

Energia Solar

Francisco Diniz Bezerra

Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.
Coordenador de Estudos e Pesquisas do BNB/Etene.
diniz@bnb.gov.br

Resumo: No final de 2022, a potência instalada mundial de geração solar fotovoltaica somava 1.047 GW, sendo a China o país líder, com participação de 37,5% do total. No período de 2014-2022, a potência fotovoltaica cresceu exponencialmente à razão média de 25,0% ao ano. Em termos globais, a presença brasileira é ainda tímida, representando apenas 2,3% da potência total, no entanto, tem crescido de forma expressiva nos últimos anos, alcançando a 8ª posição entre os países. A potência instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil corresponde, em dados do final de 2022, a 25,4 GW, (7,4 GW em projetos centralizados e 17,9 GW em geração distribuída), representando 13,3% da potência instalada no País. O Nordeste sedia 61,9% dos projetos fotovoltaicos centralizados e 18,9% da geração fotovoltaica distribuída do País. Nessa Região, destacam-se na geração solar fotovoltaica (centralizada e distribuída juntas) a Bahia, o Piauí e o Ceará. O Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2031 (MME; EPE, 2022) aponta um futuro promissor para a energia solar no Brasil. De acordo com o trabalho, a geração solar fotovoltaica terá o maior incremento dentre as fontes de energia, devendo representar cerca de 20% da matriz elétrica nacional em 2031. Para a fonte solar centralizada, em particular, o estudo indica aumento na participação de 2% para 4% na potência elétrica instalada no Brasil no horizonte do Plano, acrescentando novos 5,8 GW na matriz elétrica brasileira. Estima-se que este montante demandará investimentos de cerca de R\$ 24 bilhões nesse segmento. Para a micro e minigeração distribuída (MMGD) da fonte solar fotovoltaica, é previsto crescer 26,2 GW até 2031, estimando-se investimentos da ordem de R\$ 120 bilhões. O Nordeste será uma das Regiões mais contempladas nos investimentos previstos, em função de sua elevada competitividade nessa atividade. Ante a perspectiva de implantação de indústrias de hidrogênio verde no Nordeste, a demanda de energia solar na Região poderá ser substancialmente maior, gerando novas oportunidades de investimento. A expressiva redução no preço do polissilício, principal insumo para produção de painéis fotovoltaicos, juntamente com a queda no custo do frete internacional, que está voltando para o mesmo patamar observado antes da pandemia de Covid-19, estão contribuindo para a diminuição do valor do kit fotovoltaico, melhorando a competitividade da geração solar.

Palavras-Chave: Energia solar; Geração fotovoltaica; Geração distribuída; Nordeste.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE

Expediente: Luiz Alberto Esteves (Economista-Chefe). Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE: Tibério R. R. Bernardo (Gerente de Ambiente). Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais: Luciano F. Ximenes (Gerente Executivo), Maria de Fátima Vidal, Jackson Dantas Coêlho, Kamilla Ribas Soares, Fernando L. E. Viana, Francisco Diniz Bezerra, Luciana Mota Tomé, Biagio de Oliveira Mendes Junior. Célula de Gestão de Informações Econômicas: Marcos Falcão Gonçalves (Gerente Executivo), Gustavo Bezerra Carvalho (Projeto Gráfico), Hermano José Pinho (Revisão Vernacular), Lara Catarina de Aragão F. dos Reis, Mariana Carvalho e Lima, Naate Maia Muniz (Bolsistas de Nível Superior).

O Caderno Setorial ETENE é uma publicação mensal que reúne análises de setores que perfazem a economia nordestina. O Caderno ainda traz temas transversais na sessão "Economia Regional". Sob uma redação eclética, esta publicação se adequa à rede bancária, pesquisadores de áreas afins, estudantes, e demais segmentos do setor produtivo.

Contato: Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste - ETENE. Av. Dr. Silas Munguba 5.700, Bl A2 Térreo, Passaré, 60.743-902, Fortaleza-CE. <http://www.bnb.gov.br/etene>. E-mail: etene@bnb.gov.br

Aviso Legal: O BNB/ETENE não se responsabiliza por quaisquer atos/decisões tomadas com base nas informações disponibilizadas por suas publicações e projeções. Desse modo, todas as consequências ou responsabilidades pelo uso de quaisquer dados ou análises desta publicação são assumidas exclusivamente pelo usuário, eximindo o BNB de todas as ações decorrentes do uso deste material. O acesso a essas informações implica a total aceitação deste termo de responsabilidade. É permitida a reprodução das matérias, desde que seja citada a fonte. SAC 0800 728 3030; Ouvidoria 0800 033 3030; bancodonordeste.gov.br

1 Introdução

No cenário mundial, o Brasil se destaca por ter sua matriz de geração de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade. Além da hídrica, outras fontes renováveis se sobressaem no País, como a biomassa, a eólica e, mais recentemente, a solar.

Embora existam outras formas de gerar energia elétrica a partir da fonte solar, tem-se sobressaído a utilização da tecnologia fotovoltaica, particularmente por sua praticidade. A energia gerada a partir da fonte solar pode ser destinada à comercialização no mercado de energia, como também ser utilizada para o autoconsumo. No primeiro caso, as usinas fotovoltaicas são normalmente de grande porte, sendo a energia gerada destinada ao Ambiente de Contratação Regulado (mercado cativo ou regulado) e/ou ao Ambiente de Contratação Livre (mercado livre de energia). No caso de autoconsumo, em geral, as usinas fotovoltaicas são de pequeno porte, sendo os projetos enquadrados como micro e minigeração distribuída (MMGD), amparadas atualmente por regras definidas pela Lei 14.300, de 06/01/2022, e por resoluções normativas (REN) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em especial, a REN Nº 1.059, de 07 de fevereiro de 2023.

Graças à competitividade da tecnologia fotovoltaica, a fonte solar tem aumentado de forma expressiva a sua participação na matriz elétrica brasileira, sendo atualmente uma das alternativas mais viáveis no País. Com efeito, conforme observado em leilões privados e oficiais, os projetos centralizados de geração fotovoltaica obtiveram preços em patamar inferior aos de fontes tradicionais, como as termelétricas e hidrelétricas de grande porte (UHE) e de pequeno porte (PCH e CGH). Por outro lado, na geração distribuída, a fonte solar se mostra cada vez mais competitiva ante as tarifas praticadas pelas concessionárias de energia elétrica, apresentando enormes perspectivas no Brasil, a exemplo do que se observa em outros países. Neste contexto, o Nordeste se destaca, em razão de seu elevado potencial solar e de dispor de níveis de irradiação mais favoráveis, comparativamente às demais regiões do País, tornando-o candidato nato a receber vultosos investimentos em geração elétrica com a utilização desta fonte energética.

Esta análise setorial tem como objetivo principal disponibilizar informações sobre a geração de energia elétrica a partir da fonte solar, com ênfase no Nordeste do Brasil. É constituída por cinco tópicos, incluindo esta introdução. No segundo tópico, aborda-se as potencialidades e a evolução do mercado da geração solar no mundo e no Brasil, enfatizando o Nordeste. No terceiro, discorre-se sobre a competitividade da fonte solar no Brasil, destacando o Nordeste nesse contexto. No quarto, apresenta-se a ação do Banco do Nordeste na inserção da geração solar em sua área de atuação. Por fim, no quinto tópico, são apresentadas as perspectivas da geração fotovoltaica no Brasil.

