



Avanços globais na geração fotovoltaica e políticas de incentivo

Global advances in photovoltaic generation and incentive policies

Juan Libalde Nascimento¹, Bruna Alves de Souza Holanda², Filipe Marangoni³, Roberto Padilha Rovani⁴, Evandro André Konopatzki⁵

RESUMO

O mercado global de energia solar fotovoltaica tem experimentado um crescimento notável, atingindo 1 TW de capacidade instalada em 2022 e com projeções dobrar até 2025. Nesta revisão de literatura, foram analisadas as principais ações dos 5 países com maior geração fotovoltaica. As buscas foram realizadas em português e inglês com os termos: "geração distribuída", "incentivo público" e "minigeração". Como resultado constatou-se que os países líderes são a China, Estados Unidos, Japão, Alemanha e Índia, desses, foram apresentadas as políticas incentivadoras da Alemanha, Japão e China. Na Alemanha, a energia fotovoltaica apresentou crescimento nas décadas de 1990 e 2000 com leis tarifárias e investimentos na fabricação de módulos solares. O Japão percebeu crescimento significativo após a lei de compensação e a China investiu na tecnologia de fabricação e consequente redução de custos. O comum nesses países foi o aumento da geração fotovoltaica impulsionado por políticas públicas. O Brasil, com desenvolvimento recente nesse ramo, pouco mais de 20 anos, já ocupa a 8ª posição no ranking mundial de geração fotovoltaica, devido ao seu território favorável e aos incentivos e políticas adotados para exploração do seu potencial, mas possui potencial para crescer mais com planejamento adicional de incentivo público e privado.

PALAVRAS-CHAVE: geração distribuída; incentivo público; minigeração.

ABSTRACT

The global photovoltaic solar energy market has witnessed remarkable growth, with an installed capacity of 1 TW in 2022 and a projected doubling by 2025. In this literature review, we analyzed the key initiatives of the top five photovoltaic-generating nations. Our research encompassed Portuguese and English sources, using search terms such as "distributed generation," "public incentives," and "Photovoltaic." The results showed China, United States, Japan, Germany, and India as leaders in the photovoltaic sector. The incentivizing policies of Germany, Japan, and China its showed here. Germany's photovoltaic energy growth in the 1990s and 2000s was largely attributed to tariff laws and investments in solar module manufacturing. Japan's significant expansion followed the implementation of compensation laws, while China's aggressive investments in manufacturing technology reduced overall system costs. A common thread among these nations is their commitment to bolstering photovoltaic generation through well-crafted public policies. Brazil, although relatively new to the photovoltaic landscape, has rapidly ascended to the 8th position in the global rankings, owing to favorable geographical conditions and a suite of incentives and policies aimed at harnessing its solar potential. With continued development of public and private incentive strategies, Brazil has the potential for further growth in the photovoltaic sector.

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira Paraná, Brasi. E-mail: libaldenascimento@hotmail.com. ID Lattes 7969680985613360.

² Bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico Júnior (CNPq) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira Paraná, Brasi. E-mail: holanda@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes 4698775976586168.

³ Docente no Departamento Acadêmico de Elétrica - Medianeira. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: filipemarangoni@utfpr.edu.br. ID Lattes: 0637440868208985

⁴ Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira Paraná, Brasi. E-mail: robertorovani@alunos.utfpr.edu.br. ID Lattes: 3548310821597211.

⁵ Docente no Departamento Acadêmico de Elétrica - Medianeira. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, Paraná, Brasil. E-mail: eakonopatzki@utfpr.edu.br. ID Lattes: 2271391188375487



KEYWORDS: distributed generation; public encouragement; minigeneration.

