

LIDERANÇA GLOBAL EM ENERGIA SOLAR: TENDÊNCIAS E INOVAÇÕES NAS PRINCIPAIS ECONOMIAS

Lohana Maisa Martins Rodrigues (EG)¹, Rogério José da Silva (PQ)¹

¹Universidade Federal de Itajubá.

Palavras-chave: Energia Solar. Capacidade instalada. Energia limpa. Transição energética.

Introdução

Energia solar é a energia proveniente da radiação eletromagnética (luz e calor) emitida pelo Sol. Trata-se de uma fonte alternativa, renovável e limpa que pode ser aproveitada por diversas tecnologias, como aquecedores solares, painéis fotovoltaicos e usinas heliotérmicas. A energia solar fotovoltaica, em particular, utiliza painéis que convertem a luz solar diretamente em eletricidade por meio de efeito fotovoltaico, sendo amplamente empregada para gerar eletricidade em residências, empresas e indústrias, tanto em áreas urbanas quanto rurais (NEOSOLAR, 2024).

A emissão de gases de efeito estufa (GEE) tem causado sérios problemas ambientais, como o aumento da temperatura global, a intensificação de eventos climáticos extremos e a degradação de ecossistemas, impactando diretamente a vida humana e a biodiversidade. Para limitar o aquecimento global a 1,5°C, é essencial alcançar a neutralidade de carbono, o que requer profundas reduções nas emissões de CO₂ e outros GEE (IPCC, 2023). Nesse contexto, a economia tem desempenhado um papel crucial no crescimento das fontes renováveis. Em 2022, os altos preços dos combustíveis fósseis, exacerbados pela invasão da Ucrânia pela Rússia, tornaram tecnologias como a energia solar fotovoltaica (PV) mais competitivas e rentáveis (REN21, 2024b). Além disso, a significativa redução dos custos dos painéis fotovoltaicos tem sido um dos principais fatores que impulsionaram esse crescimento, tornando a tecnologia mais acessível e viável para um número maior de países e regiões. Essa queda nos preços, em grande parte motivada pela competitividade do mercado global, facilitou a adoção em larga escala da energia solar (REN21, 2024a).

Nos últimos seis anos, a capacidade instalada de energia solar no mundo aumentou de 500 GW em 2018 para cerca de 1,4 TW em 2023, refletindo a rápida expansão dessa fonte renovável, especialmente impulsionada por grandes economias como China, Estados Unidos, Índia, Japão, Alemanha, Brasil e outros. Em 2024, a energia solar continua a se afirmar como uma das principais

alternativas para a transição energética global, dada sua capacidade de reduzir a dependência de combustíveis fósseis e contribuir significativamente para a mitigação das mudanças climáticas.

Este artigo revisa os avanços mais recentes nos principais mercados globais de energia solar, discutindo tanto o desenvolvimento tecnológico quanto as políticas que impulsionaram a adoção dessa fonte de energia limpa, refletindo as tendências e desafios enfrentados em 2024.

Metodologia

Este estudo realizou uma revisão bibliográfica com artigos científicos, relatórios de agências internacionais e publicações sobre energia solar de 2023 e 2024. As fontes abordam capacidade instalada, avanços tecnológicos e políticas de incentivo à energia renovável. As informações foram organizadas para identificar tendências e desafios em países como China, EUA, Japão e Brasil, priorizando dados sobre expansão de capacidade, inovações tecnológicas, políticas energéticas e impactos econômicos. Essa análise revelou padrões globais e regionais, proporcionando uma visão das principais tendências e desafios energéticos em 2024.

Resultados e discussão

China

A China permanece como o maior produtor e consumidor de energia solar no mundo, desempenhando um papel central tanto na fabricação de painéis solares quanto na execução de projetos fotovoltaicos em grande escala (IEA, 2024). Em 2024, o país relatou uma capacidade instalada de 750 GW até agosto, sendo 139,99 GW acrescentados nos primeiros oito meses do ano (SHAW; THOMPSON, 2024). Desde 2006, o país tem sido responsável por 70-80% da capacidade mundial instalada de painéis solares, consolidando sua posição como líder industrial. As empresas chinesas controlam a maior parte da cadeia de fornecimento, oferecendo painéis solares de 35 a 50% mais baratos que os

produzidos na Europa, sem comprometer a qualidade. Essa liderança tem sido sustentada por políticas estratégicas, como a Lei de Energia Renovável de 2005, além de classificar a energia solar como uma "necessidade estratégica" da China. No entanto, esse domínio tem gerado resistência, principalmente na Europa, onde governos e indústrias encontram dificuldades para competir com os preços chineses. Apesar dos benefícios, como redução de custos e geração de empregos na Europa, há preocupações com a segurança energética a longo prazo. A União Europeia planeja aumentar sua produção local de 3% para 40% até 2030, mas enfrenta desafios como a capacidade limitada da rede elétrica e as altas taxas de juros. A intensa competitividade também pode resultar na saída de fabricantes locais, embora estimule inovações tecnológicas. Mesmo assim, a China segue como líder global em patentes solares (OBERMANN; DU, 2024).

