

ENERGIA SOLAR

FRANCISCO DINIZ BEZERRA

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

Resumo: A capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil corresponde a 8,9 GW, sendo 3,3 GW em projetos centralizados e 5,6 GW em geração distribuída, em dados do final de abril de 2021. O Nordeste sedia 70,7% dos projetos fotovoltaicos centralizados e 18,9% da geração fotovoltaica distribuída do País. Nessa Região, destacam-se na geração solar centralizada, o Piauí (31,3%) e a Bahia (23,7%), enquanto, na Mini e Microgeração Distribuída (MMGD), o Ceará (3,6%) e a Bahia (3,4%). O Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2030 (MME; EPE, 2021) 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. Para a fonte solar centralizada, o estudo indica crescimento de 163% de 2021 a 2030, alcançando a geração de 21 TWh (2,3% do total) no horizonte do Plano. Para a geração solar distribuída, é previsto chegar em 2030 com a potência instalada entre 16,8 GW e 24,5 GW, dependendo das regras a serem adotadas na revisão do marco legal da MMGD e de alterações no modelo tarifário da baixa tensão, prevendo-se investimentos da ordem de 50 a 70 bilhões de reais nesse segmento. Em 2030, estima-se que a fonte solar (centralizada, autoprodução e MMGD) gerará 53 TWh, montante que corresponderá a 5,8% da geração de energia elétrica no País. O Nordeste será a Região mais contemplada nos investimentos previstos em energia solar, em função de sua elevada competitividade nessa atividade.

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

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE - ETENE

Expediente: Banco do Nordeste: Romildo Carneiro Rolim (Presidente). 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 Simone de Castro Pereira Brainer, Maria de Fátima Vidal, Jackson Dantas Coêlho, Fernando L. E. Viana, Francisco Diniz Bezerra, Luciana Mota Tomé, Biágio de Oliveira Mendes Júnior. Célula de Gestão de Informações Econômicas: Bruno Gabai (Gerente Executivo), José Wandemberg Rodrigues Almeida, Gustavo Bezerra Carvalho (Projeto Gráfico), Hermano José Pinho (Revisão Vernacular), Francisco Kaique Feitosa Araujo e Marcus Vinicius Adriano Araujo (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 a solar.

No caso da fonte solar, o aumento de sua competitividade nos últimos anos possibilitou a sua inserção na matriz elétrica brasileira, sendo atualmente uma das alternativas mais viáveis para se gerar energia elétrica 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 PCH. 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 teve como objetivo disponibilizar informações sobre a geração de energia elétrica no Brasil a partir da fonte solar, com ênfase no Nordeste. É constituída por seis tópicos, incluindo esta introdução. No segundo tópico, faz-se uma sucinta caracterização da geração fotovoltaica. No terceiro, aborda-se as potencialidades e a evolução do mercado da geração solar no mundo e no Brasil, enfatizando o Nordeste. No quarto tópico, discorre-se sobre a competitividade da fonte solar no Brasil, destacando o Nordeste nesse contexto. No quinto, apresenta-se a ação do Banco do Nordeste na inserção da geração solar em sua área de atuação. Por fim, no sexto, são apresentadas as perspectivas da geração fotovoltaica no Brasil.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ATIVIDADE DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA

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. Por meio de células fotovoltaicas, a luz solar é convertida diretamente em eletricidade. Essas células fotovoltaicas são reunidas em módulos de diversas capacidades, consistindo estes nos produtos disponibilizados comercialmente no mercado. Os módulos podem ser utilizados individualmente ou associados para formar empreendimentos de geração de qualquer porte, tanto em sistemas autônomos (*off grid*) como em sistemas ligados à rede elétrica (*on grid*).

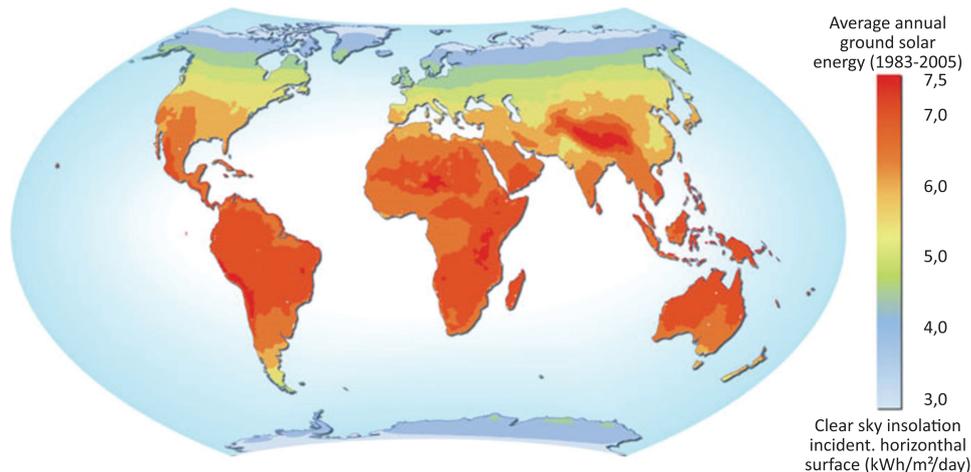
A energia gerada a partir da fonte solar pode ser destinada à comercialização no mercado de energia, como também ser utilizada para o autoconsumo. No primeiro caso, as usinas fotovoltaicas são normalmente de grande porte, sendo a energia gerada destinada ao Ambiente de Contratação Regulado (mercado cativo ou regulado) e/ou ao Ambiente de Contratação Livre (mercado livre de energia). No segundo caso, as usinas fotovoltaicas são de pequeno porte, sendo enquadradas como geração distribuída, amparadas atualmente por regras definidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), dentre elas as Resoluções Normativas 482/2012 e 687/2015.

3 POTENCIAL E EVOLUÇÃO DO MERCADO DE GERAÇÃO SOLAR

3.1 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. A Figura 1 ilustra a distribuição da incidência da energia solar na superfície da Terra.

