

# Energia solar no Nordeste

**Francisco Diniz Bezerra**

Engenheiro Civil. Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Técnico do ETENE/Banco do Nordeste  
diniz@bnb.gov.br

**Lucas Sousa dos Santos**

Graduando em Engenharia Mecânica. Bolsista do ETENE

## Introdução

No que se refere à geração de eletricidade, o Brasil se destaca no cenário mundial por ter sua matriz de energia elétrica fortemente baseada em fontes renováveis, com preponderância da hidroeletricidade e da biomassa proveniente da cana-de-açúcar. No entanto, mais recentemente, ganham destaque as fontes eólica e solar.

Como se depreende dos resultados dos leilões de compra e venda de energia, promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, a fonte solar ainda não se mostra competitiva no Brasil, sendo os projetos de geração centralizada aprovados a partir de editais específicos, iniciativa governamental de incentivo à inserção dessa atividade no País. Por outro lado, na geração distribuída, a fonte solar se mostra cada vez mais competitiva ante as tarifas praticadas pelas concessionárias/permissionárias 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 dispor de níveis de radiação mais favoráveis comparativamente às demais regiões do País, o que favorece a implantação de projetos de geração centralizada nessa Região, e também por ter extensa área de telhados, necessária uma inserção maior da geração distribuída.

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 constituído por oito tópicos, incluindo esta introdução. No segundo, apresenta-se uma contextualização sobre a cadeia produtiva da energia elétrica no Brasil, particularizando o Nordeste. No terceiro tópico, caracteriza-se a atividade de geração solar, conforme definições normativas vigentes. No quarto, são abordadas as potencialidades, a evolução da inserção da fonte solar e as perspectivas do mercado da geração solar no Brasil, em particular no Nordeste. No quinto, são apresentados aspectos tecnológicos da geração solar fotovoltaica e da micro e mini geração descentralizada. No sexto, expõem-se os principais instrumentos legais brasileiros nos quais se insere a geração solar, principalmente a distribuída. No sétimo, discutem-se alguns riscos, desafios e oportunidades pertinentes à geração solar. Por último, no oitavo tópico, são feitas algumas considerações finais.

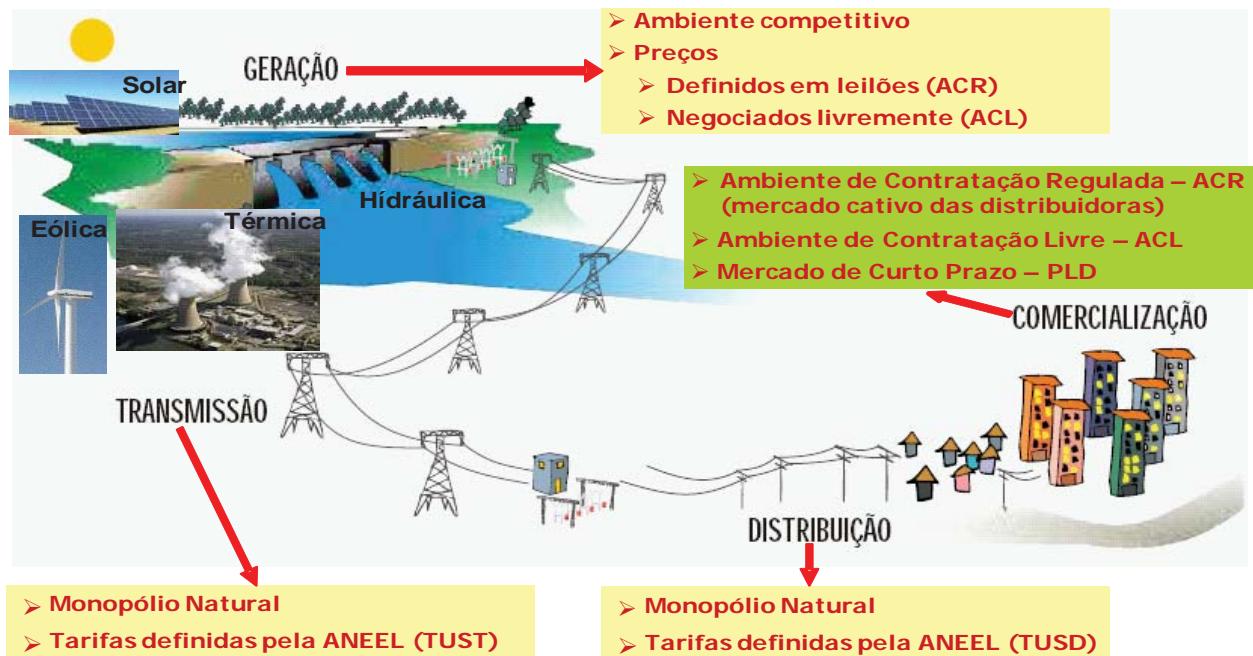
## Contextualização sobre a cadeia produtiva de energia elétrica no Brasil e a inserção da geração solar

A geração de energia a partir da fonte solar integra a Cadeia Produtiva da Energia Elétrica. Para a adequada compreensão dessa atividade, considera-se fundamental o conhecimento prévio da cadeia produtiva na qual ela está inserida e de sua interação com os demais elos, tarefa empreendida neste tópico.

Da produção até o consumo, o setor de energia elétrica engloba as seguintes atividades: geração, transmissão e distribuição. Nessa cadeia, reveste-se também de importância singular o processo de comercialização da energia elétrica (Figura 1).

Transmissão e distribuição constituem monopólios naturais, haja vista ser antieconômica a instalação de dois ou mais sistemas paralelos para atender o mesmo conjunto de consumidores. Por meio da rede básica de transmissão, a energia chega às redes de distribuição, operadas por uma ou mais empresas concessionárias ou permissionárias privadas ou estatais em cada estado. A remuneração do serviço de transmissão é realizada por meio da Tarifa de Uso do Sistema de Transmissão – TUST, enquanto a remuneração do serviço de distribuição é efetuada mediante pagamento de Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição – TUSD, ambas reguladas pela ANEEL. Por outro lado, a geração ocorre em ambiente concorrencial, realizada por meio de leilões ou de livre negociação.

A transmissão de energia elétrica no Brasil é realizada por meio do Sistema Interligado Nacional – SIN, que é formado pelos subsistemas Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), Sudeste-Centro-Oeste (todos estados do Sudeste e do Centro-Oeste), Nordeste (estados do Nordeste, exceto Maranhão) e Norte (Maranhão, Pará e Tocantins) (Figura 2). Outros subsistemas existentes no País, não conectados ao SIN, são chamados “subsistemas isolados”.

**Figura 1 - Cadeia Produtiva da Energia Elétrica no Brasil**


Fonte: adaptado de ANEEL (2008).

