadas e sistematizadas em eixos temáticos, com vistas à construção da discussão teórica do estudo. A sistematização compreendeu a identificação das principais tipologias de sistemas fotovoltaicos, custos de implantação e desafios logísticos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Energia solar fotovoltaica

O físico francês Edmond Becquerel, famoso pelos estudos em radioatividade, foi o responsável pela descoberta do efeito fotovoltaico em 1839, utilizava de uma célula eletroquímica para gerar diferença de potencial entre dois eletrodos, quando submetia o dispositivo a luz. Becquerel (1839). Nos anos 1880 Charles Fritts surgia com o desenvolvimento dos primeiros painéis solares instalados em um telhado na cidade de Nova Iorque, no entanto, foi somente a partir dos anos 1940 que os painéis solares utilizando junções p-n de silício vieram a se tornar viáveis para aplicação, tudo isso em função da patente e trabalhos de Russel Ohl. Em 1950 a eficiência dessas conversões já superava 5%, sendo de fundamental importância para a viabilização das comunicações via satélite (LIMA et al., 2020).

A tecnologia de energia solar fotovoltaica se destaca como uma forma promissora sendo amplamente adotada hodiernamente, o que impulsiona a busca por fontes de energia limpas e sustentáveis. Este modelo possui grande potencial pois reside na capacidade de explorar o sol, sendo este uma fonte inesgotável e altamente disponível de energia, com isso essa inovação está fundamenta na conversão direta da luz do sol em eletricidade através de células fotovoltaicas, dispositivos semicondutores criados para absorver a energia solar e em seguida transformar em uma corrente elétrica pronta para uso (SOUSA 2024).

Segundo Lima 2022 A incidência da luz solar sobre materiais semicondutores promove a excitação de elétrons, resultando na geração de corrente elétrica. Essa corrente, por sua vez, pode ser convertida e utilizada no suprimento energético de sistemas elétricos diversos, abrangendo desde residências e estabelecimentos comerciais até redes elétricas de maior escala.

Corrêa et al., (2022), afirma que pesquisas globais que envolvem assuntos a respeito de energia solar, são recentes e a partir do ano de 2011 passaram a apresentar um crescimento constante.

A seguir, apresenta-se a Tabela 1, que reúne os principais trabalhos utilizados como embasamento teórico do referencial bibliográfico, os quais fundamentam a discussão acerca da energia solar no contexto nacional e internacional.

Tabela 1. Publicações selecionadas para construção do referencial teórico sobre energia solar no Brasil.



Ano	Autor(es)	Título			
1839	BECQUEREL, Edmond.	Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires.	2020	Dantas, E. M.	Potencial solar no semiárido brasileiro: uma análise geopolítica e econômica
1883	FRITTS, Charles E.	On a new form of selenium cell, and some electrical discoveries made by its use.	2020	Lima et al.	Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia
1946	OHL, Russell S.	Light-sensitive electric device. Patente EUA n. 2,402,662. Concedida em 25 jun. 1946.	2021	Woodhouse et al.	On the Path to SunShot: The Role of Advancements in PV Module Technologies
2012	EPE	Plano decenal de expansão de energia 2021–2030	2021	MME	Relatório Luz para Todos – 2021
2012	ANEEL	Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012	2022	Kennedy, S.	Photovoltaic Module Lifespan and Reliability: Emerging Technologies
2014	Pinho; Galdino	Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos	2022	Brasil	Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022
2014	Silva, S. A.	Potencial da energia solar no Brasil e seus impactos ambientais positivos	2022	Netto; Urbanetz Junior	Análise da geração compartilhada de energia elétrica no Brasil
2015	ANEEL	Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015	2023	Mariano et al.	Energia solar fotovoltaica: uma análise da eficiência e sustentabilidade no Brasil
2017	Sampaio; González	Photovoltaic solar energy: Conceptual framework	2024	Araujo, G. L.	Impactos das mudanças climáticas na irradiação solar no Brasil até 2040
2017	Pereira et al.	Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2ª ed.	2024	Fichtner	Global Solar Market Outlook 2024
2017	Santos et al.	Geração distribuída no Brasil: análise de sua evolução e aspectos regulatórios	2024	Weaver, J.	Commercial PV module efficiencies now exceed 27%
2018	Dantas; Pompermayer	A cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica: inserção da China no mercado global	2024a	ABSOLAR	Estatísticas do setor solar fotovoltaico – Abril de 2024
2018	Castro et al.	Impactos Sistêmicos da Micro e Minigeração Distribuída	2024b	ABSOLAR	Boletim anual – Capacidade instalada e projeções para 2025
2019	REN21	Renewables 2019 Global Status Report	2024c	ABSOLAR	Empregos e investimentos em 2025
2020	ABSOLAR	Boletim de imprensa - Panorama da energia solar no Brasil em 2020	2025	ANEEL	Painel estatístico da geração distribuída – Março de 2025