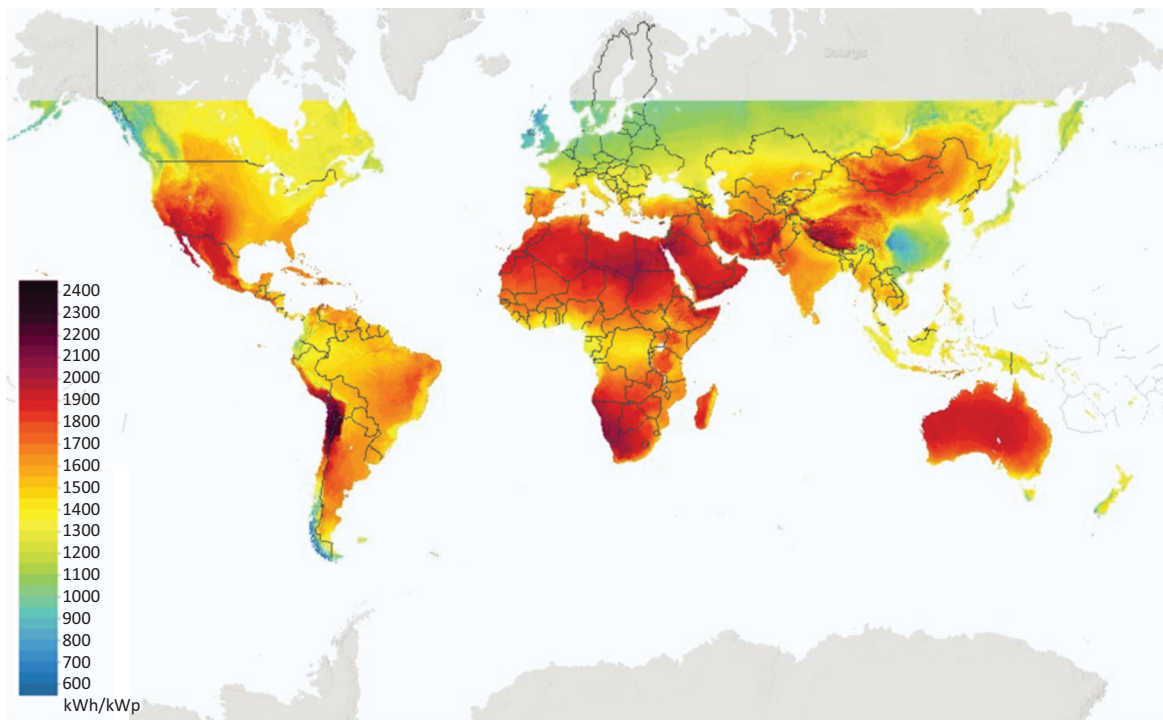
2 Potencial e Evolução do Mercado de Geração de Energia Solar

2.1 No Mundo

A energia proveniente do Sol chega à superfície terrestre de forma não homogênea. Ela depende de diversos fatores, dentre os quais a latitude, a estação do ano e as condições atmosféricas. O Atlas Solar Global, disponibilizado pelo World Bank Group (2023), apresenta o mapa da radiação solar na superfície da Terra, possibilitando conhecer as regiões que possuem o maior potencial de geração fotovoltaica (**Figura 1**).

A disponibilidade de energia solar na superfície terrestre é muito superior à demanda global de energia elétrica. À medida que as tecnologias que fazem uso da energia solar se tornam mais competitivas ante outras opções de geração, a participação dessa fonte na matriz elétrica tende a crescer. Isto já se verifica em diversos países, inclusive no Brasil. Para o futuro, as projeções indicam aumento expressivo da participação da fonte solar na matriz elétrica mundial.

Figura 1 – Potencial de Energia Solar no Mundo

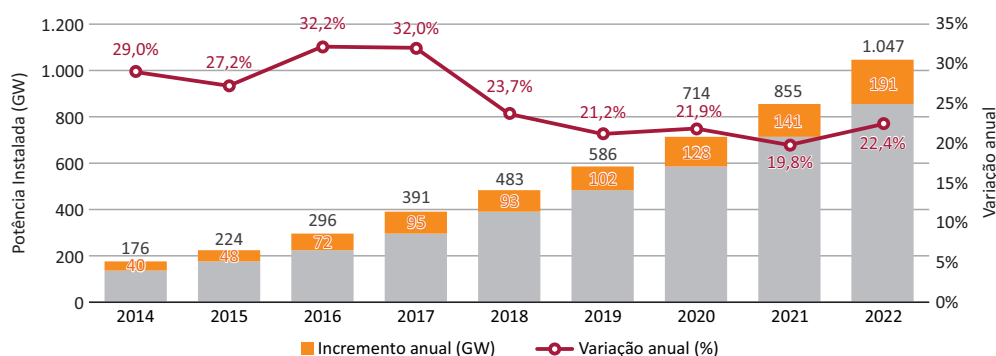


Fonte: Adaptado de World Bank Group (2023).

No final de 2022, a potência instalada mundial de energia solar fotovoltaica somava 1.047 GW. O crescimento anual tem sido muito expressivo nos últimos anos. Em 2022, foi 22,4% superior ao verificado no ano precedente e aproximadamente 6 vezes maior do que o observado em 2014. No período de 2014-2022, cresceu à razão média de 25,0% ao ano (**Gráfico 1**).

Este cenário de aumento expressivo na expansão da geração solar fotovoltaica tende a se manter nos próximos anos, face ao apelo para a produção de energia a partir de fontes renováveis e às perspectivas de redução do custo de geração.