Figura 1 – Potencial de Energia Solar no Mundo



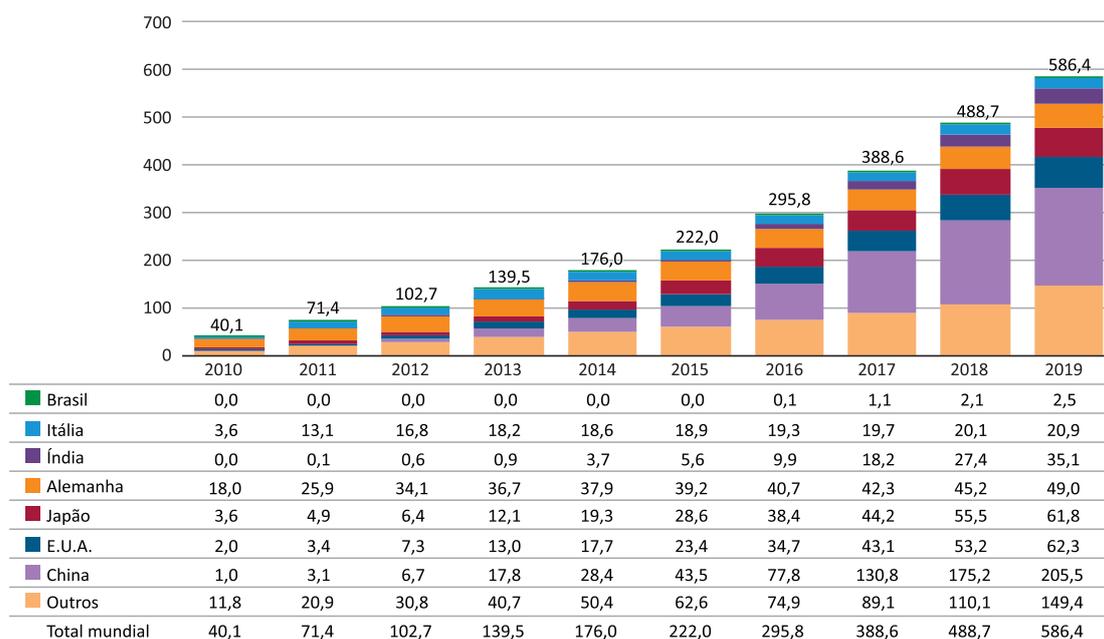
Fonte: United Nations Environment Programme – UNEP; NASA Surface Meteorology and Solar Energy – SSE, 2008 apud EIA (2018).

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, 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 de geração de energia elétrica mundial.

A participação da fonte solar na geração de energia elétrica mundial, correspondente a 2,68% em 2019, embora ainda tímida, cresce exponencialmente. Com efeito, a capacidade instalada de energia solar no mundo alcançou 586,4 GW no final de 2019, montante 20,0% superior ao verificado no ano precedente e aproximadamente 15 vezes maior do que o observado em 2010. No decênio 2010-2019, a capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir da fonte solar cresceu, em média, 30,8% ao ano no mundo (Gráfico 1).

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

Gráfico 1 – Evolução da capacidade instalada de geração fotovoltaica no mundo, nos principais países e no Brasil (GW)



Fonte: BP (2020). Elaboração: BNB/Etene.

Ao longo do decênio 2010-2019, assistiu-se à paulatina ascensão da participação da China na capacidade 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. A posição do Brasil ainda é pouco expressiva, representando, em dados de 2019, apenas 0,4% da capacidade instalada mundial em geração fotovoltaica.

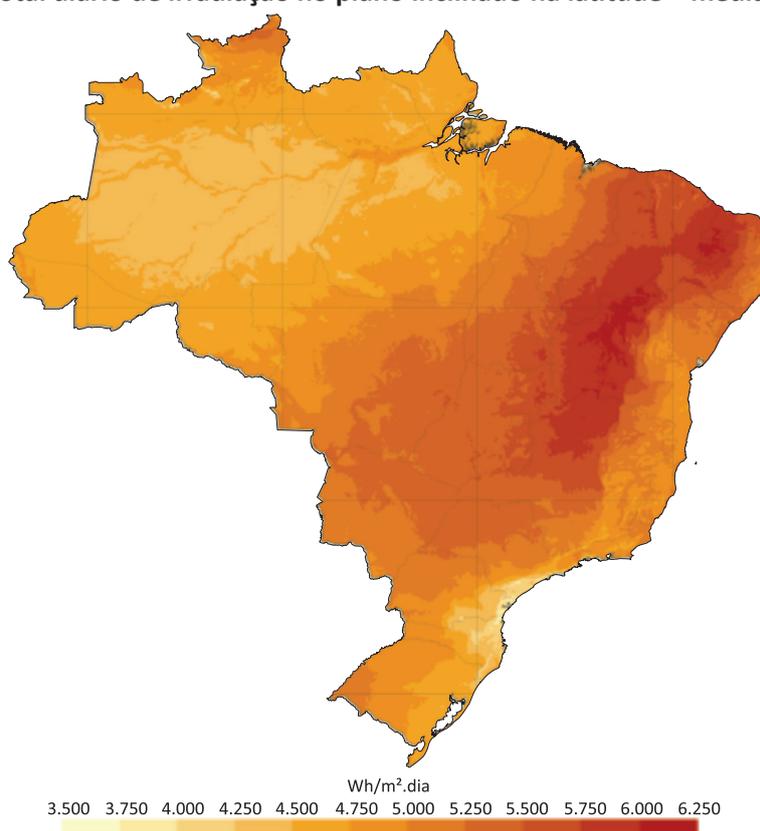
3.2 No Brasil, com ênfase no Nordeste

3.2.1 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 solar existente no Brasil, representam um enorme potencial para a geração solar centralizada e distribuída.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar, publicado em 2017 pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponibiliza os valores médios anuais da irradiação solar no Brasil (Figura 2). De acordo com esse estudo, o Nordeste é a região que possui os melhores parâmetros, apresentando o maior nível de irradiação no plano inclinado (média anual de 5,52 kWh/m².dia) e menor variabilidade interanual durante o ano (PEREIRA *et al.*, 2017). Por essa razão, essa Região, em particular sua porção semiárida, onde a elevada irradiação está associada à ocorrência de baixa precipitação e menor cobertura de nuvens ao longo do ano, se credencia a ser o destino prioritário de investimentos em geração de energia elétrica a partir da fonte solar, como já se observa nos leilões públicos e privados.

Figura 2 – Brasil: total diário de irradiação no plano inclinado na latitude – média anual



Fonte: Pereira et al. (2017).