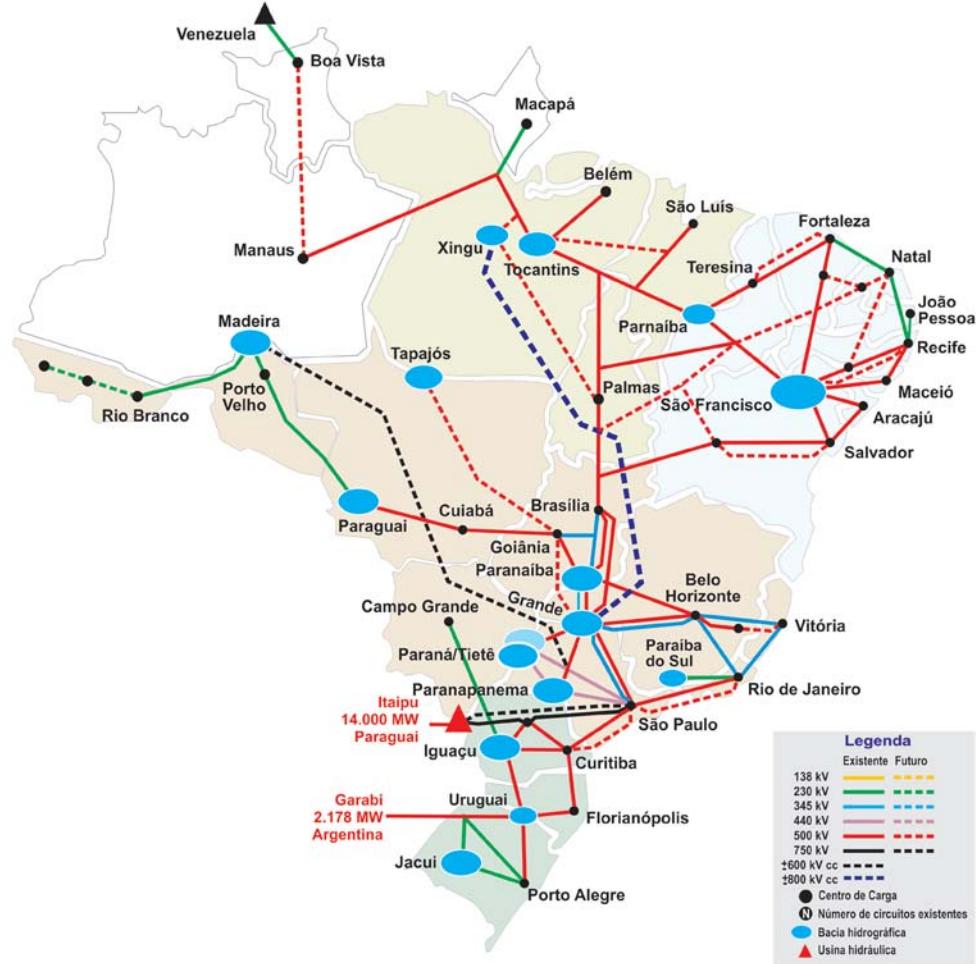
A integração eletroenergética existente no Brasil, aliada ao fato das usinas localizarem-se em bacias hidrográficas distintas, confere maior segurança ao Sistema Interligado Nacional. De fato, essa característica torna o abastecimento do País menos vulnerável, pois é mais remota a probabilidade de ocorrer escassez de chuvas em todas as bacias simultaneamente. Assim, a insuficiência de água para geração elétrica no Nordeste pode ser compensada pelas usinas do Norte do País e vice-versa. Idem entre o Sul e o Sudeste ou entre o Norte e o Sul. Além disso, qualquer central geradora ligada ao SIN, independentemente da fonte de energia que utiliza e de sua localização, contribui para atender a carga de energia de todo o sistema. É o caso da geração solar descentralizada, onde a energia elétrica produzida é “injetada” na rede do SIN.

A matriz elétrica brasileira possui características próprias que a distingue da existente na maioria dos países. Aqui predomina, historicamente, a geração de fontes renováveis, com destaque para a energia hidráulica. Caracteriza-se, também, pelo uso expressivo de biomassa e, mais recentemente, pela presença da geração eólica. Em conjunto, as fontes renováveis representam 72,5% da capacidade instalada de geração no Brasil, correspondente a aproximadamente 143 GW (dados de maio/2016). No Nordeste, em particular, embora a fonte hídrica seja preponderante, seguida das térmicas movidas a combustíveis fósseis, a fonte eólica se destaca, representando, atualmente, cerca de um quarto da capacidade instalada de geração elétrica da Região. A participação da fonte solar na matriz de geração elétrica brasileira ainda é insípida no Brasil e no Nordeste (Gráfico 1).

No que concerne à comercialização da energia

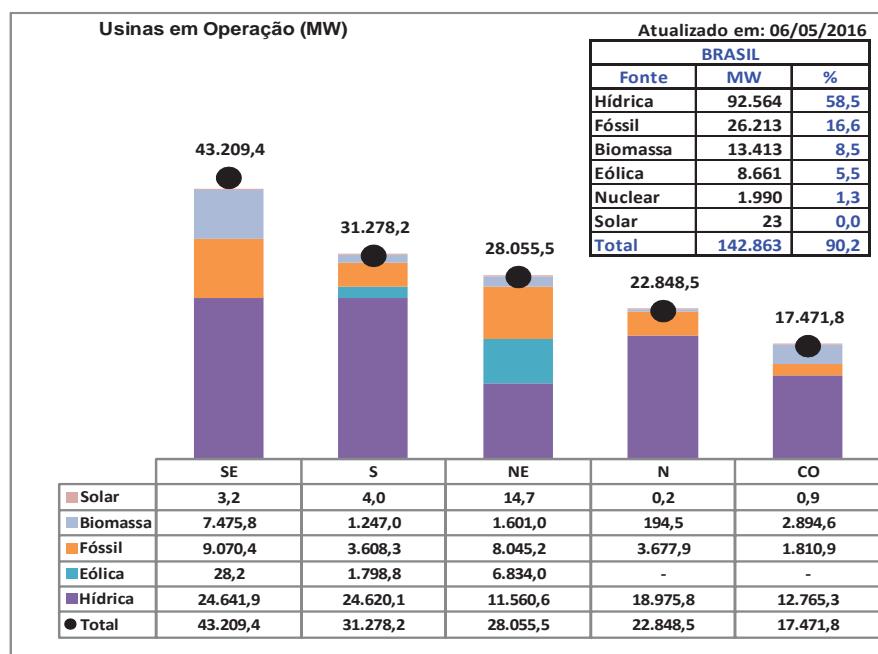
elétrica no Brasil, existem três tipos de mercado: a) Ambiente de Contratação Regulada – ACR, efetivado por meio de leilões de compra e venda de energia elétrica, realizados pela Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), por delegação da ANEEL. Normalmente, os contratos celebrados no âmbito do ACR são de longo prazo, assegurando a compra da energia elétrica gerada a preços pré-definidos durante a sua vigência; b) Ambiente de Contratação Livre – ACL, no qual geradores e consumidores livres negociam a compra de energia, estabelecendo quantidades, preços e prazos de suprimento; e c) Mercado de Curto Prazo, destinado à equalização de diferenças de medição dos montantes efetivamente produzidos/consumidos por cada agente. Nesse mercado, as diferenças apuradas, positivas ou negativas, são contabilizadas pela CCEE para posterior liquidação financeira, valoradas ao Preço de Liquidação das Diferenças (PLD).

**Figura 2 - Integração Eletroenergética no Sistema Interligado Nacional (SIN)**



Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (2016).

**Gráfico 1 – Brasil e Regiões: potência instalada de geração de energia elétrica por fonte (MW)**



Fonte: ANEEL (2016).

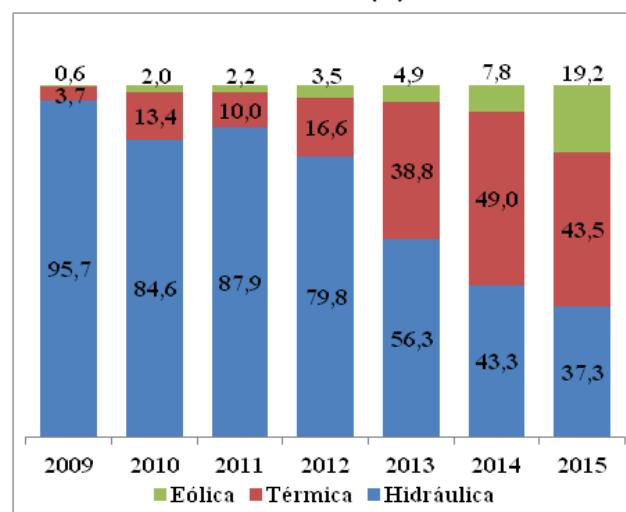
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

## O Subsistema Nordeste no SIN

Até recentemente, a energia elétrica produzida no Nordeste brasileiro provinha basicamente da fonte hidráulica, destacando-se o rio São Francisco como o seu principal provedor. Neste contexto, destaca-se a importância da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Chesf), principal empresa geradora de energia elétrica no Subsistema Nordeste, sendo proprietária das principais hidrelétricas existentes na Região. Este cenário de preponderância da geração de energia a partir da fonte hidráulica no Nordeste tem mudado nos últimos anos. De fato, desde 2013, as termelétricas e a fonte eólica têm crescido de forma expressiva na composição da geração de energia elétrica no Subsistema Nordeste, em razão da ocorrência de anos de baixa pluviosidade e do aumento da geração eólica na Região. A fonte solar ainda é insípiente. (Gráfico 2 e Gráfico 3).