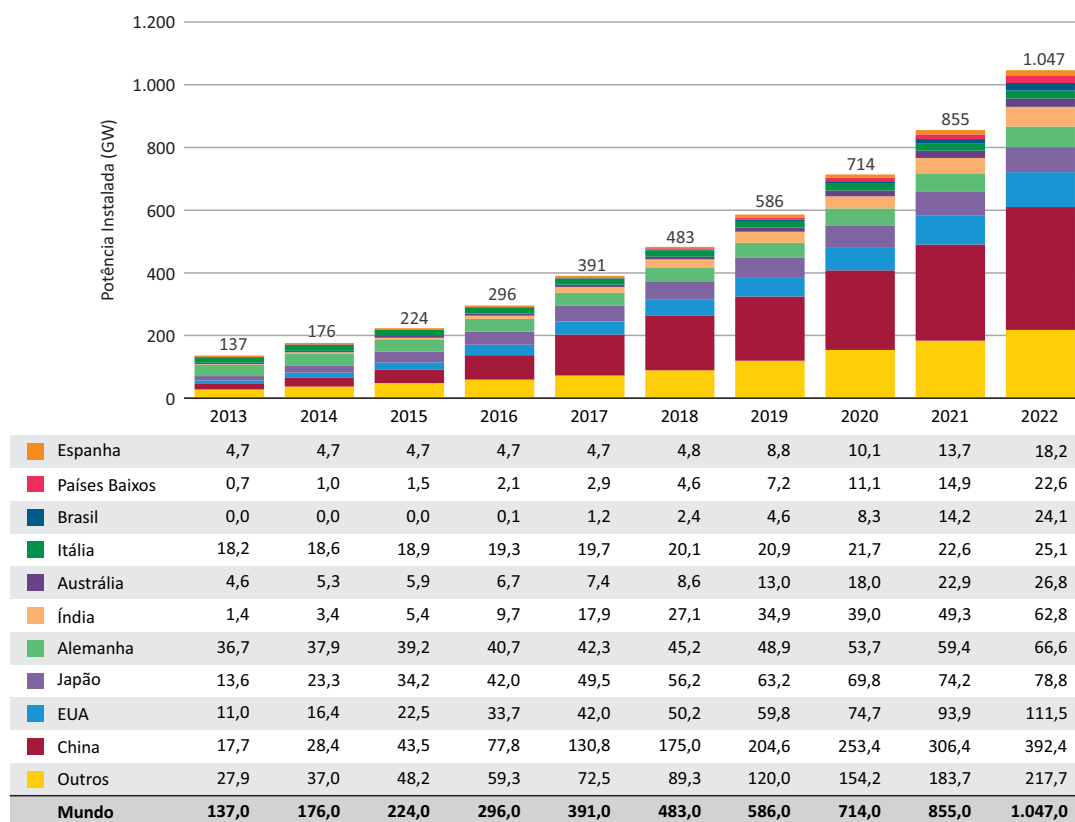
Gráfico 1 – Incremento anual (%) e evolução da potência instalada de geração solar fotovoltaica no mundo (GW) – 2014 - 2022



Fonte: IRENA (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Ao longo do período 2014-2022, assistiu-se à paulatina ascensão da participação da China na potência instalada de geração fotovoltaica do mundo, alcançando a liderança em 2015. A Alemanha, país líder no início do período, vem perdendo participação relativa ao longo dos anos. Em 2022, o Brasil ocupava o 8º oitavo lugar no ranking dos países com maior potência fotovoltaica instalada, participando com 2,3% do total mundial (**Gráfico 2**).

Gráfico 2 – Evolução da potência instalada de geração solar fotovoltaica nos 10 principais países (GW)



Fonte: IRENA (2023). Elaboração: BNB/Etene.

2.2 No Brasil, com ênfase no Nordeste

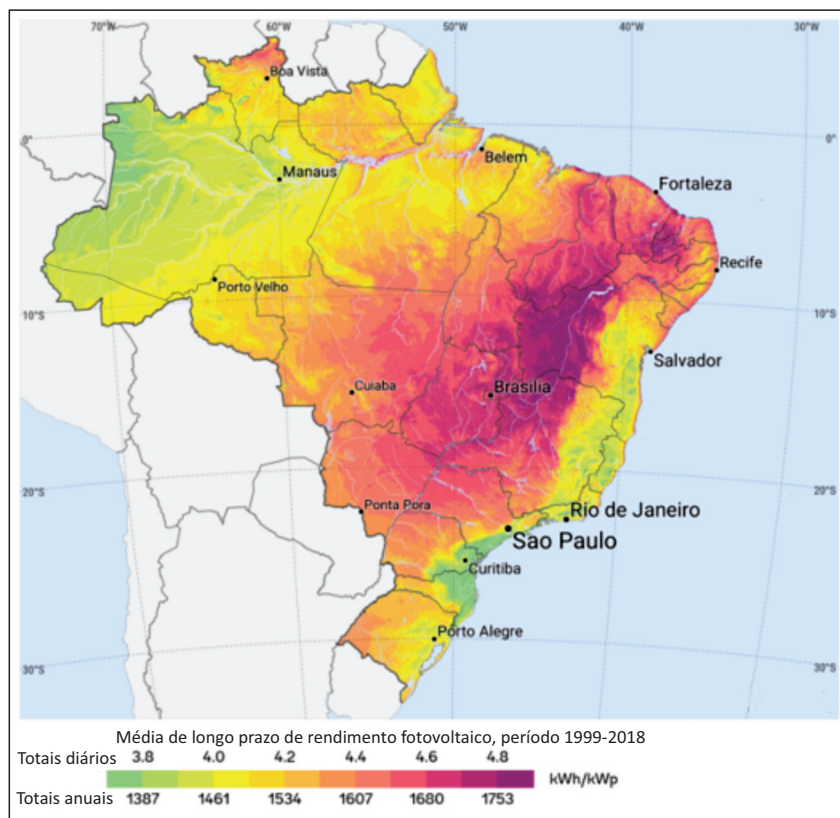
2.2.1 Potencial do Brasil em geração solar

A grande extensão territorial e a expressiva área de telhados em unidades residenciais e comerciais, aliadas ao elevado nível de irradiação existente no Brasil, representam um enorme potencial para a geração solar centralizada e distribuída.

O Atlas Solar Global, publicado pelo World Bank Group (2023), disponibiliza um conjunto de mapas de países e regiões com informações sobre irradiação e potencial fotovoltaico. Para o Brasil, o mapa do potencial fotovoltaico indica que parte expressiva do território nacional tem vocação para a geração de energia elétrica com elevada eficiência, em especial áreas do interior do Nordeste, do Sudeste e do Centro-Oeste (**Figura 2**).

Destaque-se ainda que o potencial solar no Brasil supera em muito o de outras fontes. Com efeito, como observa Sauaia (2019), o potencial brasileiro para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis é gigantesco, compreendendo 172 GW para a fonte hídrica (sendo mais de um terço na Região amazônica), 440,5 GW para a fonte eólica, 28.519 GW para a fonte solar em projetos centralizados e 164,1 GW para essa fonte em projetos residenciais de geração distribuída. A título de comparação, atualmente, a potência instalada de geração de energia elétrica no Brasil é cerca de 195 GW em projetos com outorga, acrescidos de mais 22 GW em geração distribuída. Portanto, são enormes as possibilidades de investimentos para suprir as necessidades do País por meio das fontes renováveis, em particular com a utilização dos recursos solar e eólico.

Figura 2 – Potencial fotovoltaico brasileiro

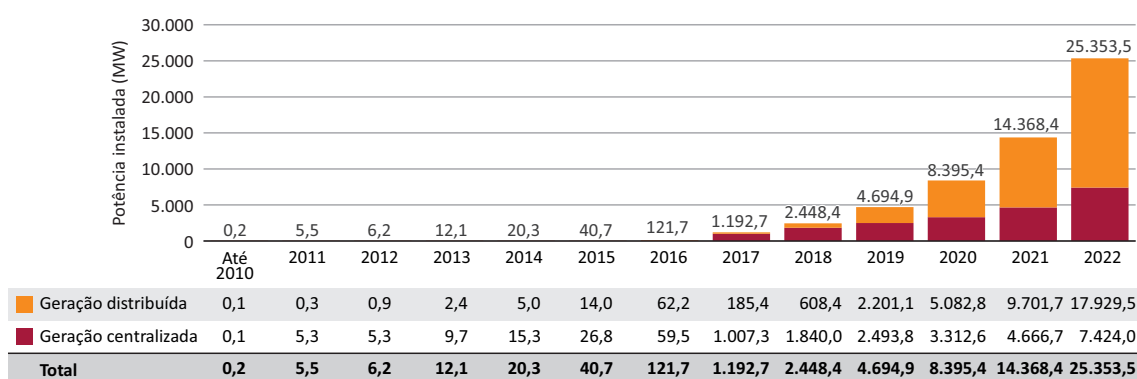


Fonte: Adaptado de World Bank Group (2023).