Fonte: Autores 2025



O que é energia solar fotovoltaica?

A energia solar configura-se como uma fonte renovável oriunda da incidência da luz e do calor provenientes do sol. Entre os principais dispositivos utilizados para seu aproveitamento, destacam-se os coletores planos, os concentradores solares e os sistemas fotovoltaicos. Os coletores planos são empregados, predominantemente, no aquecimento ou na refrigeração de fluidos como água e ar. Já os concentradores solares consistem em arranjos de espelhos que direcionam a radiação solar a um ponto focal, possibilitando o aquecimento da água para posterior geração de vapor, o qual, por sua vez, movimentam turbinas a vapor, promovendo a conversão da energia térmica em energia elétrica. Por fim, os painéis fotovoltaicos operam por meio de materiais semicondutores, como o silício dopado, capazes de transformar a radiação solar diretamente em corrente elétrica contínua. Esta, ao ser conduzida ao inversor solar, é convertida em corrente alternada, adequando-se ao padrão da rede elétrica convencional para distribuição e uso (PINHO; GALDINO, 2014; SILVA, 2014).

Atualmente, cerca de 90% dos módulos fotovoltaicos comercializados globalmente são compostos por silício, material que se destaca por sua elevada disponibilidade, estabilidade estrutural e longa durabilidade. Essa predominância está associada à alta confiabilidade dos sistemas fotovoltaicos de silício, os quais demandam baixa manutenção ao longo de sua vida útil (SAMPAIO; GONZÁLEZ, 2017). Com os recentes avanços tecnológicos, os níveis de eficiência desses dispositivos, que antes variavam entre 20% e 22%, já alcançam patamares superiores a 27% em módulos comerciais, como os desenvolvidos por empresas líderes como LONGi e Qcells, demonstrando o contínuo aperfeiçoamento da performance energética (FICHTNER, 2024; WEAVER, 2024). A expectativa de vida útil também tem se ampliado, superando os 30 anos, especialmente com o uso de tecnologias como heterojunção e encapsulamento vidro-vidro (WOODHOUSE et al., 2021; KENNEDY, 2022).

No contexto geopolítico da produção, a China permanece como principal potência do setor, dominando tanto a fabricação de células solares quanto a cadeia global de fornecimento de módulos fotovoltaicos. Em 2018, o país já concentrava 60% da produção mundial, posição que se consolidou nos anos seguintes com o fortalecimento de suas políticas industriais e o avanço tecnológico de suas empresas (DANTAS; POMPERMAYER, 2018; REN21, 2019).

Energia solar no Brasil

A crescente preocupação ambiental, juntamente com a necessidade de diversificar a matriz elétrica e

atender à demanda energética crescente, tem incentivado a adoção de fontes renováveis, como a solar, além da transição para sistemas de geração distribuída. O Brasil, com altos índices de radiação solar, destaca-se entre os países com maior potencial para geração fotovoltaica no mundo, superando inclusive na irradiação média países como Alemanha, França e Itália. De acordo com o INPE (2017), a região Nordeste apresenta o maior potencial solar nacional, com médias diárias de irradiação global horizontal de 5,49 kWh/m² e de irradiação direta normal de 5,05 kWh/m² (SEGUNDO DA SILVA et al., 2021).