Considerando que o potencial hidrelétrico remanescente economicamente viável no Nordeste encontra-se próximo do seu esgotamento, a expansão dessa fonte de geração elétrica na Região está comprometida. Essa assertiva é corroborada pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2024 (MME/EPE, 2015), já que nesse estudo não consta nenhum projeto de hidrelétrica (> 30 MW) previsto para o Nordeste no horizonte até 2024. Assim, a tendência é o incremento paulatino da participação da fonte solar e principalmente da fonte eólica na matriz de geração de energia elétrica da região nordestina, em razão desta ser, atualmente, a segunda alternativa mais competitiva, perdendo apenas para as grandes hidrelétricas, e também por ter dezenas de projetos já contemplados nos últimos leilões, previstos para entrar em operação nos próximos anos (Gráfico 4 e Gráfico 5).

**Gráfico 2 – Evolução da participação das fontes hidráulica, térmica e eólica na geração elétrica do Subsistema Nordeste (%)**



Fonte: ONS (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: 2015: até novembro.

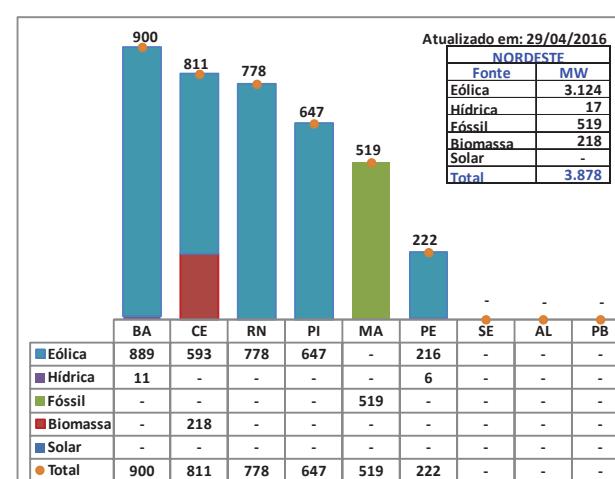
**Gráfico 3 – Evolução mensal do volume útil dos dois principais reservatórios utilizados para geração hidrelétrica no Subsistema Nordeste - Jan/2010-dez/2015 (% capacidade máxima de armazenamento de água do reservatório)**



Fonte: ONS (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

**Gráfico 4 - Nordeste: usinas de geração elétrica em construção (MW)**

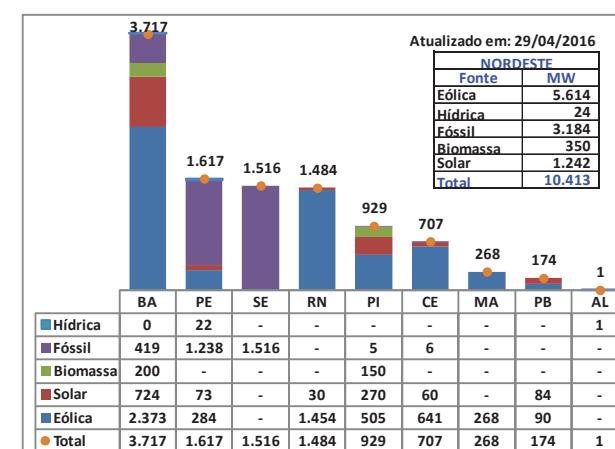


Fonte: ANEEL (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: Parcela hídrica refere-se a PCH.

**Gráfico 5 - Nordeste: usinas de geração elétrica sem construção iniciada (MW)**



Fonte: ANEEL (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

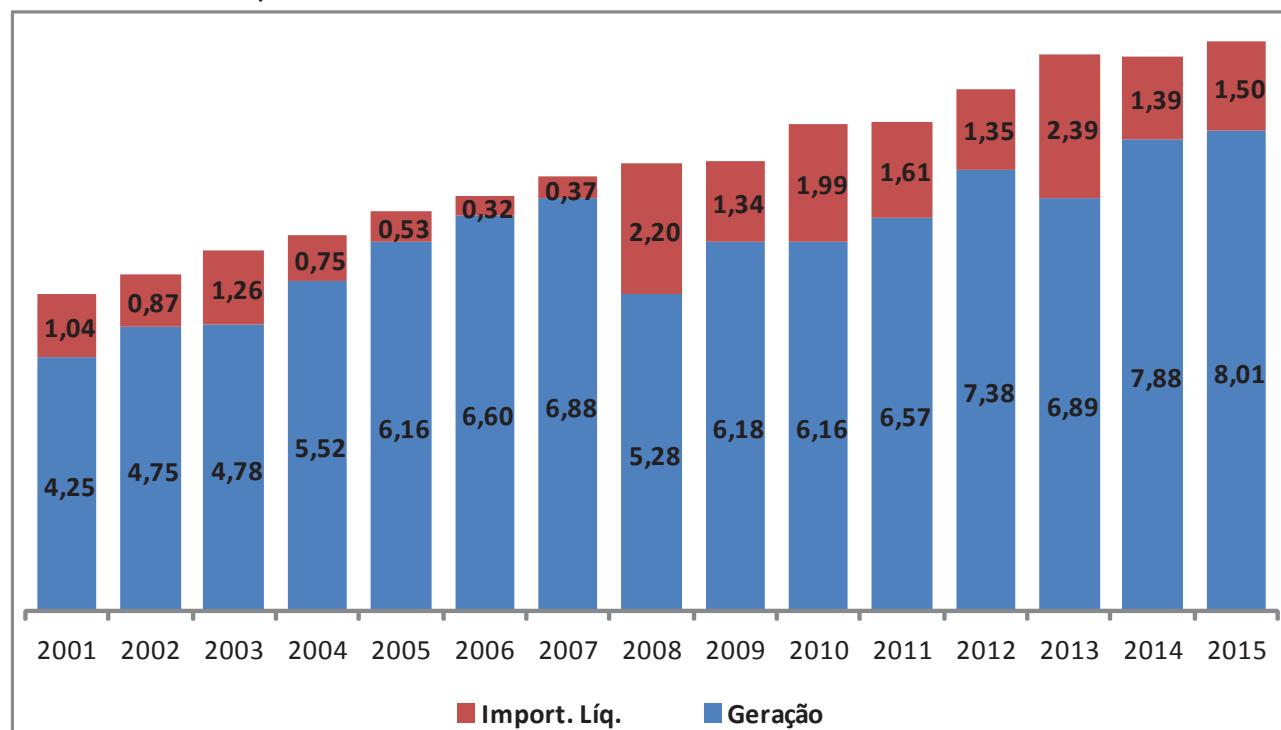
Nota: Parcela hídrica refere-se a PCH.

Por outro lado, incentivos à inserção da fonte solar têm contribuído para a implantação de projetos de geração fotovoltaica na Região, por meio de projetos centralizados (leilões específicos, com preços acima da energia gerada por outras fontes) e de geração distribuída (redução de impostos).

Cabe ressaltar que, historicamente, a crescente demanda de energia elétrica do Nordeste só tem sido

plenamente atendida graças à importação de outras regiões, principalmente do Subsistema Norte. O Gráfico 6 apresenta a geração e a importação líquida de energia elétrica do Subsistema Nordeste a partir de 2001, demonstrando a sua dependência da produção de eletricidade em outras regiões do País. Contudo, graças ao elevado potencial eólico e solar do Nordeste, a Região tende a se tornar autossuficiente na geração de energia elétrica.