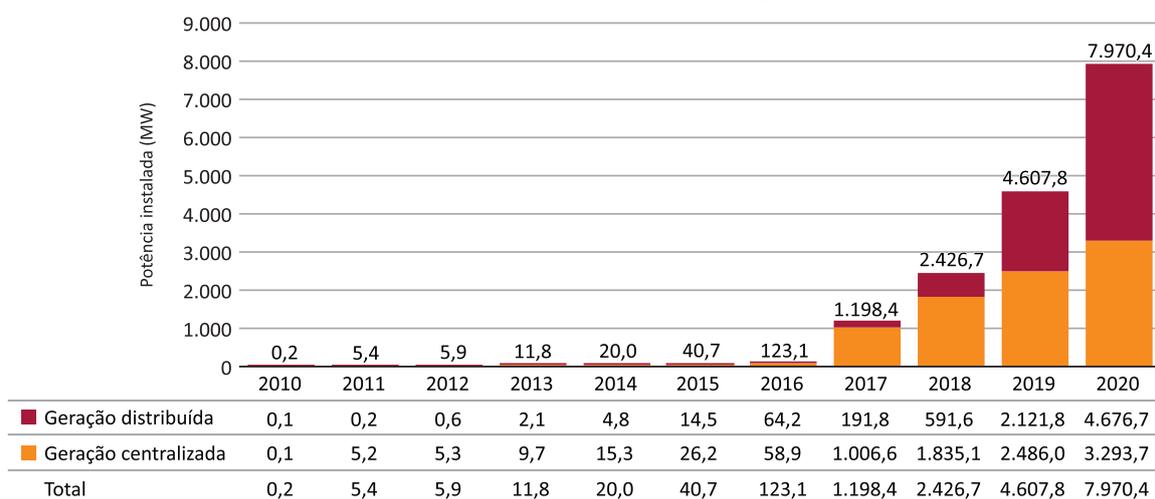
Destaque-se ainda que o potencial solar no Brasil supera em muito o de outras fontes. Com efeito, como observa Sawaia (2019), o potencial brasileiro para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis é gigantesco, compreendendo 172 GW para a fonte hídrica (sendo mais de um terço na Região 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 capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil é de aproximadamente 176

GW. Portanto, são enormes as possibilidades de investimentos para suprir as necessidades do País por meio das fontes renováveis, particularmente com a utilização dos recursos solar e eólico.

3.2.2 Evolução da geração solar no Brasil e no Nordeste

Nos últimos anos, a energia 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 capacidade de geração solar experimentou crescimento expressivo, alcançando 7.977,7 MW de potência instalada no final de 2020 (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Evolução da capacidade instalada de geração de energia solar no Brasil (MW)

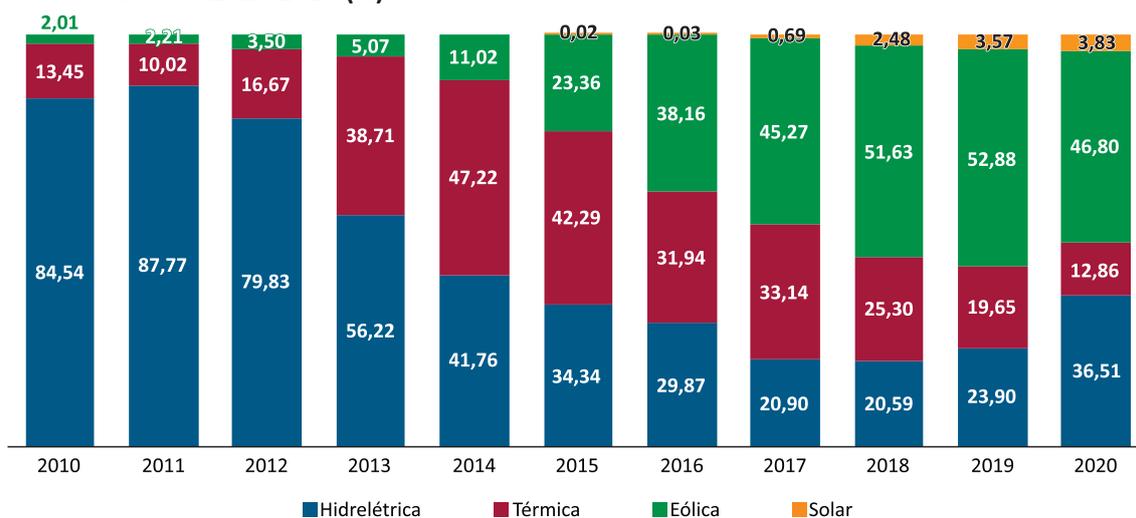


Fonte: Aneel (2021a), Aneel (2021b). Elaboração: BNB/Etene.

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.

No Subsistema Nordeste¹ do Sistema Interligado Nacional (SIN), nos últimos anos, a fonte solar está paulatinamente ocupando maior espaço na geração de energia elétrica, representando 3,83% do total gerado em 2020 (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Evolução da participação das fontes na geração de energia elétrica do Subsistema Nordeste – 2010-2020 (%)



Fonte: ONS (2021). Elaboração: BNB/Etene.

3.2.3 Situação atual da fonte solar no Brasil, Nordeste e estados da Região

Conforme se depreende dos dados disponibilizados pela Aneel na data de 11/06/2021, da capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil (aproximadamente 176 GW), 82,7% são prove-

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

nientes de fontes renováveis, principalmente de origem hídrica, sendo 1,9% especificamente da fonte solar. No Nordeste, a preponderância de outrora da fonte hídrica tem cedido espaço ante a ascensão da fonte eólica e, mais recentemente, da fonte solar. Na Região, a fonte solar centralizada representa 5,5% da capacidade instalada regional de geração de energia elétrica.

A análise detalhada da fonte solar no Brasil indica que a geração centralizada corresponde a 27% e a geração distribuída a 63% da capacidade instalada de geração fotovoltaica do País (em dados de 30/04/2021), estando esta última modalidade avançando muito mais rapidamente. Considerando a geração centralizada e a distribuída, o Nordeste lidera com aproximadamente 38% da capacidade instalada fotovoltaica no Brasil, decorrente da preponderância de projetos centralizados na Região (Tabela 1).