2.2.2 Evolução da geração solar no Brasil e no Nordeste

Nos últimos anos, a geração solar no Brasil teve grande impulso, em razão dos avanços no marco legal da geração distribuída e da queda no preço dos equipamentos fotovoltaicos. A partir de 2017, a potência de geração fotovoltaica no País experimentou crescimento expressivo, tendo alcançado 25.353,5 MW no final de 2022 (**Gráfico 3**).

Gráfico 3 – Evolução da potência instalada de geração de energia solar fotovoltaica no Brasil (MW)



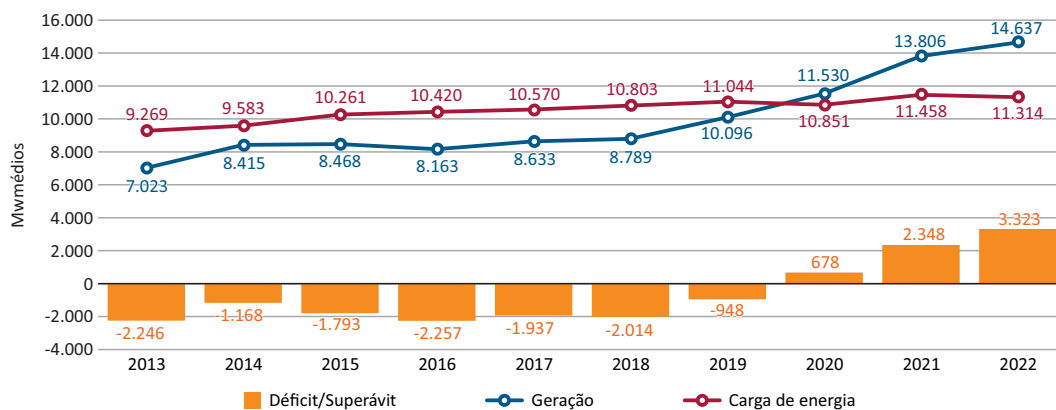
Fonte: Aneel (2023a), Aneel (2023b). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: Os dados divulgados no site da Aneel podem ser atualizados e sofrer alterações após a data da consulta desta pesquisa. Os dados de geração centralizada correspondem à potência outorgada.

Os vultosos investimentos realizados no Nordeste nos últimos anos em energia solar e eólica possibilitaram a Região tornar-se superavitária na geração de energia elétrica a partir de 2020. Desde então, o superávit tem aumentado continuamente, alcançando 3.323 MW médios em 2022, tendo por base dados do Subsistema Nordeste¹ do SIN, disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS (**Gráfico 4**).

¹ O Subsistema Nordeste é formado por todos os estados nordestinos, exceto o Maranhão.

Gráfico 4 – Evolução da carga, geração e intercâmbio de energia elétrica no Subsistema Nordeste – 2013-2022 (MW médios)

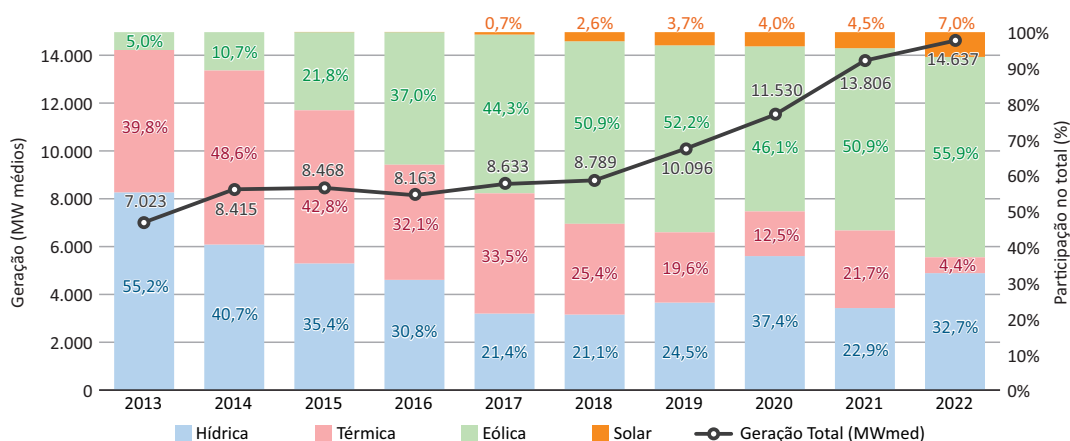


Fonte: ONS (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: A divisão dos subsistemas de energia no Brasil compreende composição de estados distinta da regional. No caso do Subsistema Nordeste, fazem parte todos os estados da Região, exceto o Maranhão, que pertence ao Subsistema Norte.

No Subsistema Nordeste, nos últimos anos, a fonte solar está paulatinamente ocupando maior espaço na geração de energia elétrica, representando 7,0% do total gerado em 2022 (**Gráfico 5**).

Gráfico 5 – Evolução da participação das fontes na geração de energia elétrica do Subsistema Nordeste – 2013-2022 (%)



Fonte: ONS (2023). Elaboração: BNB/Etene.

2.2.3 Situação atual da fonte solar no Brasil, em particular no Nordeste e nos estados da Região

A análise desagregada por região da geração de energia solar no Brasil indica que o Nordeste lidera na geração centralizada e o Sudeste na geração distribuída. Da potência instalada no País no final de 2022, correspondente a 25.353,5 MW, a MMGD fotovoltaica participa com 71% e a geração centralizada com 29% (**Tabela 1**).

A potência solar fotovoltaica em geração distribuída no País corresponde a 17.929,5 MW, dos quais 18,94% no Nordeste destacando-se os estados da Bahia, Ceará e Pernambuco. A potência fotovoltaica centralizada, por sua vez, compreende 7.424 MW no País, dos quais 61,92% no Nordeste, com liderança da Bahia, seguida do Piauí e do Ceará.

Tabela 1 – Potência instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil, Nordeste e estados da Região – Posição: 31/12/2022

Unidade Geográfica	Geração distribuída		Geração centralizada		total	
	Potência (MW)	% Brasil	Potência (MW)	% Brasil	Potência (MW)	% Brasil
Brasil	17.929,5	100,00	7.424,0	100,00	25.353,5	100,00
Sudeste	5.747,7	32,06	2.716,7	36,59	8.464,5	33,39
Sul	5.022,0	28,01	36,7	0,49	5.058,7	19,95
Centro-Oeste	2.667,3	14,88	35,0	0,47	2.702,3	10,66
Norte	1.097,1	6,12	38,3	0,52	1.135,4	4,48
Nordeste	3.395,4	18,94	4.597,3	61,92	7.992,8	31,53
Alagoas	160,2	0,89	3,7	0,05	163,9	0,65
Bahia	744,3	4,15	1.359,1	18,31	2.103,4	8,30
Ceará	541,4	3,02	709,0	9,55	1.250,4	4,93
Maranhão	381,0	2,12	2,3	0,03	383,2	1,51
Paraíba	256,4	1,43	460,7	6,21	717,1	2,83
Pernambuco	531,1	2,96	318,9	4,29	850,0	3,35
Piauí	304,3	1,70	1.376,1	18,54	1.680,4	6,63
Rio Grande do Norte	372,4	2,08	366,8	4,94	739,2	2,92
Sergipe	104,5	0,58	0,8	0,01	105,3	0,42

Fonte: Aneel (2023a), Aneel (2023b). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: Os dados de geração distribuída no site da Aneel podem ser atualizados após a data da consulta desta pesquisa na geração centralizada, a potência informada corresponde à potência outorgada de acordo com a base de dados SIGA/Aneel; das 16.503 usinas fotovoltaicas em operação em 31/12/2022, apenas 263 têm potência igual ou superior a 1 MW. A grande maioria faz parte de programas das distribuidoras de alguns estados e possui até 10 kW de potência.