**Gráfico 6 - Evolução da geração e importação líquida de energia elétrica no subsistema Nordeste – 2001-2015 (1.000 MWmédios)**



Fonte: ONS (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: O Subsistema Nordeste integra o Sistema Interligado Nacional (SIN) e comprehende todos os Estados da Região, exceto Maranhão.

### Caracterização da atividade de geração de energia elétrica a partir da fonte 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. 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 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*), conhecidos no Brasil como Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFRC).

Os SFRC, assim como outros que utilizam qualquer fonte de energia, podem ser classificados como de geração centralizada ou de geração distribuída (micro e minigeração). A esse respeito, a Resolução Normativa

(REN) Nº 482, de 17/04/2012, apresenta as seguintes definições<sup>1</sup>:

- **Micro geração distribuída:** Central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW e que utilize [...] fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;
- **Minigeração distribuída:** Central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hidrálicas ou menor ou igual a 5 MW [...] para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras.
- Particularmente para os empreendimentos enquadrados como geração distribuída, a REN 482/2012 apresenta outras definições importantes à caracterização dessa atividade (inclusão ou redação dada pela REN ANEEL 687/2015):
- **Sistema de compensação de energia elétrica:**

<sup>1</sup> Redação dada pela Resolução Normativa ANEEL 687, de 24/11/2015.

Sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa;

- **Empreendimento com múltiplas unidades consumidoras:** Caracterizado pela utilização da energia elétrica de forma independente, no qual cada fração com uso individualizado constitua uma unidade consumidora e as instalações para atendimento das áreas de uso comum constituam uma unidade consumidora distinta, de responsabilidade do condomínio, da administração ou do proprietário do empreendimento, com microgeração ou minigeração distribuída, e desde que as unidades consumidoras estejam localizadas em uma mesma propriedade ou em propriedades contíguas, sendo vedada a utilização de vias públicas, de passagem aérea ou subterrânea e de propriedades de terceiros não integrantes do empreendimento;
- **Geração compartilhada:** Caracterizada pela reunião de consumidores, dentro da mesma área de concessão ou permissão, por meio de consórcio ou cooperativa, composta por pessoa física ou jurídica, que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras nas quais a energia excedente será compensada;
- **Autoconsumo remoto:** Caracterizado por unidades consumidoras de titularidade de uma mesma Pessoa Jurídica, incluídas matriz e filial, ou Pessoa Física que possua unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída em local diferente das unidades consumidoras, dentro da mesma área de concessão ou permissão, nas quais a energia excedente será compensada.

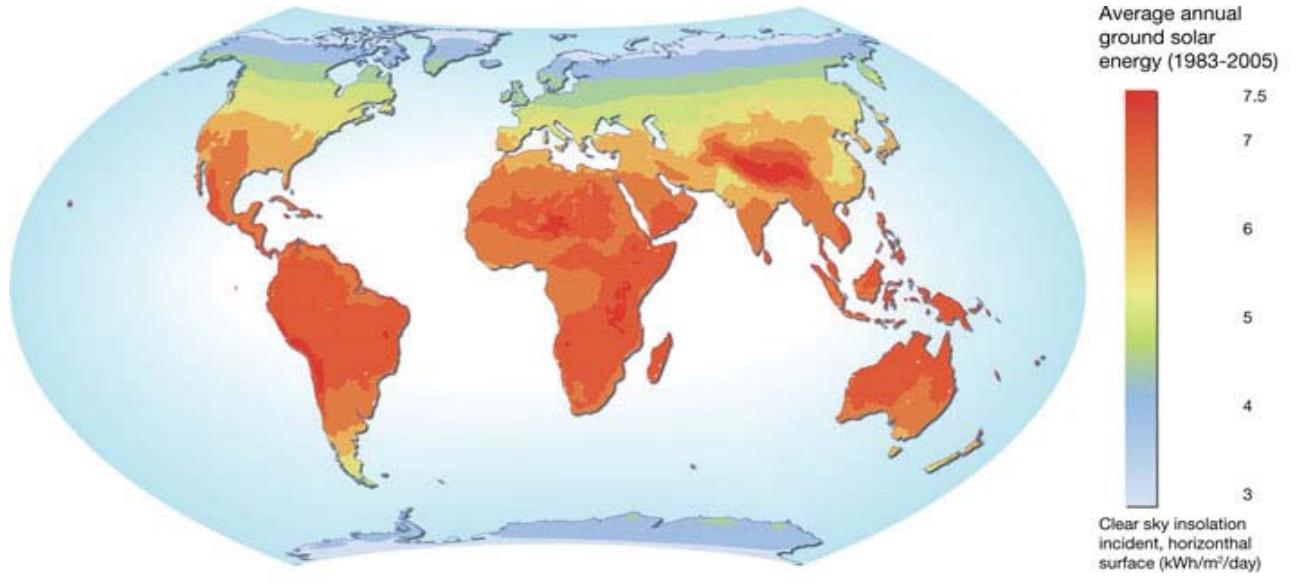
Ainda de acordo com a REN ANEEL 482/2012, Art. 6º, os créditos de energia ativa dos consumidores beneficiários da geração distribuída, mensurados em kWh, expiram em 60 (sessenta) meses após a data do faturamento e serão revertidos em prol da modicidade tarifária sem que o consumidor faça jus a qualquer forma de compensação após esse prazo (texto incluído pela REN ANEEL 687, de 24.11.2015.).

## Mercado da geração solar: potencial, evolução e perspectivas

### No Mundo

A densidade média do fluxo energético proveniente da radiação solar é de 1.367 W/m<sup>2</sup>, quando medida num plano perpendicular à direção da propagação dos raios solares no topo da atmosfera terrestre. No entanto, dependendo do local da superfície da Terra, este valor varia substancialmente (Figura 3). Embora uma pequena área da superfície terrestre seja suficiente para atender às necessidades de energia elétrica do planeta, a geração solar ainda não é competitiva ante outras fontes. Para o futuro, no entanto, as projeções indicam aumento expressivo da participação da fonte solar na matriz de energia elétrica mundial. Atualmente, a Alemanha, onde os níveis de radiação médios são relativamente baixos, detém 17,2% da capacidade instalada de geração solar do Mundo (Gráfico 7). Isto demonstra que o Brasil pode avançar substancialmente na geração solar, principalmente se for considerado o elevado potencial dessa fonte no País.

**Figura 3 – Média anual da radiação solar na superfície terrestre**



Fonte: NASA (2008).

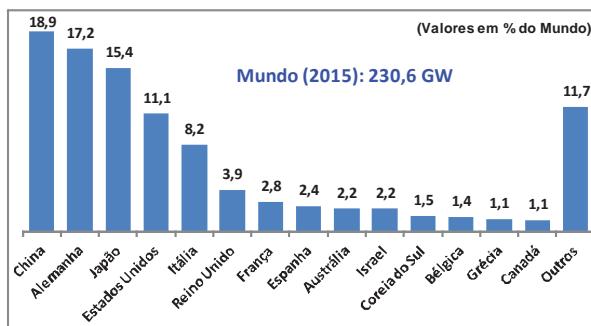
A capacidade instalada de energia solar no Mundo ultrapassou 230 GW no final de 2015, montante 32,6% superior ao verificado no ano precedente. Na lista dos

principais países, destaca-se a China, que superou a Alemanha em 2015, sendo atualmente o país com a maior capacidade instalada, correspondente a 43,5 GW, 18,9%

do total. Ressalta-se que o Brasil ainda não figura nas estatísticas internacionais de capacidade instalada.

De 2010 a 2015, a capacidade instalada de geração de energia elétrica a partir da fonte solar cresceu, em média, 41,0% ao ano no Mundo. Nesse período, dentre os países com capacidade instalada acima de 5 GW em 2015, o Reino Unido (149,1% a.a.), a China (122,4% a.a.), Israel (95,6% a.a.) e Estados Unidos (65,8% a.a.) foram os que obtiveram as maiores taxas de crescimento médio anual.