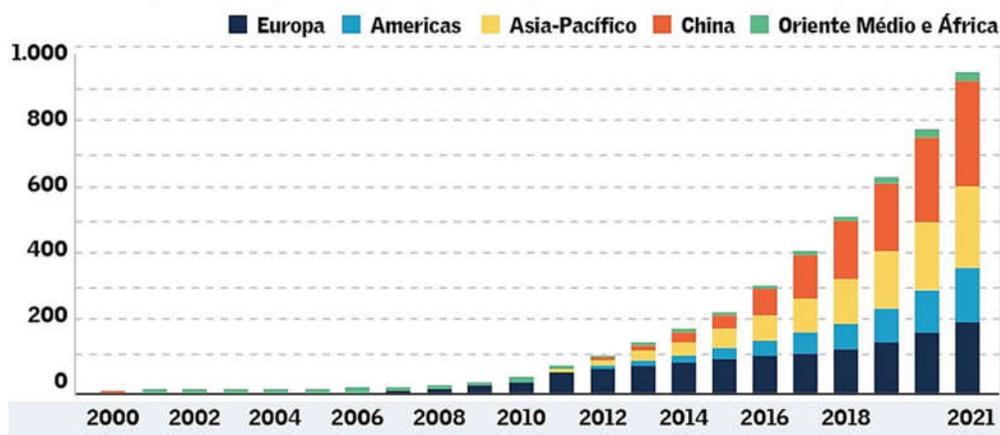
INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o mercado de energia solar fotovoltaica tem experimentado um crescimento exponencial, alcançando no ano de 2022 a capacidade instalada de 1 TW em todo o mundo. As projeções apontam para a marca de 2 TW até 2025, consolidando a energia solar como um pilar fundamental na matriz energética global. (GLOBO, 2023; SILVA, 2021; RODRIGUES, 2019). Os autores afirmam que, atualmente, a energia solar é responsável por um terço da produção global de energia renovável.

A expansão desse setor foi impulsionada, em grande parte, por políticas de incentivo à geração distribuída. Essas políticas foram adotadas em vários países que hoje figuram entre os maiores líderes na geração de energia solar. Tais políticas incluem a implantação de sistemas de compra-venda e também compensação de energia, que permitem que os consumidores residenciais e empresariais vendam o excedente de eletricidade gerada pela energia solar ou recebam créditos para compensação de uso posterior. (SMITH, 2018) (ALMEIDA, 2020). Além disso, programas de incentivo financeiro, como subsídios e isenções fiscais, têm desempenhado um papel crucial no estímulo à adoção da geração distribuída.

A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) no ano de 2022 divulgou um ranking dos países líderes nessa tecnologia estando em primeira colocada a China com 306 GW, seguida pelos Estados Unidos (93 GW), Japão (74 GW), Alemanha (58 GW) e Índia (49 GW). A figura 1, faz parte de um relatório de referência para os avanços do mercado de energia solar no mundo e projeções de crescimento, expressa uma relação entre o crescimento da energia fotovoltaica em função do tempo e das respectivas regiões.

Figura 1 – Capacidade global de energia solar instalada 2002-2021(GW)



Fonte: Globo (2023)

Segundo [Brasil \(2023\)](#), o Brasil bateu o recorde de expansão da energia solar em outubro desse ano (2023) com a expansão de 3 GW em energia fotovoltaica. Com essa expansão – somada à ampliação de outras fontes do mesmo gênero – a matriz elétrica



brasileira alcançou 83,79% de fontes renováveis, colocando o Brasil dentre as referências internacionais nessa modalidade de geração de energia.

O [ONS \(2023\)](#) informou que nos meses de setembro e outubro de 2023, a geração fotovoltaica alcançou o fator de 25% de capacidade, superando 2,5 GW de potência entregue ao sistema elétrico brasileiro.

A problemática dessa pesquisa se baseia na forma como as políticas de incentivo à geração fotovoltaica impactam a adoção e a sustentabilidade dessa fonte de energia, buscando explorar a eficácia das políticas de incentivo. Nesse contexto, esse artigo se propõe a examinar as políticas públicas que estimularam o desenvolvimento da geração distribuída no Brasil e noutros países que apresentaram crescimento dessa fonte de geração.

METODOLOGIA

Este estudo baseou-se em uma abordagem sistemática de coleta de informações em bases de dados científicas, tanto nacionais quanto internacionais. Foram empregados os seguintes termos de busca estratégicos: "políticas de incentivo público para geração distribuída", "geração distribuída", "incentivo público", "minigeração" e "usinas fotovoltaicas", conforme apresenta a Figura 2. A coleta de dados abrangeu os anos de 2010 a 2022, considerado relevante para a análise das políticas e práticas de incentivo que moldaram o cenário da energia solar fotovoltaica nos principais países líderes na geração dessa fonte de energia.

Figura 2 – Palavras-chave usadas na pesquisa de literatura



Fonte: O Autor

Os dados adquiridos foram, posteriormente, submetidos leitura do autor para caracterização dos cenários e identificação dos mecanismos que propiciaram a ascensão dos países estudados no ranking da geração fotovoltaica.