Estados Unidos

Nos Estados Unidos, o crescimento da energia solar também foi acelerado em 2024, impulsionado por políticas como a Lei de Redução da Inflação (IRA). O país apresentou um aumento de 21% nas instalações solares em relação ao ano anterior, adicionando 11,8 GW apenas no primeiro trimestre, o que elevou a capacidade acumulada para mais de 100 GW. Estima-se que até o final de 2024, mais de 56 GW de nova capacidade serão instalados. Atualmente, os EUA já contam com cerca de 5 milhões de projetos solares, com expectativa de que esse número dobre para 10 milhões nos próximos seis anos. A projeção é que até 2034, a capacidade solar dos EUA alcance 673 GW, suficiente para abastecer mais de 100 milhões de residências.

Esse crescimento desempenha um papel importante na mitigação das mudanças climáticas, com o setor solar evitando a emissão de aproximadamente 198 milhões de toneladas de CO₂ por ano, o equivalente ao fechamento de 53 usinas a carvão (SEIA, 2023). No entanto, a indústria solar americana enfrenta desafios competitivos devido à superprodução da China, que controla mais de 80% do mercado global de painéis solares. A dependência de painéis chineses levanta preocupações trabalhistas e ambientais, dado que a produção na China muitas vezes carece de regulamentações adequadas. Com a superprodução, os preços dos painéis caíram cerca de 50%, ameaçando a sobrevivência das empresas americanas. Sem políticas efetivas, como tarifas sobre componentes chineses, o fortalecimento da indústria solar americana pode ser comprometido (BRIGHT, 2024).

O gráfico da Figura 1 retrata a geração de eletricidade nos Estados Unidos durante a semana de 17/10 a 24/10/2024.

Observa-se que as fontes de energia renovável são significativas na matriz elétrica do país, com a energia solar contribuindo com uma média de 67 GW de pico, por volta das 14 horas no período, ajudando a reduzir o uso de fontes fósseis, mesmo que essa contribuição ocorra apenas durante os horários de incidência solar.

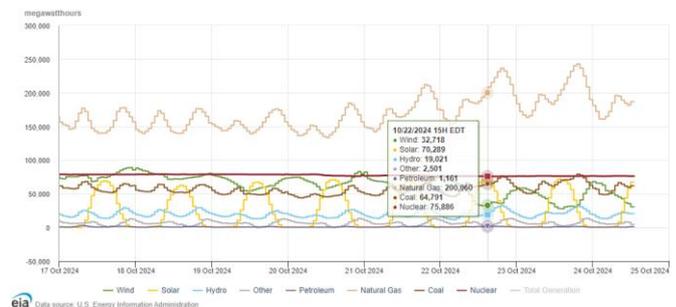


Figura 1 – Geração de Energia Solar Estados Unidos (EIA, 2024)

Japão

O Japão, um importante ator no setor solar, projeta que, até 2030, sua capacidade instalada de energia solar poderá atingir entre 150 e 180 GW, dependendo das políticas empregadas. Esse avanço está alinhado aos objetivos de aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética e reduzir as emissões de gases de efeito estufa em 43% até 2030 (RAIROCHE, 2022).

Europa

Na Europa, a Alemanha recuperou sua liderança e se tornou pioneira no setor solar em 2024, após a Espanha não manter o crescimento expressivo de 2022. A Alemanha adicionou 14 GW de nova capacidade em 2023, o que elevou o total para aproximadamente 3,7 milhões de sistemas solares instalados. Esses sistemas geraram cerca de 62 bilhões de kWh de eletricidade, correspondendo a 12% do consumo total de energia do país (COSSINS-SMITH, 2023). A Itália também apresentou uma expansão significativa, ultrapassando 30 GW de capacidade solar. Já a Polônia tem avançado rapidamente em projetos fotovoltaicos, atingindo cerca de 15 GW, reduzindo sua dependência do carvão, enquanto o Reino Unido atingiu 15 GW.

A Holanda, em particular, adicionou 4,82 GW em 2023, elevando sua capacidade total para 24,4 GW, com projeções de atingir entre 100 GW e 180 GW até 2050 (SOLARPOWER EUROPE, 2024; BELLINI, 2024).