**Gráfico 7 - Países com mais de 1% da capacidade instalada de geração de energia solar no final de 2015 (%)**

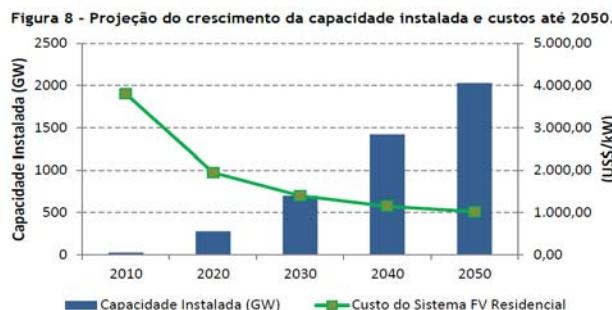


Fonte: BP (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Este cenário de aumento expressivo na expansão da geração solar tende a se manter no Mundo nos próximos decênios, face às perspectivas de redução no custo da tecnologia fotovoltaica (Gráfico 8). A análise retrospectiva revela que a redução do preço do Watt-pico (Wp) dos sistemas fotovoltaicos vem ocorrendo de forma sistemática há décadas. De fato, enquanto em 1977 as células fotovoltaicas custavam US\$ 76,67/Wp, em 2013 eram comercializadas a US\$ 0,74/Wp, o que representa uma redução de mais de 100 vezes (BLOOMBERG NEW ENERGY *apud* THE ECONOMIST, 2015).

**Gráfico 8 - Projeção da capacidade instalada mundial e dos custos da geração solar fotovoltaica 2010-2050**



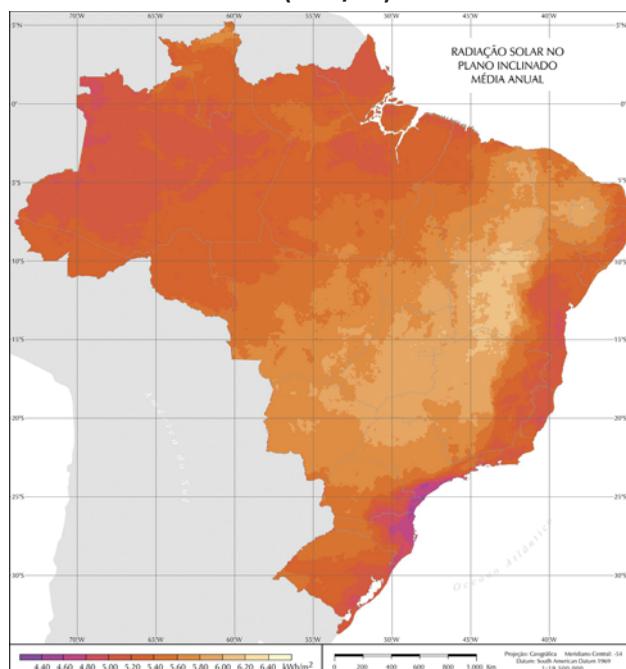
Fonte: IEA (2012) *apud* EPE (2014).

## No Brasil, com ênfase no Nordeste Potencial do Brasil na geração solar

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

O Atlas Solar Brasileiro, publicado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, disponibiliza os valores médios das estimativas do total diário de irradiação solar do Brasil para o período de julho de 1995 a dezembro de 2005 (Figura 4). De acordo com esse estudo, os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro varia entre 1500-2500 kWh/m<sup>2</sup>, sendo “superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (900-1250 kWh/m<sup>2</sup>), França (900-1650 kWh/m<sup>2</sup>) e Espanha (1200-1850 kWh/m<sup>2</sup>), onde projetos para aproveitamento de recursos solares, alguns contando com fortes incentivos governamentais, são amplamente disseminados.” (PEREIRA *et al.*, 2006).

**Figura 4 - Brasil: radiação solar no plano inclinado – média anual (kWh/m<sup>2</sup>)**



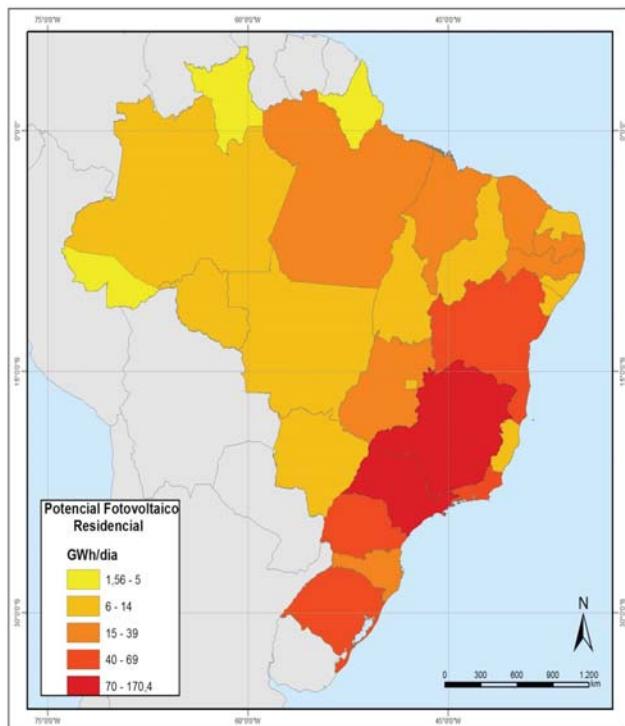
Fonte: Pereira *et al.* (2006).

Nota: Cores mais claras indicam maior radiação solar.

A Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2014) avaliou o potencial técnico de geração distribuída residencial no Brasil, levando em consideração a irradiação solar global (no plano inclinado), a área útil de telhados domiciliares, a eficiência (12%) dos módulos fotovoltaicos, dentre outros parâmetros. Concluiu que todas as unidades da federação possuem potencial técnico de geração fotovoltaica, em telhados residenciais, superior ao consumo de energia elétrica desse segmento (Figura 5 e Tabela 1). Os resultados mostraram que os

maiores potenciais de geração, em termos absolutos, estão nas regiões mais povoadas do País, onde uma possível menor irradiação é sobrepujada pelo maior número de domicílios e, consequentemente, maior área de telhados. De acordo com esse estudo, ficou claro que a área de telhados não é um fator limitante para a massiva inserção de sistemas fotovoltaicos distribuídos no País. No Nordeste, em particular, a área de telhados das moradias seria capaz de gerar 77.440 GWh/ano, montante 3,23 vezes superior ao consumo residencial da Região no ano de 2013.

**Figura 5 - Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais – Brasil, regiões e UF do Nordeste (GWh/dia)**



Fonte: Adaptado de EPE (2014).

O potencial solar no Brasil supera em muito o de outras fontes. Com efeito, como observa Sauaia (2016), o potencial brasileiro para a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis é gigantesco, compreendendo 172 GW para a fonte hídrica, 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, a capacidade instalada de geração de energia elétrica no Brasil é de 143 GW (dados de maio/2016). 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.

**Tabela 1 - Potencial técnico de geração fotovoltaica em telhados residenciais versus consumo residencial – Brasil, Regiões e UF do Nordeste**

Região	Potencial Fotovoltaico Residencial (GWh/ano)	Consumo Residencial Anual 2013 (GWh)	Potencial Fotovoltaico/Consumo Residencial
BRASIL	287.505	124.896	230%
SUL	43.844	19.671	223%
SUDESTE	123.122	63.947	193%
CENTRO-OESTE	23.696	9.902	239%
NORTE	19.403	7.413	262%
NORDESTE	77.440	23.963	323%
Alagoas	4.424	1.227	361%
Bahia	20.674	6.144	336%
Ceará	12.527	3.751	334%
Maranhão	8.935	2.563	349%
Paraíba	5.738	1.603	358%
Pernambuco	12.352	4.563	271%
Piauí	4.862	1.328	366%
Rio G. Norte	4.862	1.805	269%
Sergipe	3.066	979	313%

Fonte: Adaptado de EPE (2014).