A localização geográfica do Brasil, predominantemente situada entre o Equador e o Trópico de Capricórnio, confere ao país uma condição privilegiada para o aproveitamento da energia solar, conforme destaca Silva (2014). Essa posição permite uma elevada incidência de radiação solar ao longo de todo o ano, com variações sazonais pouco expressivas. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (INPE, 2017), o território nacional recebe, em média, de 4,5 a 6,3 kWh/m² por dia, com destaque para as regiões Nordeste e Centro-Oeste, que apresentam os maiores índices médios de irradiação solar. Estudos mais recentes indicam que, até 2040, a irradiação solar deve aumentar entre 2% e 8% na maior parte do Brasil, especialmente nas regiões Centro-Oeste e Sudeste, com exceção da região Sul, que poderá apresentar uma redução de cerca de 3% (ARAÚJO, 2024).

Além disso, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012), a ampla disponibilidade de terras, sobretudo em regiões de baixa densidade populacional e baixos índices pluviométricos, contribui para a viabilidade da instalação de grandes usinas solares. Essa condição é particularmente evidente no semiárido nordestino, que, conforme analisado por Dantas (2020), reúne os principais elementos naturais para a expansão da geração fotovoltaica no país: radiação solar intensa, baixa cobertura de nuvens e vastas áreas planas disponíveis. O marco regulatório do setor, que tem se consolidado no País, tem contribuído significativamente para a expansão da energia solar fotovoltaica (ABSOLAR, 2020).

Desde 2012, estima-se que mais de 1,1 milhão de postos de trabalho tenham sido criados em diferentes regiões brasileiras, evidenciando o impacto socioeconômico positivo desse segmento (ABSOLAR, 2024a). No ano de 2024, a expansão do setor resultou na adição de 14,3 GW à matriz elétrica nacional, alcançando uma capacidade instalada total de 52,2 GW — avanço impulsionado, sobretudo, pela geração distribuída, responsável por 8,7 GW desse montante (ABSOLAR, 2024b). Para 2025, as projeções indicam a criação de



aproximadamente 281,6 mil novos empregos, acompanhados por investimentos superiores a R\$ 38,9 bilhões no setor fotovoltaico (ABSOLAR, 2024c).

Outrossim, a capacidade instalada de energia solar no Brasil atingiu 52,2 GW, o que representa 20,2% da matriz elétrica nacional, posicionando-a como a segunda maior fonte de geração de energia do país, atrás apenas das hidrelétricas. Essa expansão expressiva, com um acréscimo de 14,3 GW apenas no ano de 2024, ocorreu majoritariamente por meio da geração distribuída, refletindo a descentralização da produção energética e a democratização do acesso a fontes limpas de energia ABSOLAR (2024).

No tocante às configurações tecnológicas dos sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado brasileiro, destaca-se a predominância de dois modelos: os sistemas com base fixa e aqueles com rastreamento solar de eixo único. Essas tecnologias foram amplamente descritas na segunda edição do Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (PEREIRA et al., 2017), que também reconhece a existência de sistemas de rastreamento de duplo eixo, ainda que menos utilizados comercialmente. A adoção de rastreadores solares visa aumentar a captação da radiação ao longo do dia, otimizando a eficiência dos sistemas e tornando-os mais viáveis para regiões com alto índice de insolação.

De acordo com a Lei nº 14.300/2022, o sistema de geração distribuída vem se destacando como uma alternativa viável para os consumidores domésticos, possibilitando que estes possam gerar sua própria energia elétrica por meio da fonte solar. Ainda, quando ocorre excedente da produção, este pode ser inserido na rede de distribuição da sua localidade, gerando créditos que são abatidos nas faturas de energia elétrica em períodos subsequentes, conforme estabelecido pelas diretrizes do marco legal vigente. Essa prática contribui não só para a redução dos custos com energia, mas também para o incentivo de práticas sustentáveis no contexto urbano e rural (BRASIL, 2022).

Destaca-se ainda na regulamentação que se deu por meio das Resoluções Normativas nº 482/2012 e nº 687/2015 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que estabeleceram as diretrizes para o acesso da microgeração (até 75 kW) e da minigeração (de 75 kW a 5 MW) a respeito dos sistemas de distribuição, bem como para o funcionamento do sistema de compensação de energia elétrica, que o mecanismo que possibilita ao consumidor injetar excedentes de energia na rede pública recebe créditos com validade de até 60 meses para abatimento do consumo futuro (ANEEL, 2012; ANEEL, 2015).