Tabela 1 – Capacidade instalada de geração solar fotovoltaica no Brasil, Nordeste e estados da Região - distribuída e centralizada – Posição: 30/04/2021

Unidade Geográfica	Geração distribuída		Geração centralizada		total	
	Potência (MW)	% Brasil	Potência (MW)	% Brasil	Potência (MW)	% Brasil
Brasil	5.587,43	100,00	3.298,93	100,00	8.886,36	100,00
Sudeste	2.013,90	36,04	931,73	28,24	2.945,63	33,15
Sul	1.263,48	22,61	12,69	0,38	1.276,17	14,36
Centro-Oeste	955,63	17,10	5,97	0,18	961,60	10,82
Norte	299,74	5,36	14,39	0,44	314,13	3,53
Nordeste	1.054,67	18,88	2.334,14	70,75	3.388,81	38,13
Alagoas	35,81	0,64	-	-	35,81	0,40
Bahia	188,58	3,38	782,67	23,72	971,25	10,93
Ceará	198,71	3,56	218,00	6,61	416,71	4,69
Maranhão	107,37	1,92	0,26	0,01	107,63	1,21
Paraíba	104,04	1,86	136,38	4,13	240,42	2,71
Pernambuco	163,93	2,93	39,66	1,20	203,59	2,29
Piauí	112,63	2,02	1.033,76	31,34	1.146,39	12,90
Rio Grande do Norte	110,65	1,98	123,41	3,74	234,06	2,63
Sergipe	32,94	0,59	-	-	32,94	0,37

Fonte: Aneel (2021a), Aneel (2021b). 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 corresponde à potência outorgada pela Aneel.

3.2.3.1 Geração solar centralizada

No Brasil, a inserção da geração solar centralizada tem ocorrido principalmente por meio de leilões promovidos pelo Governo Federal. Nos sete leilões realizados pela Aneel, por intermédio da CCEE, em que a fonte solar foi contemplada, foram aprovados 160 projetos de geração fotovoltaica, perfazendo um montante de 4.767,1 MW de potência (Tabela 2). Desse total, o Nordeste foi contemplado com 75,4% (3.592,32 MW), distribuídos em 112 projetos. 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.

Tabela 2 – Distribuição estadual da potência de geração fotovoltaica aprovada em leilões de energia elétrica realizados pela CCEE

Data Leilão	Leilão	Qde projetos	Garantia Física (MW médios)		Potência (MW)	BA	PI	CE	MG	SP	PE	RN	PB	TO	GO
			Física (MW médios)	Potência (MW)											
31/10/2014	06ºLER	31	202,3	889,7	399,7	-	60,0	90,0	270,0	-	30,0	30,0	-	10,0	
28/08/2015	07ºLER	30	232,9	833,8	324,8	270,0	-	150,0	-	-	-	84,0	5,0	-	
13/11/2015	08ºLER	33	246,0	929,3	169,3	-	120,0	270,0	5,0	105,0	140,0	30,0	90,0	-	
18/12/2017	25ºLEN	20	172,6	574,0	112,0	240,0	-	-	75,0	147,0	-	-	-	-	
04/04/2018	27ºLEN	29	240,5	806,6	-	179,9	390,0	169,9	-	66,9	-	-	-	-	
28/06/2019	29ºLEN	6	62,1	203,7	-	-	163,7	40,0	-	-	-	-	-	-	
18/10/2019	30ºLEN	11	163,0	530,0	-	300,0	120,0	-	-	30,0	80,0	-	-	-	
TOTAL		160	1.319,4	4.767,1	1.005,8	989,9	853,7	719,9	350,0	348,9	250,0	144,0	95,0	10,0	
Participação na Potência:			100,0%	21,2%	20,8%	17,9%	15,1%	7,3%	7,2%	5,2%	3,0%	2,0%	0,2%		

Fonte: CCEE (2021). Elaboração: BNB/Etene.

Nos leilões oficiais, destacaram-se os estados da Bahia, do Piauí e do Ceará. Juntos, os três foram contemplados com 60% dos projetos de energia solar aprovados nos leilões promovidos pelo Governo Federal. Ressalta-se que, por motivos diversos, nem todos os projetos fotovoltaicos contemplados nos leilões foram implantados. Por exemplo, por meio do Mecanismo de Descontratação de Energia de Reserva, realizado em 28/08/2017, foram rescindidos os contratos referentes a nove projetos fotovoltaicos do 08º LER. Em todos os certames, três outros contratos foram revogados e um não adjudicado. Da potência fotovoltaica aprovada nos sete leilões, 369,66 MW foram descontratados, o que corresponde a 7,8% do total.

De acordo com a Aneel (2021), existem atualmente 4.277 usinas fotovoltaicas em operação no Sistema Interligado Nacional. Excluindo-se as 4.063 micro usinas de até 3 kW oriundas de um programa realizado pelas Centrais Elétricas do Pará (Celpa), atual Equatorial Energia Pará, o País dispõe de 214 usinas fotovoltaicas em operação, a maioria de grande porte (Tabela 3). Por outro lado, encontram-se em construção ou com obras a iniciar outros 522 empreendimentos, que somam mais de 20 GW em potência, nos quais o Nordeste participa com cerca de dois terços.

Tabela 3 – Quantidade e potência outorgada de usinas fotovoltaicas centralizadas no Brasil – Posição: 31/05/2021