Dentre as melhores áreas do Brasil, o Semiárido nordestino se destaca como uma das que apresentam os melhores parâmetros técnicos de insolação. De acordo com o Atlas Brasileiro de Energia Solar, o valor máximo de irradiação global do Brasil – 6,5 kWh/m<sup>2</sup> – ocorre no norte do Estado da Bahia, próximo à fronteira com o Piauí. Essa área apresenta um clima semiárido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300 mm/ano) e a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil (PEREIRA *et al.*, 2006). Este fato *per se* faz do Semiárido nordestino uma candidata natural a receber investimentos em projetos de geração centralizada de energia elétrica a partir da fonte solar. Em virtude dessas características (e de atrativos estaduais), o primeiro projeto de geração solar com fins comerciais, com potência instalada de 1 MWp, foi implantado no Semiárido do Ceará, no município de Tauá, em 2011.

### Evolução da fonte solar no Brasil

Apesar do enorme potencial, a inserção da geração solar no Brasil encontra-se em estágio embrionário, correspondendo a menos de 60 MW, em agosto de 2016<sup>2</sup>. A inserção da geração centralizada, ainda não competitiva, tem ocorrido principalmente por meio de leilões específicos para a fonte solar. Em dados

<sup>2</sup> A título de comparação, este valor representa menos de 0,03% da capacidade instalada no Mundo no final de 2015.

de agosto/2016, esta modalidade alcançou no Brasil a capacidade instalada de 26,96 MW, dos quais cerca de 70% no Nordeste (Tabela 2).

**Tabela 2 – Capacidade Instalada de Geração Solar no Brasil, Nordeste e Estados da Região - Distribuída e Centralizada (MW\*)**

Unidade Geográfica	Até 2012	2013	2014	2015	Jan-Ago/2016	Total
<b>Geração centralizada (MW)</b>						
BRASIL	6,74	-	8,64	10,92	0,66	26,96
NORDESTE	5,46	-	3,21	10,00	-	18,67
<b>Geração distribuída (MWp)</b>						
BRASIL	0,42	1,28	3,64	9,30	17,35	32,00
NORDESTE	0,40	1,01	0,90	3,13	3,27	8,71
AL	-	-	-	0,08	0,62	0,70
BA	0,40	-	0,12	0,27	0,49	1,29
CE	-	0,03	0,09	0,37	0,25	0,74
MA	-	-	-	0,32	0,33	0,65
PB	-	-	0,01	0,04	0,20	0,25
PE	-	0,97	0,54	0,95	0,84	3,30
PI	-	-	-	0,13	0,16	0,29
RN	-	0,01	0,12	0,98	0,32	1,43
SE	-	-	-	-	0,05	0,05

Fonte: ANEEL.

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Notas: (\*) Na geração centralizada, valores em kW (quilo-Watt) referentes à potência outorgada pela Aneel; na geração distribuída, valores em kWp (quilo-Watt pico).

No caso da geração distribuída, somente após avanços na legislação, ocorrida principalmente a partir da Resolução Normativa ANEEL Nº 482 de 2012, o crescimento dessa alternativa de geração tem acontecido de forma mais intensa, no entanto, ainda muito tímida, comparativamente a outros países (ver Tabela 2). Em agosto/2016, a capacidade instalada de geração solar nesta modalidade no País atingiu 32,00 MWp, dos quais 27,2% no Nordeste. Nessa Região, destaca-se atualmente o Estado de Pernambuco, com 3,30 MWp, aproximadamente 40% do total regional.

No que concerne à geração centralizada, o elevado potencial solar da região nordestina tem se materializado em projetos vencedores nos leilões de compra e venda de energia elétrica. Em 2014, foi realizado o 6º Leilão de Energia de Reserva (LER), no qual saíram vencedores 31 projetos da fonte eólica e 31 projetos da fonte solar. Já em 2015 foram realizados o 7º. e o 8º. Leilões de Energia de Reserva, o primeiro destinado exclusivamente à fonte solar e o segundo às fontes solar e eólica. Nesses três leilões, o Nordeste foi contemplado com 62 projetos da fonte solar, perfazendo um total de 1.243,1 MW de potência e investimentos previstos de R\$ 10,63 bilhões.

Particularmente no 6º LER, o Nordeste foi contemplado com 18 projetos da fonte solar, perfazendo um total de 519,66 MW de potência e investimentos previstos de R\$ 2,55 bilhões, em valores da data do leilão. No resultado desse Leilão, cabe destacar que todos os

projetos eólicos aprovados localizam-se em estados nordestinos, principalmente na Bahia (Tabela 3).

**Tabela 3 – Resultado do 6º Leilão de Energia de Reserva (31/10/2014)**

Estado	Qde projetos	Potência (MW)	Investimento (R\$ milhões)
<b>Projetos de energia eólica</b>			
BA	16	373,50	1416,8
PE	3	82,00	342,3
PI	3	78,00	281,0
RN	9	235,60	929,6
Total	31	769,10	2.969,7
<b>Projetos de energia solar</b>			
BA	14	399,66	2016,7
CE	2	60,00	279,5
GO	1	10,00	52,9
MG	3	90,00	385,0
PB	1	30,00	125,4
RN	1	30,00	133,3
SP	9	270,00	1151,4
Total	31	889,66	4.144,2
Total Leilão	62	1.658,76	7.114,0

Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE.

Elaboração: BNB/ETENE/Ambiente de Estudos e Pesquisas.

Dos 30 projetos de energia solar aprovados no 7º LER, ocorrido em agosto de 2015, 21 localizam-se no Nordeste, perfazendo 678,8 MW (81,4%) de potência e investimentos da ordem de R\$ 3,68 bilhões. Na Região, destacaram-se a Bahia, com 324,8 MW, e o Piauí, com 270,0 MW de potência (Tabela 4).

**Tabela 4 – Resultado do 7º. Leilão de Energia de Reserva (28/08/2015)**

Estado	Qde projetos de energia solar	Potência (MW)	Investimento (R\$ milhões)
BA	12	324,8	1.584,5
MG	5	150,0	640,8
PB	3	84,0	385,6
PI	9	270,0	1.709,9
TO	1	5,0	20,6
Total	30	833,8	4.341,4

Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE.

Elaboração: BNB/ETENE/Ambiente de Estudos e Pesquisas.

No 8º Leilão de Reserva, realizado em novembro de 2015, dos 33 empreendimentos aprovados da fonte solar, o Nordeste foi contemplado com 20 projetos, perfazendo um total de 564,3 MW de potência e investimentos previstos de R\$ 4,4 bilhões. Ressalta-se que todos os 20 projetos de energia eólica aprovados nesse leilão pertencem ao Nordeste, principalmente à Bahia (Tabela 5).

**Tabela 5 – Resultado do 8º Leilão de Energia de Reserva (13/11/2015)**

Estado	Qde projetos	Potência (MW)	Investimento (R\$ milhões)
Projetos de energia eólica			
BA	18	493,0	2.266,3
MA	1	30,0	77,8
RN	1	25,2	100,8
Total	20	548,2	2.444,8
Projetos de energia solar			
BA	6	169,3	687,0
CE	4	120,0	480,0
MG	9	270,0	1.142,1
PB	1	30,0	143,0
PE	4	105,0	604,3
RN	5	140,0	709,3
SP	1	5,0	20,2
TO	3	90,0	611,0
Total	33	929,3	4.396,9
<b>Total Leilão</b>	<b>53</b>	<b>1.477,5</b>	<b>6.841,7</b>

Fonte: Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE.