Para se ter uma ideia do forte crescimento da geração distribuída no Brasil; foram instalados no País 8,2 GW em projetos fotovoltaicos de MMGD em 2022, enquanto foram acrescentados 2,8 GW por todas as fontes no Sistema Interligado Nacional (SIN), inclusive solar fotovoltaica (UFV) centralizada. Ressalta-se que a base de dados das usinas do SIN, disponibilizada no Sistema de Informações de Geração da Aneel (SIGA), não inclui a geração distribuída.

Quanto à geração solar centralizada, sua inserção tem ocorrido por meio do mercado regulado, via leilões oficiais, e por meio do mercado livre de energia. Nos 12 leilões realizados pela Aneel, por intermédio da CCEE, em que a fonte solar foi contemplada, foram aprovados 184 projetos de geração fotovoltaica (excluídos projetos descontratados ou com outorga revogada²), perfazendo um montante de 5.299,2 MW de potência (**Tabela 2**). Desse total, o Nordeste foi contemplado com 75,0% (3.974,2 MW). Isto indica que o elevado potencial solar da Região nordestina tem se materializado em projetos vencedores nos leilões públicos de compra e venda de energia elétrica.

Na Região nordestina, foram destaques nos leilões promovidos pelo Governo Federal os estados da Bahia, do Piauí e do Ceará. Juntos, esses três estados foram contemplados com mais da metade da potência dos projetos de energia solar aprovados nos leilões oficiais.

3 Competitividade da Fonte Solar no Brasil

Até 2013, a energia solar não fazia parte dos resultados dos leilões. Somente em outubro de 2014, no 6º Leilão de Energia de Reserva (LER), a fonte solar foi contemplada, embora com preços substancialmente elevados. Nos leilões seguintes (7º LER e 8º LER), os preços da fonte solar se mantiveram altos. Nesses leilões, a concorrência se deu apenas entre projetos da mesma fonte de energia. Ressalta-se que, apesar da existência de alternativas menos custosas, o Governo brasileiro promoveu esses leilões incluindo a fonte solar para incentivar a sua inserção no Brasil, contribuindo para a criação de um mercado interno.

² Por meio do Mecanismo de Descontratação de Energia de Reserva, realizado em 28/08/2017, foram rescindidos os contratos referentes a 9 projetos fotovoltaicos (249,66 MW) aprovados no 6º LER. Outros dois projetos (60 MW) tiveram a outorga revogada nesse Leilão e um outro, de 30 MW, no 8º LER.

Tabela 2 – Distribuição estadual da potência de geração fotovoltaica aprovada em leilões de energia elétrica realizados pela CCEE (excluídos projetos descontratados ou com outorga revogada)

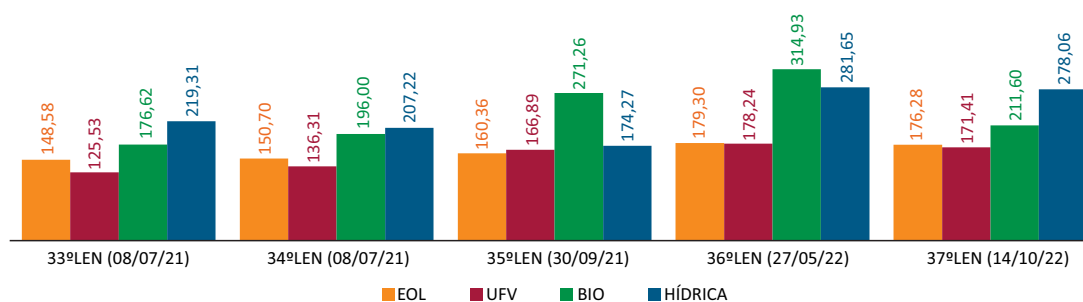
Data Leilão	Qde projetos	Potência (MW)	PI	CE	MG	BA	PE	PB	SP	RN	TO	GO
6º LER (31/10/2014)	20	580,0			90,0	210,0		30,0	240,0			10,0
7º LER (28/08/2015)	30	833,8	270,0		150,0	324,8		84,0			5,0	
8º LER (13/11/2015)	32	899,3		120,0	270,0	169,3	105,0	30,0	5,0	110,0	90,0	
25º LEN (18/12/2017)	20	574,0	240,0			112,0	147,0		75,0			
27º LEN (04/04/2018)	29	806,6	179,9	390,0	169,9		66,9					
29º LEN (28/06/2019)	6	203,7		163,7	40,0							
30º LEN (18/10/2019)	11	530,0	300,0	120,0			30,0			80,0		
33º LEN (08/07/2021)	5	169,3					69,3	100,0				
34º LEN (08/07/2021)	2	100,0						100,0				
35º LEN (30/09/2021)	20	236,4	60,0	96,2					80,2			
36º LEN (27/05/2022)	5	166,1					166,1					
37º LEN (14/10/2022)	4	200,0			100,0			100,0				
Total	184	5.299,2	1.049,9	889,9	819,9	816,1	584,3	444,0	400,2	190,0	95,0	10,0
Participação na potência total:	100,0%	19,8%	16,8%	15,5%	15,4%	11,0%	8,4%	7,6%	3,6%	1,8%	0,2%	

Fonte: CCEE (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: Dados da tabela contemplam somente leilões de energia de reserva (LER) e leilões de energia nova (LEN).

Essa realidade mudou radicalmente a partir de 2018, quando os preços do MWh da fonte solar despencaram. Nos cinco leilões de energia nova (LEN) mais recentes, ocorridos em 2021 e 2022, a fonte solar obteve o menor preço médio na maioria (**Gráfico 6**). Tendo por base os resultados dos certames, as fontes solar e eólica são atualmente as alternativas mais competitivas para gerar energia elétrica no Brasil. Cabe ressaltar, contudo, que os preços dos leilões podem não refletir a realidade dos custos de geração para essas duas fontes, já que as empresas, em geral, reduzem preços com o intuito de assegurar algumas vantagens, prevendo negociar a maior parte da energia a ser gerada em seus projetos no Ambiente de Contratação Livre (ACL), com valores mais elevados.