Região / UF	Operação		Construção		Construção não iniciada		Total	
	Qde	Potência outorgada (MW)	Qde	Potência outorgada (MW)	Qde	Potência outorgada (MW)	Qde	Potência outorgada (MW)
BRASIL	4.277	3.298,93	65	2.510,62	457	18.259,40	4.799	24.068,95
Nordeste	96	2.334,14	43	1.588,63	321	12.106,02	460	16.028,79
BA	32	782,67	12	572,08	84	3.013,95	128	4.368,70
CE	8	218	14	413,4	55	2.037,76	77	2.669,15
MA	3	0,26	-	-	-	-	3	0,26
PB	8	136,38	5	135	24	940,41	37	1.211,79
PE	5	39,66	7	253	69	2.639,50	81	2.932,16
PI	29	1.033,76	5	215,16	55	2.153,10	89	3.402,02
RN	11	123,41	-	-	34	1.321,30	45	1.444,71
Sudeste	71	931,73	22	921,99	111	4.952,77	204	6.806,49
ES	7	3,07	-	-	-	-	7	3,07
MG	30	541,94	14	628,5	106	4.747,77	150	5.918,21
RJ	9	4,29	-	-	-	-	9	4,29
SP	25	382,43	8	293,49	5	205	38	880,92
Norte	4.081	14,39	-	-	-	-	4.081	14,39
AM	14	0,18	-	-	-	-	14	0,18
AP	1	4,04	-	-	-	-	1	4,04
PA	4.063	4,16	-	-	-	-	4.063	4,16
RO	2	1,02	-	-	-	-	2	1,02
RR	-	-	-	-	-	-	-	-
TO	1	5	-	-	-	-	1	5
Sul	22	12,69	-	-	-	-	22	12,69
PR	4	0,17	-	-	-	-	4	0,17
RS	11	4,32	-	-	-	-	11	4,32
SC	7	8,2	-	-	-	-	7	8,2
C.-Oeste	7	5,97	-	-	25	1.200,62	32	1.206,59
GO	-	-	-	-	8	400	8	400
MS	2	2	-	-	17	800,62	19	802,62
MT	5	3,97	-	-	-	-	5	3,97

Fonte: Aneel (2021a). Elaboração: BNB/Etene.

3.2.3.2 Geração distribuída

No caso da geração distribuída, somente após avanços na legislação, ocorrida a partir da Resolução Normativa (REN) ANEEL 482/2012 e aperfeiçoamentos proporcionados principalmente pela REN 687/2015, o crescimento dessa alternativa de geração tem acontecido de forma mais intensa. A capa-

cidade instalada de geração solar nesta modalidade no País atingiu 5,6 GW em 30/04/2021, dos quais 18,88% no Nordeste. Na geração distribuída regional, destaca-se o Estado do Ceará, com aproximadamente 200 MW instalados (ver Tabela 4).

A disponibilidade de elevado potencial de fontes renováveis, a qualidade dos recursos energéticos nacionais, o alto valor das tarifas de eletricidade para os consumidores e um modelo de compensação de créditos extremamente favorável, tornou o investimento de geração própria bastante rentável no Brasil. Isso levou não apenas consumidores residenciais, mas também grandes redes varejistas, bancos e indústrias a investir em sistemas de Micro e Mini Geração Distribuída (MMGD), locais e remotos (MME; EPE; 2019).

A título de comparação, foram instalados no Brasil 4,7 GW em projetos fotovoltaicos (UFV) de geração distribuída em 2020, enquanto foram acrescidos 4,8 GW por todas as fontes no Sistema Interligado Nacional (SIN), inclusive UFV centralizada. Ressalta-se que a geração distribuída não integra a base de dados das usinas do SIN.

4 COMPETITIVIDADE DA FONTE SOLAR NO BRASIL

Até recentemente, 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 e 8º LER), os preços da fonte solar se mantiveram altos (Gráfico 4). De fato, em valores constantes atualizados para maio/2021, os preços mais elevados já negociados nos leilões foram da fonte solar, tendo ocorrido nesses dois certames. Ressalta-se que, apesar da existência de alternativas menos custosas, o Governo brasileiro promoveu esses leilões visando incentivar a inserção da fonte solar no Brasil, contribuindo para a criação de um mercado interno.

Gráfico 4 – Posicionamento da fonte solar nos leilões de energia elétrica realizados pela CCEE (Valores de preços médios dos leilões por fonte, em R\$/MWh atualizados pelo IPCA para maio/2021)



Fonte: CCEE (2021). Elaboração: BNB/Etene.

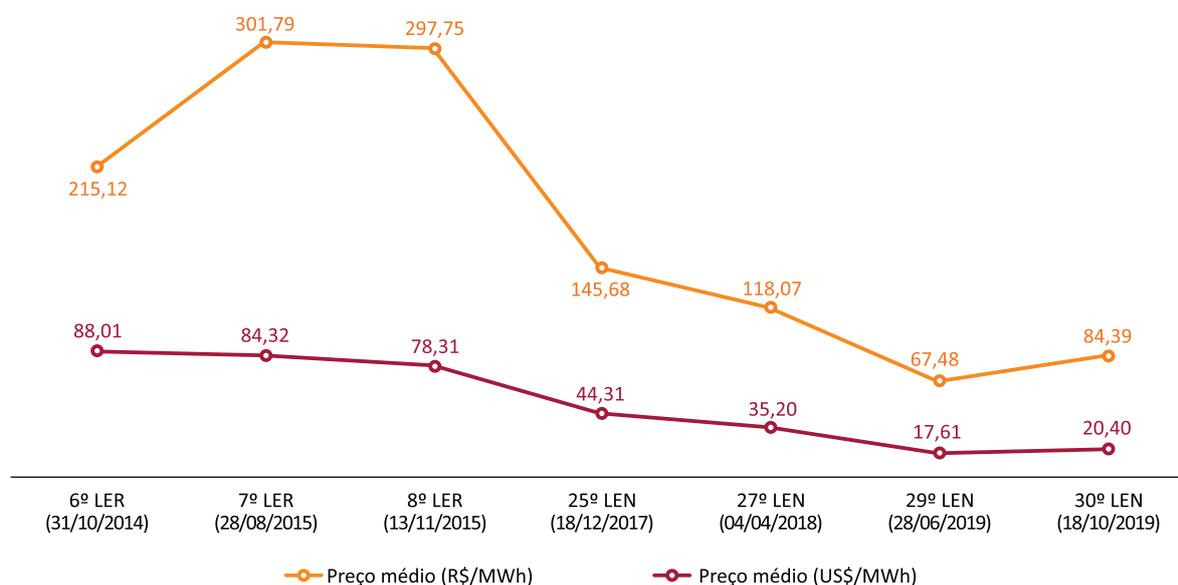
Notas:

- 1) Para elaboração deste gráfico, foram considerados os seguintes tipos de leilão: Leilão de Energia de Reserva (LER), Leilão de Fontes Alternativas (LFA), Leilão de Energia Nova (LEN) e Estruturantes (UHE Jirau, UHE Santo Antônio e UHE Belo Monte).
- 2) Para fins de comparação entre períodos distintos, preferiu-se usar os preços obtidos nos leilões atualizando-os pelo IPCA.
- 3) O valor médio de cada fonte corresponde ao preço médio do lance ou do ICB.