Este enfoque metodológico buscou garantir a abrangência e solidez do estudo, permitindo uma compreensão detalhada das políticas de incentivo, modelos regulatórios e estratégias que impulsionaram o crescimento da energia solar fotovoltaica nos contextos nacionais e internacionais.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os países que apresentaram maiores crescimentos na geração fotovoltaica foram a Alemanha, Japão e China. Esses líderes no ranking tiveram acentuadas políticas públicas como falcitação à abertura de fábricas, financiamento para aquisição de painéis, abatimentos em impostos e ações regulatórias para comercialização ou compensação da energia elétrica gerada (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2017). Destacam-se as seguintes medidas adotadas por esses países dentre a literatura pesquisada.

A Alemanha se destacou como pioneira na exploração e investimento em energia fotovoltaica (IEA-2016). O governo alemão, visando reduzir sua dependência de fontes nucleares de energia, adotou a inclusão de fontes renováveis em sua matriz elétrica, encontrando amplo apoio da população. Essa abordagem enfraqueceu os esforços contrários das concessionárias de energia (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2017).

Durante as décadas de 1970 e 1980, foram oferecidos incentivos para um novo modelo energético. No entanto, foi somente na década de 1990, com a aprovação da Lei de Alimentação de Eletricidade, que estabeleceu a obrigação de conectar geradores de fontes renováveis à rede por um período de 20 anos, com pagamento de uma tarifa premium, que a energia fotovoltaica teve um crescimento significativo na Alemanha (MME, 2009).

Na década de 2000, uma nova legislação, a Lei de Fontes de Energia Renovável, tornou as tarifas mais atrativas e diferenciadas para cada modelo de geração renovável. Isso solidificou a posição da Alemanha como líder mundial na energia fotovoltaica, ao mesmo tempo em que promoveu o desenvolvimento de indústrias de fabricação de módulos fotovoltaicos, reduzindo ainda mais os custos de implementação de sistemas (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2017). Até 2014, a Alemanha manteve sua liderança global em energia fotovoltaica.

No Japão, por volta de 2012, o governo implementou estratégias para impulsionar a energia fotovoltaica no país. Uma dessas medidas foi a introdução da lei feed-in-tariff, que estabeleceu tarifas de incentivo para a geração fotovoltaica. Além disso, o governo tornou obrigatória a compra de energia de fontes renováveis pelas empresas de serviços públicos, permitindo a instalação de impressionantes 11 GW de energia fotovoltaica apenas em 2015 (PORTAL SOLAR, 2015).

Antes da criação dessa lei, o Japão dependia principalmente de sistemas fotovoltaicos residenciais. No entanto, com a introdução do novo marco regulatório, mais de 70% da capacidade de geração de energia fotovoltaica passou a ser proveniente de instalações industriais, uma vez que a legislação estabeleceu preços diferenciados com base na capacidade instalada e no tipo de projeto (CONSULTORIA LEGISLATIVA, 2017)."

A China exibe características inerentes ao seu mercado de energia. Atualmente, o setor com maior destaque no desenvolvimento de tecnologias energéticas é o mercado fotovoltaico. Investimentos substanciais em tecnologia na fabricação de componentes, a redução de preços, juntamente com significativos aportes do governo chinês na construção de usinas geradoras, está tornando a geração fotovoltaica cada vez mais acessível (PORTAL SOLAR, 2016).

Empresas chinesas de energia solar, como a Suntech e Yingli, estão ampliando sua presença no mercado e se tornando referências em termos de tecnologia e custo. Em



fevereiro de 2023, o mercado chinês alcançou um marco impressionante, com a instalação de 410 GW de capacidade (INVESTSP, 2023).

Quanto ao Brasil, essa pesquisa mostrou que, entre os vários incentivos ao sistema fotovoltaico, um dos primeiros esforços significativos foi o Programa de Incentivo às Fontes de Energias Renováveis (PROINFA), por volta de 2002, com o objetivo de implementar 3,3 GW de capacidade instalada até 2008 a partir de fontes renováveis (VELOSO et al., 2020).

Entre 2008 e 2011 houveram algumas iniciativas discretas, mas, em 2012, a Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012, introduziu o sistema de compensação de energia elétrica, também conhecido como sistema de medição líquida (*net metering*). Com isso a ANEEL regulamentou a autoprodução (microgeração até 75 kW e minigeração até 5 MW) distribuída em todo o país (ANEEL, 2022).