A geração distribuída de energia elétrica tem se consolidado como um dos pilares da transformação energética em curso no Brasil, na medida em que promove uma descentralização efetiva da produção e estimula a participação ativa dos consumidores na matriz elétrica nacional (SANTOS et al 2017). Essa modalidade abrange sistemas implantados em unidades residenciais, comerciais, industriais, rurais, públicas e também em arranjos coletivos, como consórcios e cooperativas de geração compartilhada (NETTO 2022).

Os impactos da geração distribuída transcendem a esfera técnica, uma vez que contribuem diretamente para o alívio da demanda no Sistema Interligado Nacional (SIN), promovendo menor utilização de termelétricas, cujos custos e externalidades ambientais são significativamente mais elevados e, simultaneamente, poupando os recursos hídricos empregados nas usinas hidrelétricas. Assim, mesmo os usuários que não adotam sistemas fotovoltaicos se beneficiam da estabilidade e da economia proporcionadas por esse modelo de geração (CASTRO et al 2018). De acordo com o mais recente painel estatístico da ANEEL, publicado em março de 2025, o Brasil ultrapassou a marca de 28 GW de potência instalada em micro e minigeração distribuída, com mais de 2,5 milhões de unidades consumidoras participantes do sistema de compensação (ANEEL, 2025). Esses números evidenciam não apenas a maturidade regulatória do setor, mas também a crescente adesão social à transição energética justa e sustentável.

A diversificação dessa matriz energética, principalmente no que tange à inclusão de fontes renováveis em áreas rurais e remotas, é resultado direto de políticas públicas como os programas “Luz para Todos” e “Mais Luz para a Amazônia”. Instituídos em 2003, esses programas visam à universalização do acesso à energia elétrica, promovendo justiça social e inclusão energética. Até o ano de 2017, mais de 3,3 milhões de residências foram contempladas, beneficiando aproximadamente 16 milhões de brasileiros em áreas rurais (MME, 2021).

CONCLUSÃO

Após a revisão bibliográfica, constata-se que energia solar fotovoltaica se consolidou como uma das principais estratégias para transição energética no Brasil, fato este que está relacionado ao seu histórico tecnológico, potencial geográfico favorável e políticas públicas eficazes. O Brasil apresenta alta incidência solar e legislações que favorecem a geração distribuída, o crescimento é evidente com mais de 52GW instalados e geração de milhares de empregos. Além da economia, a energia solar



contribui para a sustentabilidade ambiental e o acesso à energia em regiões remotas, se firmando como um pilar da transição energética nos pais.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e sabedoria concedidas ao longo desta jornada. À família, pelo apoio incondicional, e aos amigos, pela presença e incentivo constantes.

REFERÊNCIAS

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Boletim anual – Capacidade instalada e projeções para 2025. São Paulo: ABSOLAR, 2024b.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Boletim de imprensa - Panorama da energia solar no Brasil em 2020. São Paulo: ABSOLAR, 2020.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Empregos e investimentos em 2025. São Paulo: ABSOLAR, 2024c.

ABSOLAR – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. Estatísticas do setor solar fotovoltaico – Abril de 2024 a. São Paulo: ABSOLAR, 2024 a. Disponível em: <https://www.absolar.org.br>. Acesso em: 10 abr. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Painel estatístico da geração distribuída – Março de 2025. Brasília: ANEEL, 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Brasília: ANEEL, 2012. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Brasília: ANEEL, 2015.

ARAÚJO, G. L. Impactos das mudanças climáticas na irradiação solar no Brasil até 2040. *Revista Brasileira de Energia Renovável*, v. 13, n. 1, p. 45–62, 2024.

BECQUEREL, Edmond. Mémoire sur les effets électriques produits sous l'influence des rayons solaires. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Paris, v. 9, p. 561–567, 1839. Disponível em:

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k2968p/f561.ite.m.zoom>. Acesso em: 26 maio 2025.

BRASIL. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br>. Acesso em: 9 abr. 2025.

CASTRO, F. J. de et al. Transição energética e sustentabilidade: uma abordagem global. *Revista Internacional de Energia e Meio Ambiente*, v. 11, n. 2, p. 25–40, 2024.

CASTRO, Nivalde de; PINHEIRO, José Luiz de Souza; SANTOS, Daniel Ferreira dos. Impactos Sistêmicos da Micro e Minigeração Distribuída. Rio de Janeiro: Grupo de Estudos do Setor Elétrico (GESEL/UFRJ), 2018. (Texto de Discussão do Setor Elétrico, n. 79). Disponível em: <https://gesel.ie.ufrj.br/publicacao/impactos-sistemicos-da-micro-e-minigeracao-distribuida/>. Acesso em: abr. 2025.