No entanto, essa realidade mudou radicalmente. Nos últimos quatro leilões nos quais a fonte solar teve participação, os preços do MWh despencaram. Particularmente no 29º Leilão de Energia Nova (LEN), obteve o menor preço observado nos leilões já realizados, em valores atualizados pelo IPCA. Tendo por base os resultados dos certames, a fonte solar, juntamente com a 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.

Considerando os sete leilões promovidos pelo Governo Federal que tiveram projetos contemplados da fonte solar, observa-se que o preço da energia das usinas fotovoltaicas diminuiu substancialmente ao longo dos certames realizados (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Preço médio da energia solar fotovoltaica comercializada nos leilões



Fontes: CCEE (2021) e Bacen (2021). Elaboração: BNB/Etene.

A expressiva diminuição no valor do MWh oriundo da fonte solar deveu-se, sobretudo, à queda no preço do módulo nos últimos anos, principal item de custo dos sistemas fotovoltaicos. Entre 2012 e 2020, o preço médio do módulo fotovoltaico importado caiu 76%, o que explica, em parte, o aumento da competitividade da fonte solar nos leilões (Tabela 4).

Tabela 4 – Importações brasileiras de módulos fotovoltaicos e inversores – 2012-2020

Ano	Módulos solares			Valor Inversores (US\$ milhões)
	Valor (US\$ milhões)	Estimativa de potência (MWp)	Estimativa de preço médio unitário (US\$/Wp)	
2012	7,11	7,97	0,89	25,26
2013	18,72	30,33	0,62	27,80
2014	16,80	25,72	0,65	28,25
2015	44,45	87,00	0,51	25,62
2016	256,62	659,37	0,39	43,39
2017	350,33	1.077,44	0,33	57,96
2018	580,53	1.868,39	0,31	72,30
2019	1.010,49	3.993,00	0,25	157,58
2020	1.027,05	4.781,32	0,21	77,92

Fonte: Ministério da Economia (2021). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: valores de importações referentes aos códigos NCM 85414032 e 85414039 para módulos fotovoltaicos e 85044030 para inversores.

Apesar do avanço na 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 1 bilhão de dólares por ano. Ressalta-se que 98,6% 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 5 e Tabela 6).

Tabela 5 – Importações brasileiras de módulos fotovoltaicos – 2012-2020 (US\$ milhões)

País	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
China	2,57	7,27	6,35	27,57	243,95	313,89	552,58	996,29	1.003,67
Tailândia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	15,67	7,87	18,63
Hong Kong	0,04	0,12	0,48	8,07	3,38	2,12	2,32	1,29	1,73
Alemanha	0,33	1,74	0,49	0,38	0,37	0,30	0,86	0,14	1,60
Singapura	0,15	0,23	1,77	4,64	2,91	0,28	0,00	0,00	0,79
Outros	4,02	9,35	7,71	3,79	6,01	33,38	9,11	4,90	0,64
Total	7,11	18,72	16,80	44,45	256,62	350,33	580,53	1.010,49	1.027,05

Fonte: Ministério da Economia (2021). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: Valores de importações referentes aos códigos NCM 85414032 e 85414039 para módulos fotovoltaicos.

Tabela 6 – Principais portos e aeroportos por onde entraram as importações brasileiras de módulos e inversores fotovoltaicos em 2020 (US\$ milhões)

Cód. URF	Unidade da Receita Federal (URF)	Módulos fotovoltaicos	Inversores	Total
817800	Porto de Santos (SP)	463,79	21,12	484,92
927800	Porto de Itajaí (SC)	206,60	16,31	222,91
917800	Porto de Paranaguá (PR)	200,62	8,93	209,55
517800	Porto de Salvador (BA)	70,95	10,19	81,14
927700	Porto de São Francisco do Sul (SC)	23,34	2,25	25,59
717600	Porto do Rio de Janeiro (RJ)	13,60	3,93	17,53
417902	Porto de Suape (PE)	17,09	2,20	19,28
1017700	Porto de Rio Grande (AC)	13,86	0,47	14,32
717800	Porto de Itaguaí (RJ)	13,67	0,08	13,76
817700	Aeroporto Internacional de Viracopos (SP)	0,23	6,75	6,98
227600	Porto de Manaus (AM)	2,15	0,45	2,60
817600	Aeroporto Internacional de Guarulhos (SP)	0,19	2,38	2,57
727600	Porto de Vitória (ES)	0,88	0,04	0,92
1017801	Aeroporto Internacional Salgado Filho (RS)	0,00	0,81	0,81
317900	Porto de Fortaleza (CE)	-	0,68	0,68
	Outros	0,08	1,34	1,42
	TOTAL	1.027,05	77,92	1.104,97

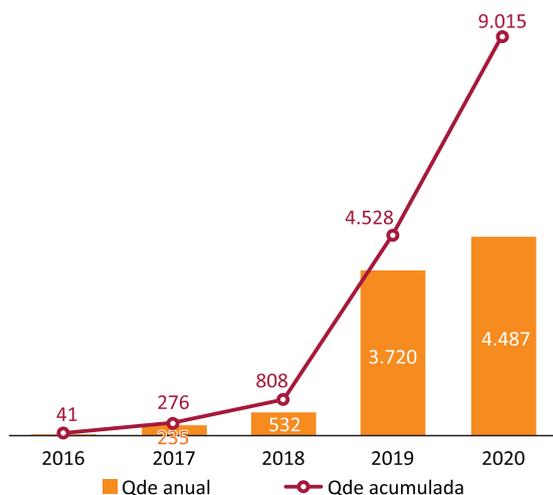
Fonte: Ministério da Economia (2021). Elaboração: BNB/Etene.

Nota: Valores de importações referentes aos códigos NCM 85414032 e 85414039 para módulos fotovoltaicos e 85044030 para inversores.