Gráfico 6 – Preços médios por fonte de energia nos Leilões de Energia Nova (LEN) realizados em 2021 e 2022 (R\$/MWh)

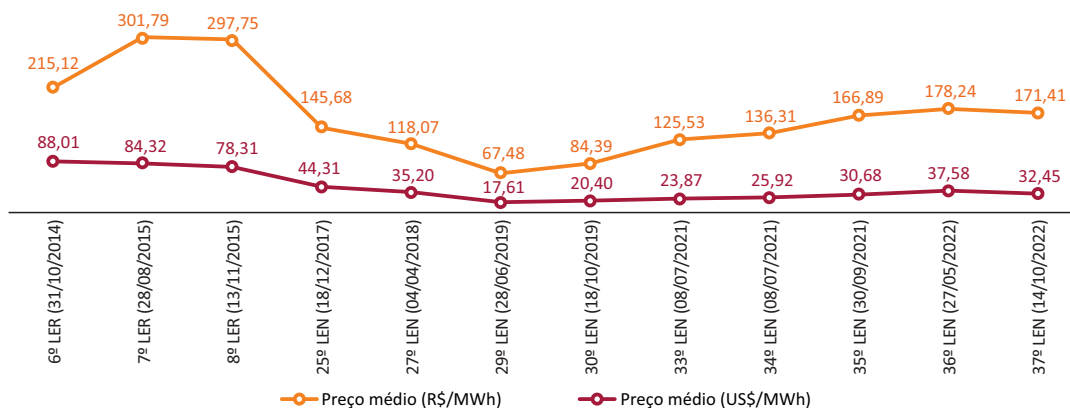


Fonte: CCEE (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: A fonte hídrica compreende CGH, PCH e UHE; EOL corresponde à geração eólica, UFV à solar fotovoltaica e BIO à termelétrica movida a biomassa; Não foram considerados projetos de Resíduo Sólido Urbano (RSU) no gráfico.

Considerando os 12 leilões promovidos pelo Governo Federal que tiveram projetos contemplados da fonte solar, observa-se que o preço da energia comercializada das usinas fotovoltaicas diminuiu substancialmente desde os primeiros certames realizados. Contudo, o 29º LEN pode ser considerado um ponto de inflexão, quando os preços do MWh iniciaram uma tendência de crescimento (**Gráfico 7**).

Gráfico 7 – Preço médio da energia solar fotovoltaica comercializada nos leilões oficiais



Fontes: CCEE (2023) e Bacen (2023). Elaboração: BNB/Etene.

A expressiva diminuição no valor do MWh e o consequente aumento da competitividade da fonte solar nos leilões deveu-se, sobretudo, à queda no preço do módulo, principal item de custo dos sistemas fotovoltaicos. A partir de 2017, os preços médios do Wp oscilaram, tendo 2020 como ponto de inflexão. Comparando-se os preços médios de 2017 e 2022, observa-se queda de 22% (Tabela 3). Ressalta-se que o preço médio do Wp em anos anteriores foi muito mais elevado.

Tabela 3 – Importações brasileiras de módulos fotovoltaicos e estimativa do preço médio do Wp – 2017-2022

Ano	Valor (US\$ milhões)	Estimativa de potência (MWp)	Estimativa de preço médio (US\$/Wp)
2017	350,3	0,9	0,37
2018	580,5	1,9	0,31
2019	1010,5	4,1	0,24
2020	1027,1	4,8	0,21
2021	2344,7	10,4	0,23
2022	5125,5	17,8	0,29

Fontes: MDIC (2023); Greener (2023a); Greener (2023b); Greener (2023c). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: 1) Valores de importações referentes aos códigos NCM(2017) 85414032 e 85414039 e NCM(2022) 85414300 obtidos no MDIC; 2) Potência de módulos fotovoltaicos importados informados por Greener.

Apesar do avanço da geração solar no Brasil, é importante a adoção de políticas para consolidar no País um parque industrial competitivo de produtos fotovoltaicos, diminuindo assim as importações do setor, que já ultrapassam 5 bilhões de dólares por ano. Ressalta-se que 99,0% das importações brasileiras de módulos fotovoltaicos são provenientes da China, chegando ao País principalmente pelo Porto de Santos e, no Nordeste, pelo Porto de Salvador (Tabela 4).

Tabela 4 – Principais portos de entrada das importações brasileiras de módulos fotovoltaicos em 2022 (US\$ milhões)

Cód. URF	Unidade da Receita Federal (URF)	Valor Importações (US\$ milhões)
0817800	Porto de Santos (SP)	2.519,86
0917800	Porto de Paranaguá (PR)	848,55
0927800	Porto de Itajaí (SC)	836,55
0717600	Porto do Rio de Janeiro (RJ)	294,02
0927700	Porto de São Francisco do Sul (SC)	220,13
0517800	ALF Salvador (BA)	180,27
0417902	IRF Porto de Suape (PE)	135,02
1017700	Porto de Rio Grande (RS)	61,63
0727600	Porto de Vitória (ES)	10,48
0710251	IRF Campos dos Goytacazes (RJ)	5,83

Cód. URF	Unidade da Receita Federal (URF)	Valor Importações (US\$ milhões)
0227600	Porto de Manaus (AM)	5,80
0217800	ALF Belém (PA)	4,61
0317900	ALF Fortaleza (CE)	2,32
	Outros	0,41
TOTAL		5.125,47

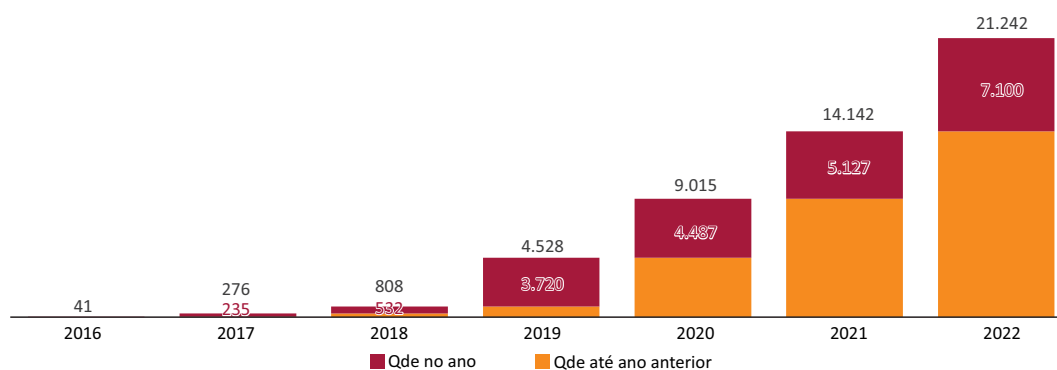
Fonte: Ministério da Economia (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Notas: valores de importações referentes aos códigos NCM(2017) 85414032 e 85414039 e NCM(2022) 85414300.