A Figura 2 apresenta a geração de eletricidade solar na Holanda durante a semana de setembro de 2024. Nota-se que em horário de pico de geração solar, nem toda a energia gerada é contabilizada pela rede elétrica oficial,

devido ao crescente investimento do país em sistemas off-grid, que utilizam baterias para operar de forma independente. Esses sistemas representam um avanço importante na adoção de tecnologias de armazenamento e descongestionamento da rede elétrica.

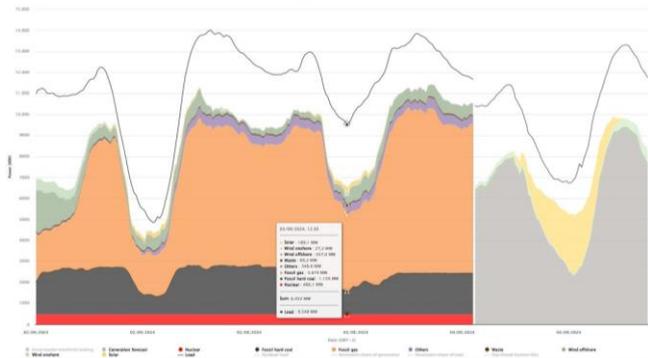


Figura 2 – Geração de Energia Solar Holanda (ENERGY-CHARTS, 2024)

Austrália

A Austrália continua sendo um dos líderes globais em adoção de energia solar, com mais de 30 GW de capacidade instalada até 2023 (IRENA, 2024). A instalação de painéis solares em telhados contribuiu significativamente, com 3,1 GW de nova capacidade oriunda de 337.498 residências e pequenas empresas (CLEAN ENERGY COUNCIL, 2024). Em termos de capacidade per capita, a Austrália esteve à frente em 2023 com 1.359 W/capita, seguida pela Holanda com 1.299 W/capita e a Alemanha com 996 W/capita.

Brasil

No Brasil, a expansão da energia solar tem se acelerado significativamente nos últimos anos. Em 2021, a capacidade instalada de energia solar fotovoltaica alcançou 14 GW, crescendo expressivamente em 2024 para 48 GW, consolidando-se como a segunda maior fonte da matriz elétrica nacional, com 20,2% de participação, atrás apenas das hidrelétricas, que representam 46% do total (ABSOLAR, 2024). O Brasil possui um dos maiores potenciais de geração de energia solar no mundo, devido à sua elevada incidência solar. As regiões Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste têm uma média de irradiação solar superior à de muitos países europeus, tornando essas áreas ideais para a expansão da energia fotovoltaica. No entanto, desafios como a nebulosidade frequente na região Norte e a variação sazonal no Sul devem ser considerados para maximizar o aproveitamento desse potencial (PEREIRA et al., 2017). O crescimento acelerado da energia solar no Brasil evidencia o papel crescente dessa fonte na diversificação da matriz energética nacional e na busca

por maior sustentabilidade.

Conclusões

O avanço da energia solar global, detalhado ao longo deste estudo, revela não apenas o crescimento significativo da capacidade instalada, mas também o papel crucial dessa fonte renovável na mitigação das mudanças climáticas. A crescente adoção de energia solar, particularmente em países como China, Estados Unidos, Brasil e Alemanha, demonstra que essa fonte limpa e sustentável é uma alternativa viável para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e, conseqüentemente, limitar o aquecimento global a 1,5 °C, conforme previsto no Acordo de Paris.

Apesar dos progressos, o setor enfrenta desafios expressivos, sendo o armazenamento um dos mais críticos. A intermitência da geração solar, principalmente à noite, destaca a necessidade de investimentos robustos em tecnologias de armazenamento de energia, como baterias (BESS) e usinas reversíveis (pumped storage), que possibilitem a utilização da energia solar de forma contínua e eficiente. A expansão dos sistemas off-grid em países como a Holanda demonstra que o armazenamento está se tornando uma prioridade para garantir a independência da rede elétrica e promover maior resiliência no sistema energético.

Além disso, o desenvolvimento de políticas públicas de incentivo à energia renovável continua sendo essencial para a expansão das tecnologias solares e a viabilização de novos projetos. A competitividade dos preços dos painéis solares, impulsionada pela China, deve ser complementada por uma diversificação no mercado global, fortalecendo a segurança energética e reduzindo a dependência de poucos fornecedores.

O cenário global aponta para um crescimento contínuo da energia solar, mas o sucesso dessa transição energética depende de esforços combinados entre inovação tecnológica, políticas públicas eficazes e a adoção de soluções sustentáveis de armazenamento.