Em 2013, ocorreu o primeiro leilão de energia elétrica exclusivamente dedicado à energia fotovoltaica, realizado no estado de Pernambuco, com a participação de 6 projetos de 92 MW de potência (VELOSO et al., 2020). A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 2017, estabeleceu uma resolução normativa que detalha o procedimento de acesso à micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição, conhecida como REN nº 724/2016. (ANEEL, 2022).

Uma das últimas alterações na legislação brasileira foi a REN 1.059 de 7 de fevereiro de 2023 que tem por objetivo, entre outras coisas, aprimora as diretrizes relacionadas à conexão, cobrança e regulamentação das centrais de microgeração e minigeração distribuída nos sistemas de distribuição de energia elétrica, e também atualiza as regulamentações referentes ao Sistema de Compensação de Energia Elétrica.

Esses esforços do setor impulsionaram os sistemas fotovoltaicos na matriz elétrica brasileira, levando o Brasil a ocupar a 8ª posição no ranking dos países com maior capacidade instalada, com um total de 43 GW até meados de 2023. (Globo, 2023)

CONCLUSÃO

Visando analisar as políticas de incentivo adotadas para a geração fotovoltaica foram pesquisados quais países apresentaram maior crescimento dessa fonte de geração, tendo como resultados a Alemanha, Japão e China. Todos apresentaram estímulo fiscais para fabricação, importação e uso de equipamentos relacionados à geração fotovoltaica.

As iniciativas públicas brasileiras para esse setor se iniciaram em 2002, apresentaram forte evolução após 2012 e parecem manter constante atualização para potencializar a implantação dessa fonte de energia no Brasil. Como resultado disso, constata-se que o Brasil tem - aproximadamente - 20 anos de exploração e amadurecimento dessa tecnologia e já ocupa o 8º lugar neste modelo de geração. Desta maneira, conclui-se que incentivos brasileiros têm sido feitos e bem-sucedidos para o aumento da exploração do potencial fotovoltaico.

Agradecimentos

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná pelo apoio de natureza



financeira além dos colegas do Laboratório de eficiência, fontes alternativas e processamento de energia (LEFAPE) da UTFPR-MD pelo companheirismo.

Conflito de interesse

Não há conflito de interesse.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **gov.br**. Micro e Minigeração Distribuída. (online). ANEEL, 2022. [Link](#) de acesso em: 1 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA. **ABSOLAR**. Brasil avança no ranking mundial da fonte solar. (online). Setor Elétrico, 2022. [Link](#) de acesso em: 7 jun. 2023.

CONSULTORIA LEGISLATIVA. **Portal da Câmara dos Deputados**. ENERGIA SOLAR NO BRASIL: SITUAÇÃO E PERSPECTIVAS. (online). Consultoria legislativa, 2017. [Link](#) de acesso em: 10 jul. 2023.

GLOBO. **Valor econômico**. Energia solar alcança marca histórica no mundo. (online). Globo, 2023. [Link](#) de acesso em: 13 ago. 2023.

GLOBO. **Valor econômico**. Brasil se torna o 8º maior gerador de energia solar do mundo. (online). Globo, 2023. [Link](#) de acesso em: 17 ago. 2023.

IEA, International Energy Agency; **Snapshot of global photovoltaic markets.**; Mary Brunisholz; IEA PVPS; 2016. [Link](#) de acesso em: 10 maio 2023.

INVESTSP. **Agência Paulista De Promoção De Investimentos e Competitividade**. China já tem 410 GW de capacidade instalada de energia solar. (online). INVESTSP, 2023. [Link](#) de acesso em: 7 jul. 2023.

MME, Ministério de Minas e Energia; **Estudo e propostas de geração fotovoltaica conectada à rede em particular em edificações urbanas**; MME; Brasília; 2009. [Link](#) de acesso em: 13 jun. 2023.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica na China**. (online) 2016. [Link](#) de acesso em: 20 ago. 2023.

PORTAL SOLAR. **Energia Solar Fotovoltaica no Japão**. (online) 2015. [Link](#) de acesso em: 20 ago. 2023.

VELOSO, Caroline Karen Peixoto Rodrigues, *et al.* Energia fotovoltaica: legislação e incentivos pelo mundo e como impactam o Brasil. **UniAcademia Centro universitário**. (online) 2020. [Link](#) de acesso em: 4 set. 2023.