4 Apoio do Banco do Nordeste à Energia Solar Fotovoltaica

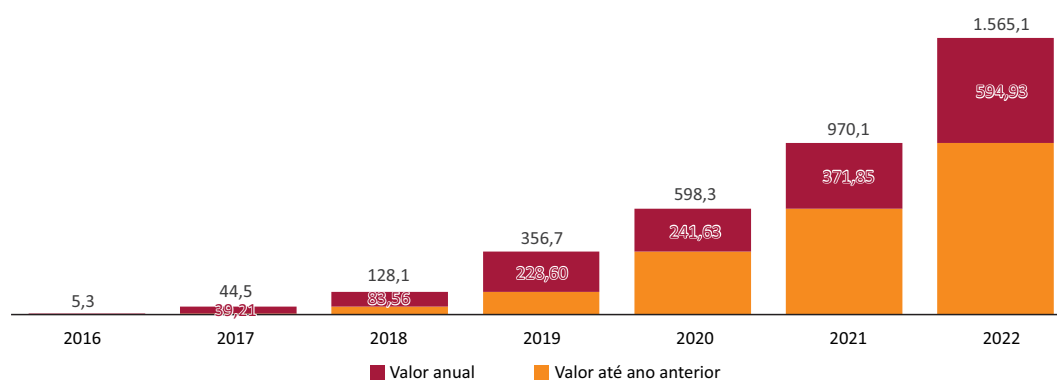
O apoio do Banco do Nordeste ao setor de energia solar fotovoltaica tem crescido de forma expressiva, tanto na geração distribuída como na geração centralizada. Por meio do FNE Sol, desde o início do Programa (maio/2016) até 2022, o BNB contratou 21.242 operações de mini e microgeração distribuída em sua área de atuação (Nordeste e Norte dos Estados de Minas Gerais e do Espírito Santo), aportando R\$ 1,56 bilhão. Ano após ano, as contratações do FNE Sol vêm crescendo continuamente (Gráfico 8 e Gráfico 9).

Gráfico 8 – Quantidade anual e acumulada de operações contratadas pelo BNB no Programa FNE Sol



Fonte: BNB (2023).

Gráfico 9 – Valor anual e acumulado de contratações do BNB no Programa FNE Sol (R\$ milhões)



Fonte: BNB (2023).

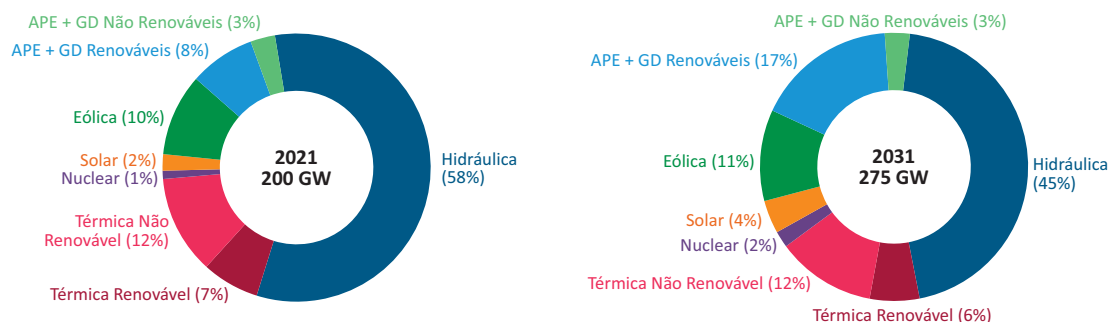
No que concerne à geração fotovoltaica centralizada, o Banco contratou, com recursos provenientes do FNE, mais de R\$ 11 bilhões, no período de 2017 a 2022. Em razão da competitividade do Nordeste nessa fonte de geração ante as demais regiões brasileiras, a tendência é de incremento da ação do Banco no apoio a projetos fotovoltaicos nos próximos anos, tanto no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) como também no Ambiente de Contratação Livre (ACL).

5 Perspectivas da Fonte Solar no Brasil

A geração solar fotovoltaica terá o maior incremento dentre as fontes de energia, devendo representar cerca de 20% da matriz elétrica nacional em 2031. Para projetos centralizados, em particular, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2031 (MME; EPE, 2022) prevê o aumento da participa-

ção da fonte solar na capacidade instalada de geração elétrica de 2% em 2021 para 4% no horizonte do Plano (**Gráfico 10**). Caso confirmada, essa expansão representará um incremento de aproximadamente 5.814 MW de potência fotovoltaica até 2031, demandando investimentos da ordem de R\$ 24 bilhões, tendo por base o valor médio de R\$4,13 milhões/MW instalado, observado nos 36º e 37º leilões de energia nova. No que concerne à geração distribuída, o PDE 2031 projeta a instalação de 26.172 MW em usinas fotovoltaicas no horizonte do Plano, estimando-se serem necessários investimentos da ordem de R\$ 120 bilhões.

Gráfico 10 – Evolução da composição da p instalada de geração de energia elétrica por fonte



Fonte: MME; EPE (2022).

Nota: Inclui parcela da UHE Itaipu pertencente ao Paraguai. Na GD Renováveis, está inclusa a geração distribuída da fonte solar.

Em 2022, foram realizados dois leilões de energia nova: 36º LEN A-4 e 37º LEN A-5 (**Tabela 5**). Nesses certames, a fonte solar representou 17,5% da potência contemplada no 36º LEN e 35,9% no 37º LEN. A potência fotovoltaica aprovada nos dois leilões (~366 MW) requererá investimentos de cerca de R\$ 1,5 bilhão. Todos os projetos contemplados serão localizados na área de atuação do Banco do Nordeste, sendo 166 MW em Pernambuco, 100 MW na Paraíba e 100 MW em Minas Gerais, no município de Janaúba.

Tabela 5 – Síntese de projetos aprovados nos leilões de energia nova realizados em 2022

Fonte	36º LEN A-4 (27/05/2022)					37º LEN A-5 (14/10/2022)				
	Qde	Potência (MW)	Investimento		Preço médio (R\$/MWh)	Qde	Potência (MW)	Investimento		Preço médio (R\$/MWh)
			R\$ milhões	R\$ milhões/MW				R\$ milhões	R\$ milhões/MW	
Biomassa	2	409,000	3.974,36	9,72	314,93	2	46,700	261,19	5,59	211,60
RSU						1	20,000	n.d.		603,50
CGH/PCH	18	189,751	1.065,11	5,61	281,65	11	127,059	929,04	7,31	278,34
UHE						1	48,400	318,55	6,58	277,44
Eólica	4	183,090	1.306,88	7,14	179,30	3	115,290	623,87	5,41	176,28
Fotovoltaica	5	166,061	687,29	4,14	178,24	4	200,000	822,33	4,11	171,41
Total Leilão	29	947,902	7.033,64	7,42	258,16	22	557,449	2.954,98	5,30	258,16

Fonte: CCEE (2023). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: RSU – Resíduo Sólido Urbano; CGH – Central Geradora Hidrelétrica; PCH – Pequena Central Hidrelétrica; UHE – Usina Hidrelétrica.

Concernente ao preço de sistemas fotovoltaicos, as perspectivas indicam queda no médio prazo. Diversos fatores estão concorrendo para a redução de preços. De acordo com Greener (2023d), o silício, matéria-prima do polissilício, é responsável por cerca de 60% do custo de módulos fotovoltaicos, que representam em torno de 38% a 50% do preço final de um sistema fotovoltaico. Em 12/07/2023, o preço spot do polissilício registrava US\$8,66/kg, valor que representa uma redução de cerca de 77% quando comparado aos preços observados em dezembro/22 (~US\$37,00/kg) (Bernreuter Research, 2023) (**Gráfico 11**).

Gráfico 11 – Evolução do preço spot do polissilício



Fonte: Bernreuter Reserach (2023).