5 APOIO DO BANCO DO NORDESTE À ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

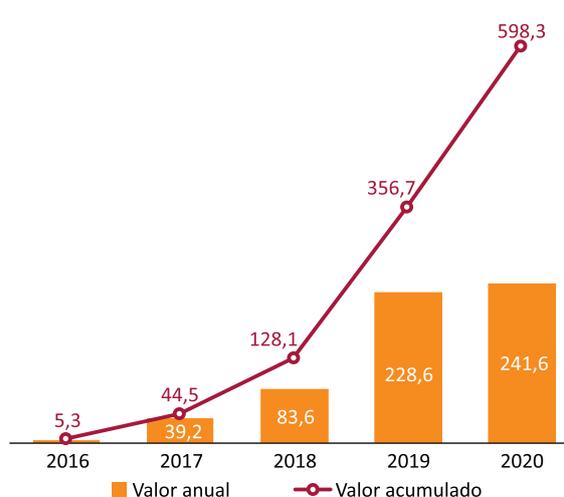
O apoio do Banco do Nordeste ao setor de energia solar fotovoltaica tem crescido de forma expressiva, tanto na geração distribuída como na geração centralizada. Por meio do FNE Sol, desde o início do Programa (maio/2016) até dezembro/2020, o BNB contratou 9.015 operações de micro e mini geração distribuída em sua área de atuação (Nordeste e Norte dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo), aportando R\$ 598,3 milhões. Ano após ano, as contratações do FNE Sol vêm crescendo continuamente, em compasso com o aumento da inserção da geração distribuída (Gráfico 6, Gráfico 7, Tabela 7).

Gráfico 6 – Quantidade anual de operações contratadas pelo BNB no Programa FNE Sol



Fonte: BNB (2021).

Gráfico 7 – Valor anual de contratações do BNB no Programa FNE Sol (R\$ milhões)



Fonte: BNB (2021).

Tabela 7 – Participação do BNB na quantidade de projetos fotovoltaicos de geração distribuída conectados à rede em 2019 e 2020

UF	Classe Residencial**			Classes não residenciais			Todas as classes		
	Total	Contratações BNB	Part. BNB (%)	Total	Contratações BNB	Part. BNB (%)	Total	Contratações BNB	Part. BNB (%)
AL	1.648	305	18,5	624	77	12,3	2.272	382	16,8
BA	10.166	1.185	11,7	3.985	254	6,4	14.151	1.439	10,2
CE	6.396	913	14,3	2.227	312	14,0	8.623	1.225	14,2
MA	5.470	642	11,7	953	135	14,2	6.423	777	12,1
PB	3.797	645	17,0	1.636	104	6,4	5.433	749	13,8
PE	5.219	519	9,9	1.869	135	7,2	7.088	654	9,2
PI	5.408	1.114	20,6	1.406	163	11,6	6.814	1.277	18,7
RN	3.678	491	13,3	1.474	164	11,1	5.152	655	12,7
SE	1.461	239	16,4	584	118	20,2	2.045	357	17,5
Nordeste	43.243	6.053	14,0	14.758	1.462	9,9	58.001	7.515	13,0
MG*	4.038	452	11,2	2.234	115	5,1	6.272	567	9,0
ES*	938	92	9,8	623	33	5,3	1.561	125	8,0
Área BNB	48.219	6.597	13,7	17.615	1.610	9,1	65.834	8.207	12,5

Fonte: Aneel (2021b) e BNB (2021).

Notas:

* Somente municípios da área de atuação do BNB. São 168 dos 853 municípios de MG e 28 dos 78 municípios do Espírito Santo.

** As primeiras contratações do BNB com pessoas físicas (consideradas aqui como residenciais), ocorreram a partir de 2019.

Os dados de geração distribuída no site da Aneel podem ser atualizados e alterados após a data da consulta desta pesquisa. Alguns projetos apoiados pelo BNB em 2020 podem ter sido instalados ou homologados apenas em 2021, não tendo ainda sido computados nas estatísticas da Aneel.

No que concerne à geração fotovoltaica centralizada, o Banco realizou de 2017 e 2020, com recursos provenientes do FNE, contratações que superam R\$ 6 bilhões. 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).

6 PERSPECTIVAS DA FONTE SOLAR NO BRASIL

Para projetos centralizados, o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2030 (MME; EPE, 2021) prevê crescimento da geração solar fotovoltaica de 8 TWh em 2021 para 21 TWh no horizonte do Plano (Tabela 8). Caso confirmada, essa expansão representa um incremento de 11,3%a.a. no decênio 2021-2030, em média.

Tabela 8 – Projeções da geração total de eletricidade no Brasil

Fonte de energia	2021		2025		2030	
	TWh	%	TWh	%	TWh	%
Geração Centralizada (atendimento da carga)	598	90	682	88	792	87
Hidráulica ⁽¹⁾	442	67	502	65	530	58
Gás Natural	18	3	20	3	32	4
Carvão	7	1	8	1	4	0
Nuclear	14	2	15	2	26	3
Biomassa	36	5	37	5	39	4
Eólica	65	10	79	10	128	14
Solar (centralizada)	8	1	11	1	21	2
Outros ⁽²⁾	8	1	10	1	13	1
Autoprodução & Geração Distribuída	66	10	91	12	117	13
Biomassa (biogás, bagaço de cana, lixívia e lenha)	30	5	36	5	43	5
Solar ⁽³⁾	7	1	22	3	32	3
Eólica	0,1	0	0,1	0	0,1	0
Hidráulica	4	1	6	1	9	1
Não renováveis	24	4	27	4	33	4
Total	663	100	773	100	909	100

Fonte: adaptado de MME, EPE (2021).

Notas: (1) Inclui parcela importada de Itaipu; (2) Inclui Sistemas Isolados; (3).

No que concerne à geração distribuída, o referido Plano Decenal projeta para 2030 a potência instalada entre 16,8 GW e 24,5 GW em MMGD, dependendo das regras a serem adotadas na revisão do marco legal da GD e de alterações no modelo tarifário da baixa tensão, prevendo-se investimentos da ordem de 50 a 70 bilhões de reais nesse segmento, no horizonte do plano. Em termos de energia, o Plano Decenal estima que em 2030 sejam gerados entre 2,9 GW_{méd} (25,4 TWh) e 4,3 GW_{méd} (37,7 TWh) em MMGD, correspondentes, respectivamente, a 3,2% e 4,6% da carga total do sistema elétrico brasileiro naquele ano.