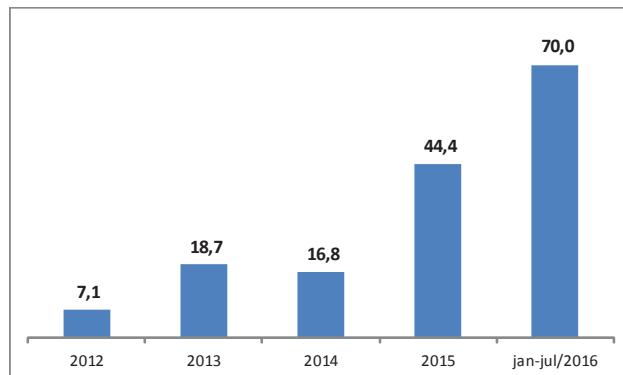
Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Por se tratar de uma fonte energética ainda não competitiva, a geração centralizada depende da realização de leilões específicos para serem viabilizados. A falta de competitividade da energia solar fotovoltaica ficou evidente no 8º LER, no qual a energia elétrica oriunda dessa fonte foi comercializada ao preço médio de R\$ 306,45/MWh, enquanto para a eólica foi negociada, nesse mesmo Leilão, ao preço médio de R\$ 203,46/MWh, ou seja, um terço a menos.

Cabe ressaltar que o suprimento do mercado brasileiro de módulos fotovoltaicos ocorreu basicamente a partir de importações. De fato, o crescimento da geração solar no País elevou substancialmente as importações de produtos fotovoltaicos, já que a indústria nacional nessa atividade, particularmente a fabricação de células, ainda é insípiente. As importações brasileiras em módulos solares (NCMs 85414032 e 85414039) aumentaram 10 vezes entre 2012 e 2016 (até julho), alcançando US\$ 70 milhões (Gráfico 9). Do montante das importações desses dois produtos entre 2012 e julho de 2016, correspondente a US\$ 157,1 milhões, 68,9% foram provenientes da China, 7,6% de Hong Kong e 5,3% do México.

O potencial substancial brasileiro para o incremento da geração solar fotovoltaica, aliado à política de conteúdo nacional dos produtos financiados pelo BNDES, tem atraído o interesse de grupos estrangeiros em se instalar no País. Neste contexto, foi inaugurada, em agosto de 2015, a fábrica da Global Brasil na Região Metropolitana de Campinas (SP), com capacidade de produzir 180 MW por ano em módulos fotovoltaicos policristalinos ou monocristalinos. Além dessa, a chinesa BYD anunciou investimentos de R\$ 150 milhões em uma fábrica em Campinas (SP) e outras empresas manifestaram interesse em produzir módulos fotovoltaicos no Brasil, a exemplo da canadense Canadian

Solar e da norte-americana SunEdison. A manifestação do executivo chinês da BYD (Tyler Li<sup>3</sup>) esclarece uma das razões do interesse dessas empresas para se instalar em São Paulo: “somos uma empresa de inovação; por isso, queremos estar próximos das melhores universidades e centros de pesquisa do Brasil”. Além disso, São Paulo é o Estado brasileiro que possui o maior potencial para a geração distribuída.

**Gráfico 9 - Importações brasileiras de módulos solares 2012 – julho/2016 (US\$ milhões)**


Fonte: MDIC/Aliceweb (2016).

Elaboração: BNB/ETENE/Célula de Estudos e Pesquisas Setoriais.

Nota: Valores referentes aos códigos NCM 85414032 e 85414039.

### Perspectivas da fonte solar no Brasil

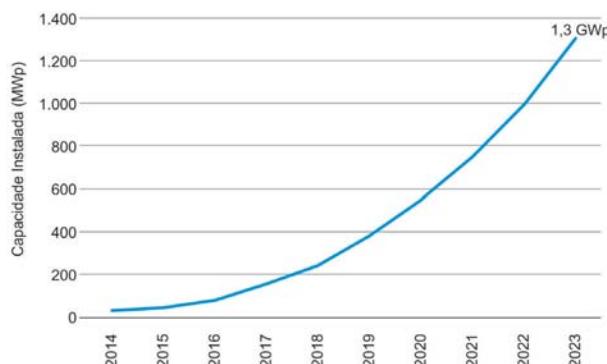
Na agenda dos próximos meses, estão previstos dois leilões para contratação de energia proveniente da fonte solar: o 10º Leilão de Energia de Reserva (com parte das contratações especificamente para a fonte solar), em 23/09/2016, e o 11º Leilão de Energia de Reserva, em 16/12/2016, conjuntamente com eólica. No primeiro, o início de suprimento ocorrerá em 01/07/2018 e no segundo, em 01/07/2019. Ambos terão prazos de suprimento de 20 anos.

No que concerne à geração distribuída, de acordo com projeções da Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014), considerando que seja removida a barreira imposta pelo Convênio<sup>4</sup> ICMS 6, o mercado fotovoltaico desse segmento crescerá no Brasil de forma sistemática nos próximos anos, alcançando 1,3 GWp em 2023 (Gráfico 10). Trata-se de um crescimento exponencial, à taxa média de 52,6% a.a.

3 Conforme reportagem disponível em: <<http://www.investe.sp.gov.br/noticia/com-apoio-da-investe-sp-byd-anuncia-a-fabricacao-de-paineis-solares-fotovoltaicos-em-campinas/>>.

4 Até a agosto/2016, apenas 7 Estados (Amapá, Amazonas, Espírito Santo, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná e Santa Catarina) não haviam aderido ao Convênio ICMS 16/2016. Por meio deste Convênio, a incidência de ICMS ocorre sobre o consumo líquido de energia elétrica, diferentemente do que estabelece o Convênio ICMS 06/2013, segundo o qual o ICMS é cobrado sobre o total da energia consumida pelos beneficiários da geração distribuída.

**Gráfico 10 - Projeções da capacidade instalada de geração solar distribuída no Brasil 2014-2024 (MWp)**



Fonte: Adaptado de EPE (2014).

No Brasil, o custo médio de instalação dos sistemas fotovoltaicos tende a cair tanto para as unidades residenciais como para as comerciais (Tabela 6). Com base nas projeções de crescimento e no custo médio dos sistemas fotovoltaicos no período de 2014 a 2023, estima-se uma demanda de investimentos superior a R\$ 8 bilhões no horizonte até 2023 para as modalidades de geração distribuída residencial e comercial. Mantida a mesma proporção verificada para o Nordeste nos projetos

de geração distribuída até agosto/2016 (27,2%), a fatia desses investimentos na Região supera R\$ 2 bilhões até 2023.

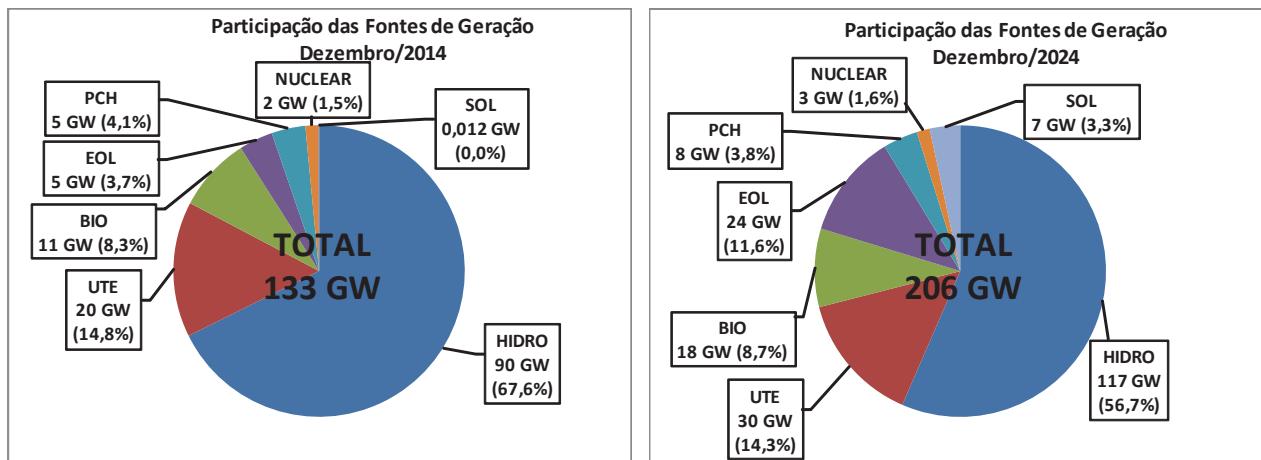
**Tabela 6 - Trajetória de redução de custos para sistemas fotovoltaicos residenciais e comerciais – 2014-2023 (R\$/Wp)**

Modalidade	Período (anos)				
	2014	2015	2016	2017	2018
Residencial	6,70	6,30	5,90	5,50	5,10
Comercial	6,10	5,70	5,40	5,10	4,80
	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Residencial	4,80	4,50	4,40	4,20	4,10
Comercial	4,50	4,20	4,10	3,90	3,80

Fonte: EPE (2014).