Por outro lado, o valor do frete dos navios que fazem rotas asiáticas está em queda, voltando aos patamares prévios à pandemia. Todos esses fatores somados, além da possibilidade de estoque dos distribuidores de equipamentos, podem reduzir o preço final dos kits fotovoltaicos (GREENER, 2023d).

Sumário Executivo Setorial

<p>Ambiente político-regulatório</p>	<p>O mercado de energia solar dispõe de marco regulatório considerado maduro, tanto para a geração centralizada como para a mini e microgeração distribuída (MMGD). No caso da MMGD, está em vigor a Lei 14.300, de 06/01/2022, regulamentada pela Resolução Normativa (REN) Aneel Nº 1.059, de 07/02/2023. Não se visualiza entraves legais que impeçam o desenvolvimento de usinas solares fotovoltaicas no Brasil. Resultado disto é que a fonte solar fotovoltaica tem aumentado sistematicamente a sua participação na matriz elétrica do País, ocupando maior espaço tanto no mercado regulado, via projetos aprovados nos leilões oficiais, como também no mercado livre de energia. Inclusive, em 2022, a potência instalada de usinas de MMGD da fonte solar no Brasil superou em quase três vezes a potência instalada de todas as demais fontes juntas, inclusive usinas fotovoltaicas centralizadas, demonstrando forte dinamismo.</p>
<p>Meio ambiente – O efeito das mudanças climáticas</p>	<p>A geração solar é renovável, limpa, de baixo impacto ambiental e não emite gases de efeito estufa (GEE). Por esta razão, tem sido utilizada como uma importante opção para mitigar os efeitos das mudanças climáticas no mundo, contribuindo para substituir alternativas de geração que utilizam combustíveis fósseis, que são poluentes e emitem GEE. Ante a perspectiva de desenvolvimento do hidrogênio verde, a geração solar desponta como uma alternativa promissora a ser utilizada no suprimento de energia elétrica para essa indústria, contribuindo, indiretamente, para a descarbonização da economia em setores como siderurgia, fabricação de cimento, transportes e fertilizantes, dentre outros. De acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica – Absolar, desde 2012 até o início de julho de 2023, as usinas fotovoltaicas de projetos centralizados e distribuídos instaladas no Brasil evitaram a emissão de 40,6 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera.</p>
<p>Nível de organização do setor</p>	<p>A cadeia produtiva da energia solar fotovoltaica tem elevado nível de organização no Brasil. No entanto, mais de 90% dos principais componentes dos sistemas fotovoltaicos (módulos e inversores) são importados, sendo a comercialização realizada principalmente por meio de distribuidoras que atuam no País. Dentre as entidades representativas do setor, destacam-se a Absolar e a Associação Brasileira de Geração Distribuída – ABGD. A Absolar congrega mais de uma centena de empresas que atuam na cadeia de valor da energia solar fotovoltaica no Brasil. Quanto à pesquisa na área da energia solar, diversas universidades realizam atividades de P&D&I no Brasil. Contudo, ante o potencial solar existente no País, seria oportuno existir centros de referência no desenvolvimento tecnológico nessa área.</p>
<p>Resultados das empresas que atuam no setor</p>	<p>Considerando uma amostra de 56 empresas de geração solar fotovoltaica com balanços auditados nos anos de 2020, 2021 ou 2022, a margem EBITDA média foi de 78,93% (desvio-padrão de 11,12%) e a margem de lucro operacional média foi de 55,72% (desvio-padrão de 16,21%). Dados disponibilizados pela EMIS.</p>
<p>Perspectivas para o setor</p>	<p>A geração solar fotovoltaica tem experimentado crescimento expressivo no mundo, tendo alcançado 1.047 GW de potência instalada em 2022, de acordo com Irena – International Renewable Energy Agency. No período de 2014-2022, a potência instalada de geração fotovoltaica mundial cresceu exponencialmente à razão média de 25,0% ao ano. A tendência é de crescimento anual de dois dígitos nos próximos anos. No Brasil, de acordo com o Plano Decenal de Expansão de Energia 2031 (PDE 2031), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética, a fonte solar fotovoltaica terá crescimento expressivo, sendo de 5.814 MW em usinas centralizadas e de 26.172 MW em MMGD no horizonte do Plano, prevendo-se investimentos da ordem de R\$144 bilhões. Esses dados revelam que o mercado fotovoltaico no País tende a crescer de forma expressiva nos próximos anos, abrindo espaço para a geração de oportunidades em toda a cadeia de valor.</p>

Referências

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2023a.

_____. **Base de dados SISGD**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 14 jun. 2023b.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **Conversão de moedas**. Disponível em: <www.bcb.gov.br>. Acesso: 18 jun. 2023.

BERNREUTER RESEARCH. **Global polysilicon price trend**. Disponível em: <<https://www.bernreuter.com/polysilicon/price-trend/>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

BNB - BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Contratações FNE**. BNB, 2023.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Agenda e resultados dos leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso: 18 jun. 2023.

GREENER. **Estudo estratégico mercado fotovoltaico de geração distribuída – 4º trimestre de 2019**. Disponível em: <www.greener.com.br>. Acesso em 15 jun. 2023a.

_____. **Estudo estratégico geração distribuída – 2º semestre 2021**. Disponível em: <www.greener.com.br>. Acesso em 15 jun. 2023b.

_____. **Estudo estratégico de geração distribuída – mercado fotovoltaico – fevereiro de 2023**. Disponível em: <www.greener.com.br>. Acesso em 15 jun. 2023c.

_____. **A queda de preço do polissilício e a relação com o mercado**. Disponível em: <https://www.greener.com.br/queda-de-precos-do-polissilicio-qual-o-reflexo-no-mercado/?utm_campaign=greener_insight_precos_de_polissilicio_em_queda&utm_medium=email&utm_source=RD+Station>. Acesso em 15 jun. 2023d.

IRENA. **Renewable capacity statistics 2023**. Disponível em: <<https://www.irena.org/Publications/2023/Mar/Renewable-capacity-statistics-2023>>. Acesso em: 09 jun. 2023.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2031**. Brasília: MME/EPE, 2022. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 20 jun. 2023.

MDIC - Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Comex Stat. **Base de dados**. Disponível em: <<http://comexstat.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Histórico da operação. **Geração de energia**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SAUAIA, R. L. **Energia solar fotovoltaica: panorama, oportunidades e desafios**. Audiência Pública, Comissão de Minas e Energia – CME, Câmara dos Deputados. Brasília, 13/08/2019. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/atividade-legislativa/comissoes/comissoes-permanentes/cme/apresentacoes-em-eventos/2019/13-08-2019-distribuicao-de-energia-solar-fotovoltaica/2019.08.13%20ABSOLAR%20-%20Energia%20Solar%20Fotovoltaica%20-%20Dr.%20Rodrigo%20Lopes%20Sauaia.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2020.

WORLD BANK GROUP. **Global solar atlas**. Disponível em: <<https://globalsolaratlas.info/map>>. Acesso em: 21 jun. 2023.

Todas as edições do caderno setorial disponíveis em:

<https://www.bnb.gov.br/etene/caderno-setorial>

Conheça outras publicações do ETENE

<https://www.bnb.gov.br/etene>