Em 2021, está prevista a realização dos Leilões de Energia Nova A-3 e A-4, em 25/junho, e do Leilão A-5, em 30/setembro. A Tabela 9 mostra os projetos cadastrados nos leilões, onde se observa a relevância da participação da fonte solar fotovoltaica e dos estados do Nordeste nesta fonte de energia. Com efeito, a fonte fotovoltaica representa mais de 50% da potência cadastrada nos Leilões A-3 e A-4 e cerca de 1/3 no Leilão A-5. E o Nordeste, particularmente nos projetos fotovoltaicos, concorrerá com a maior potência cadastrada nos três certames.

Tabela 9 – Síntese por fonte de energia de projetos cadastrados nos Leilões de Energia Nova A-3, A-4 e A-5 de 2021

Fonte	Leilão A-3		Leilão A-4		Leilão A-5	
	Qde	Potência (MW)	Qde	Potência (MW)	Qde	Potência (MW)
TOTAL LEILÃO	1.501	54.946	1.787	64.587	1.694	93.860
Gás Natural	-	-	-	-	52	34.585
Carvão	-	-	-	-	3	1.300
Biomassa	25	1.176	29	1.318	31	1.477
RSU	-	-	-	-	12	315
CGH	9	24	11	32	11	40
PCH	32	429	45	701	53	770
UHE	2	190	3	239	7	309
Eólica	567	18.742	700	22.667	690	22.811
Fotovoltaica	866	34.385	999	39.630	835	32.253
NORDESTE	725	29.811	812	33.320	621	24.934
Alagoas	18	630	18	630	18	630
Bahia	263	10.552	304	12.063	209	8.322
Ceará	118	5.595	132	6.202	57	2.583
Maranhão	2	100	2	100	1	48
Paraíba	41	1.812	41	1.812	3	68
Pernambuco	73	2.880	90	3.622	65	2.762
Piauí	114	4.370	114	4.287	162	5.793
Rio Grande do Norte	88	3.472	103	4.204	98	4.328
Sergipe	8	400	8	400	8	400

Fonte: EPE (2021a), EPE (2021b). Elaboração: BNB/Etene.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2021a.

_____. **Base de dados SISGD**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 01 jun. 2021b.

BANCO CENTRAL DO BRASIL – BACEN. **Conversão de moedas**. Disponível em: <www.bcb.gov.br>. Acesso: 01 jun. 2021.

BNB - BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **Contratações FNE**. BNB, 2021.

BP. **bp Statistical Review of World Energy June 2020**. Disponível em:

<<http://www.bp.com>>. Acesso em: 05 jun. 2021.

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Resultados de leilões**. Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso: 01 jun. 2021.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Projetos cadastrados nos leilões A-3 e A-4 de 2021**. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso: 13 jun. 2021a.

_____. **Projetos cadastrados no leilão A-5 de 2021**. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso: 13 jun. 2021b.

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2030**. Brasília: MME/EPE, 2021. Disponível em: <www.epe.gov.br>. Acesso em: 20 mai. 2021.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Comexstat**. Base de dados. Disponível em: < <http://comexstat.mdic.gov.br>>. Acesso em: 10 jun. 2021.

NASA. **Average annual ground solar energy 1983-2005**. 2008. Disponível em: <https://www.google.com.br/search?q=Average+annual+ground+solar+energy+1983-2005&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwj-Zosb_xefaAhWBE5AKHdZdBslQ_AUICygC&biw=1440&bih=794#imgrc=_6sGCevUX5tM7M:>>. Acesso em: 15 abr. 2018.

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. Histórico da operação. **Geração de energia**. Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 20 mai. 2021.

PEREIRA, E. B.; MARTINS, F. R.; GONÇALVES, A. R.; COSTA, R. S.; LIMA, F. J. L. de; RÜTHER, R.; ABREU, S. L. de; TIEPOLO, G. M.; PEREIRA, S. V.; SOUZA, J. G. de. **Atlas brasileiro de energia solar**. 2a. ed. São José dos Campos: INPE, 2017. Disponível em: < http://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017.html >. Acesso em: 14 abr. 2018.

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.

TODAS AS EDIÇÕES DO CADERNO SETORIAL DISPONÍVEIS EM:

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

EDIÇÕES RECENTES

AGROPECUÁRIA

- Fruticultura - 06/2021
- Frango - 06/2021
- Algodão - 05/2021
- Açúcar - 05/2021
- Carne bovina - 04/2021
- Arroz: produção e mercado - 03/2021
- Silvicultura - 02/2021
- Cacau - 01/2021
- Pescado - 01/2021
- Própolis no Nordeste - 01/2021
- Trigo - 01/2021
- Pimenta-do-reino - 12/2020
- Feijão - 12/2020
- Milho - 11/2020
- Produção de café - 11/2020
- Bovinocultura leiteira - 10/2020
- Fruticultura - 10/2020
- Frango - 09/2020
- Complexo soja - 09/2020
- Cana-de-açúcar - 09/2020
- Mandioca e seus derivados - 09/2020
- Carne Suína - 08/2020
- Etanol de milho - 08/2020
- Produção e mercado de açúcar - 08/2020
- Produção e mercado de Etanol - 07/2020

INDÚSTRIA

- Couro e calçados - 12/2020
- Construção civil - 12/2020
- Setor Têxtil - 11/2020
- Indústria petroquímica - 11/2020
- Indústria siderúrgica - 09/2020
- Bebidas não Alcoólicas - 07/2020
- Vestuário - 06/2020
- Bebidas Alcoólicas 06/2020
- Indústria de Alimentos - 05/2020

INFRAESTRUTURA E CONSTRUÇÃO CIVIL

- Telecomunicações - 05/2021
- Micro e minigeração distribuída - 02/2021
- Petróleo e gás - 12/2020
- Logística de armazenagem - 10/2020
- Energia Solar - 03/2020

COMÉRCIO E SERVIÇOS

- Eventos - 06/2021
- Saúde - 05/2021
- Shopping centers - 01/2021
- Comércio atacadista - 11/2020
- Comércio varejista - 09/2020
- Telecomunicações - 08/2020
- Turismo - 08/2020
- Comércio Varejista - 07/2020
- Comércio Varejista - 07/2020

CONHEÇA OUTRAS PUBLICAÇÕES DO ETENE

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