Agradecimentos

O autor expressa sua gratidão à Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) pelo suporte acadêmico recebido e ao Programa de Educação Tutorial (PET) do SESu/MEC pelo financiamento da bolsa fornecida pelo FNDE.

Referências

ABSOLAR. Infográfico 72. São Paulo. 2024. Disponível em : <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 24 Out. 2024.

BELLINI, E. Dutch PV additions hit 4.82 GW in 2023. PV MAGAZINE. 2024. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2024/03/25/dutch-pv-additions-hit-4-82-gw-in-2023/>. Acesso em: 09 Set. 2024.

BRIGHT, T. US Solar Energy Soars Despite Chinese Competition. Oilprice. 2024. Disponível em: <https://oilprice.com/Alternative-Energy/SolarEnergy/US-Solar-Energy-Soars-Despite-Chinese-Competition.html>. Acesso em: 09 Out. 2024.

CLEAN ENERGY COUNCIL. Clean Energy Australia 2024. Melbourne. 2024. Disponível em: <https://cleanenergycouncil.org.au/getmedia/0cb12425-37ab-479e-9a4b-529622cc9c02/clean-energy-australia-2024.pdf>. Acesso em: 01 Out. 2024.

COSSINS-SMITH, A. Germany sees record renewable power installations in 2023. Power Technology. 2024. Disponível em: <https://www.power-technology.com/news/germany-renewable-power-installations-hits-record-2023/?cf-view>. Acesso em: 01 Out. 2024.

ENERGY-CHARTS. Electricity Production. Disponível em: <https://energy-charts.info/charts/power/chart.html?l=en&c=DE>. Acesso em: 10 Set. 2024.

EIA - ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. Real-time Operating Grid – U.S. Disponível em: https://www.eia.gov/electricity/gridmonitor/expanded-view/electric_overview/US48/US48/GenerationByEnergySource-4/edit. Acesso em: 24 Set. 2024.

IEA - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Renewables2024: Executive Summary. Paris. 2024. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary>. Acesso em: 10 Set. 2024.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2023: Synthesis Report. Summary for Policymakers. Genebra. 2023. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf. Acesso em: 09 Set. 2024.

IRENA - INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. Renewable Energy Statistics 2024. Abu Dhabi. 2024. Disponível em: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2024/Jul/IRENA_Renewable_Energy_Statistics_2024.pdf. Acesso em: 09 Set. 2024.

NEOSOLAR. Energia Solar: o que é, como funciona e quais são os tipos de energia solar. Disponível em:

<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar>. Acesso em: 23 out. 2024.

OBERMANN, K. DU, Y. In fact, China's global solar revolution. CGTN. 2024. Disponível em: <https://newseu.cgtn.com/news/2024-09-27/In-Fact-China-s-global-solar-revolution--1xdFcOquRLq/p.html>. Acesso em: 01 Out. 2024.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. L.; RÜTHER, R.; ABREU, S. L.; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. Atlas brasileiro de energia solar. 2.ed. São José dos Campos: INPE, 2017. 80p. Disponível em: <http://doi.org/10.34024/978851700089>. Acesso em: 09 Set. 2024.

RAI-ROCHE, Sean. Japan set to reach 150GW of installed solar by 2030, rises to 180GW when more ambitious scenario pursued. PV Tech. 2022. Disponível em: <https://www.pv-tech.org/japan-set-to-reach-150gw-of-installed-solar-by-2030-rises-to-180gw-when-more-ambitious-scenario-pursued/>. Acesso em: 09 Set. 2024.

REN21. Renewables 2024 Global Status Report: Energy Demands. Paris. 2024a. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_Demand_Full_Report.pdf. Acesso em: 10 Set. 2024.

REN21. Renewables 2024 Global Status Report: Global Overview. Paris. 2024b. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2024_GlobalOverview_Full_Report_with_endnotes_web.pdf. Acesso em: 09 Set. 2024.

SEIA - SOLAR ENERGY INDUSTRIES ASSOCIATION. 5 million solar installations: powering american communities. SEIA, 2023. Disponível em: <https://seia.org/5m/#:~:text=There%20are%20over%2005%20million,years%20to%20reach%2010%20million>. Acesso em: 09 Set. 2024.

SHAW, V. THOMPSON, V. Chinese PV industry brief: January–August solar installations hit 140 GW. PV Magazine. 2024. Disponível em: <https://www.pv-magazine.com/2024/09/24/chinese-pv-industry-brief-january-august-solar-installations-hit-140-gw/> Acesso em: 01 Out. 2024.

SOLARPOWER EUROPE. Global Market Outlook for Solar Power 2024-2028. 2024. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2024/06/relatorio-perspectiva-global-potencia-solar-2024-2028.pdf>. Acesso em: 09 Set. 2024.