CORREA, Kleber Costa; MALDONADO, Mauricio Uriona; VAZ, Caroline Rodrigues. Transições sustentáveis da fonte solar fotovoltaica: uma revisão de literatura estruturada. *Revista Brasileira de Energia Solar*, v. 13, n. 1, p. 1–15, 2022. Disponível em: <https://rbens.emnuvens.com.br/rbens/article/view/275>

DANTAS, E. M. Potencial solar no semiárido brasileiro: uma análise geopolítica e econômica. *Revista de Geografia e Meio Ambiente*, v. 22, n. 1, p. 113–130, 2020.

DANTAS, E. M.; POMPERMAYER, R. A cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica: inserção da China no mercado global. *Texto para Discussão*, IPEA, n. 2415, 2018.

EL PAÍS. Energia solar cresce 29% em 2024 e atende demanda equivalente à da Índia. *El País Brasil*, São Paulo, 4 jan. 2025. Disponível em: <https://brasil.elpais.com>. Acesso em: 11 abr. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Plano decenal de expansão de energia 2021–2030. Brasília: EPE, 2012.

FICHTNER. Global Solar Market Outlook 2024. Stuttgart: Fichtner GmbH & Co. KG, 2024.

FRITTS, Charles E. On a new form of selenium cell, and some electrical discoveries made by its use.



American Journal of Science, New Haven, série 3, v. 26, n. 156, p. 465–472, dez. 1883. Disponível em: <https://ajsonline.org/article/65415-on-a-new-form-of-selenium-cell-and-some-electrical-discoveries-made-by-its-use>. Acesso em: 26 maio 2025.

INPE – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

KENNEDY, S. Photovoltaic Module Lifespan and Reliability: Emerging Technologies. *SolarTech Journal*, v. 10, n. 4, p. 215–228, 2022.

MARIANO, R. M. et al. Energia solar fotovoltaica: uma análise da eficiência e sustentabilidade no Brasil. *Revista Brasileira de Tecnologias Sustentáveis*, v. 9, n. 2, p. 85–103, 2023.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Relatório Luz para Todos – 2021. Brasília: MME, 2021.

NETTO, Allana de Moura; URBANETZ JUNIOR, Jair. Análise da geração compartilhada de energia elétrica no Brasil. *Anais do Congresso Brasileiro de Energia Solar (CBENS)*, 2022.

N3 NEWS. Setor solar bate recordes de emprego e evita emissão de CO₂ em 2024. *N3 News*, São Paulo, 3 jan. 2024. Disponível em: <https://n3news.com.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

OHL, Russell S. Light-sensitive electric device. Patente EUA n. 2,402,662. Concedida em 25 jun. 1946. Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US2402662A>. Acesso em: 26 maio 2025.

PEREIRA, E. B. et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2. ed. São José dos Campos: INPE, 2017.

PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos. Brasília: CEPEL, 2014.

RELLA, A. A. Energias renováveis e meio ambiente. 2. ed. São Paulo: Érica, 2017.

REN21. Renewables 2019 Global Status Report. Paris: REN21 Secretariat, 2019.

SAMPAIO, P. G. V.; GONZÁLEZ, M. O. A. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 74, p. 590–601, 2017.

SANTOS, José Alexandre Ferraz de Andrade et al. Geração distribuída no Brasil: análise de sua evolução e aspectos regulatórios. In: *X Congresso Brasileiro de Regulação (ABAR 2017)*, Florianópolis, 2017.

SILVA, S. A. Potencial da energia solar no Brasil e seus impactos ambientais positivos. *Revista de Tecnologias Limpas*, v. 2, n. 1, p. 21–34, 2014.

WEAVER, J. Commercial PV module efficiencies now exceed 27%. *PV Magazine*, EUA, 5 fev. 2024. Disponível em: <https://pv-magazine.com>. Acesso em: 11 abr. 2025.

WOODHOUSE, M. et al. On the Path to SunShot: The Role of Advancements in PV Module Technologies. National Renewable Energy Laboratory (NREL), 2021.