Para todas as modalidades (distribuída e centralizada), o Plano Decenal de Expansão de Energia Elétrica 2024 (EPE, 2015) projeta crescimento expressivo para a geração solar fotovoltaica, saltando de insipientes 0,012 GW em 2014 para aproximadamente 7 GW no horizonte do Plano, montante que representará 3,3% da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil em 2024 (Gráfico 11).

**Gráfico 11 - Evolução da capacidade instalada por fonte de geração**



Fonte: Adaptado de MME/EPE (2015).

### Aspectos tecnológicos da geração solar fotovoltaica

Um sistema fotovoltaico *on-grid* é constituído, dentre outros, pelos seguintes componentes principais: módulo fotovoltaico, inversor e medidor. As principais características dos módulos e inversores são:

### Módulo fotovoltaico<sup>5</sup>

- Silício monocristalino;
- Estrutura cristalina ordenada, com comportamento uniforme e previsível;
- Eficiência em torno de 17%.
- Silício policristalino:
- Formado por regiões de silício amorfo;

<sup>5</sup> Os módulos fotovoltaicos apresentam fator de degradação de produtividade de 0,65% ao ano (EPE, 2014, p. 35). Assim, passados 10 anos, a eficiência do módulo deve cair em torno de 6,5%.

- Eficiência em torno de 15%.
- Filme fino (*thin film*):
- Não existe ordem na disposição estrutural dos átomos. A espessura para formar uma célula solar é muito pequena, originando células de fina camada;
- Eficiência em torno de 10%;
- Rendimento estável e bom comportamento a altas temperaturas;
- Melhor aproveitamento do espectro solar (bom comportamento com radiação difusa).

Cabe ressaltar que a eficiência do módulo normalmente não é considerada um fator importante no projeto de sistemas fotovoltaicos, exceto nos casos em que existe limitação da área disponível para instalação do painel fotovoltaico (PINHO e GALDINO, 2014). Outros fatores, como a relação benefício/custo, prazo de garantia, assistência técnica etc podem ser decisivos na escolha.

A relação completa dos módulos fotovoltaicos certificados pelo INMETRO pode ser encontrada no endereço: <[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela\\_fotovoltaico\\_modulo.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/tabela_fotovoltaico_modulo.pdf)>.

### Inversores

- Transformam a corrente contínua (CC) do gerador fotovoltaico em corrente alternada (CA);
- São geradores de corrente (“copiam” a onda da rede).
- Devem rastrear o ponto de máxima potência.
- Devem garantir a qualidade da onda gerada (harmônicos), visando não ultrapassar parâmetros de tensão e de frequência pré-estabelecidos.
- Incorporam dispositivos de segurança para equipamentos, pessoas e rede:
- Isolamento galvânico;
- Proteções de sobrecorrente;
- Proteção anti-ilhamento;
- Desconexão e reconexão automática.

A relação completa dos inversores certificados pelo INMETRO pode ser encontrada no endereço:<[http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/componentes\\_fotovoltaicos\\_Inversores\\_On-Grid.pdf](http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/componentes_fotovoltaicos_Inversores_On-Grid.pdf)>.

No âmbito das certificações, cabe mencionar que o INMETRO publicou em 2011 a portaria nº 004 (disponível em <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001652.pdf>) definindo os “Requisitos de Avaliação da Conformidade para Sistemas e Equipamentos para Energia Fotovoltaica”, aplicável para módulos, controladores de carga, inversores e baterias estacionárias de baixa intensidade de descarga. Foi estabelecido que a partir de julho de 2012 os sistemas e equipamentos para energia fotovoltaica deverão ser comercializados, no mercado nacional, somente em conformidade com os Requisitos ora aprovados.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT)

publicou as seguintes normas relacionadas aos dispositivos fotovoltaicos, visando maior segurança e padronização das instalações:

- ABNT NBR IEC 62116:2012 - Procedimento de ensaio de anti-ilhamento para inversores de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica;
- ABNT NBR 16149:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV)
  - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição;
- ABNT NBR 16150:2013 - Sistemas fotovoltaicos (FV)
  - Características da interface de conexão com a rede elétrica de distribuição – Procedimento de ensaio de conformidade;
- ABNT NBR 16274:2014 - Sistemas fotovoltaicos conectados à rede — Requisitos mínimos para documentação, ensaios de comissionamento, inspeção e avaliação de desempenho.

### Aspectos legais (regulatórios, normativos e tributários)

No Brasil, o marco regulatório no qual se insere a geração solar sofreu modificações importantes nos últimos anos, retirando entraves à inserção dessa alternativa energética na matriz elétrica nacional, a exemplo do que ocorreu em outros países. Neste tópico, são apresentados os principais instrumentos legais vigentes no Brasil relacionados à geração de energia elétrica por meio da fonte solar. Ressalta-se que alguns desses instrumentos não foram detalhados, no entanto, poderão servir como referência para o entendimento de questões mais específicas.

### Resolução Normativa ANEEL nº 414, de 09 de setembro de 2010

- Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010414.pdf>>.

### Resolução Normativa ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012

- Estabelece as condições gerais de acesso aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>.
- Cria o sistema de compensação de energia elétrica, por meio do qual o excedente gerado pela unidade consumidora com micro ou minigeração pode ser injetado na rede da distribuidora, resultando em crédito de energia (kWh) a ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário (para consumidores com tarifa horária) ou na fatura dos meses subsequentes.
- Os créditos de energia gerados continuam válidos por 60 meses.

- Possibilidade de utilização dos créditos gerados em um determinado ponto de consumo em outras unidades previamente cadastradas dentro da mesma área de concessão e caracterizada como: autoconsumo remoto, geração compartilhada ou integrante de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras (condomínios). Ver definições no tópico 3 deste informe.
- Para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). De forma análoga, para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A), será devida apenas a parcela da fatura correspondente à demanda contratada.

#### Resolução Normativa ANEEL nº 687, de 24 de novembro de 2015

- Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição – PRODIST. As modificações de interesse estão elencadas nas observações da REN 482/2012, acima referidas. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>.

#### Resolução Normativa ANEEL nº 714, de 10 de maio de 2016

- Aprimora a regulamentação que trata dos contratos firmados pelas distribuidoras com os consumidores. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016714.pdf>>.

#### Seção 3.7 do Módulo 3 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional)

- O Módulo 3 do PRODIST estabelece os procedimentos para acesso de micro e minigeração distribuída ao sistema de distribuição. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>.

#### Convênio ICMS 101/97

- Estabelece que não seja recolhido ICMS na comercialização de módulos e células fotovoltaicas em nenhum estado da Federação. Esta medida não se estende a outros equipamentos, como inversores e medidores. Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101\\_97](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/1997/cv101_97)>.

#### Convênio ICMS 16, de 22/4/2015

- Autoriza a conceder isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas

a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL. Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15)>.

- Ficam os Estados do Acre, Alagoas, Bahia, Ceará, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Rondônia, Roraima, São Paulo, Sergipe, Tocantins e o Distrito Federal autorizados a conceder isenção do ICMS incidente sobre a energia elétrica fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, estabelecido pela Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.
- O benefício previsto neste convênio fica condicionado:
- I - à observância pelas distribuidoras e pelos microgeradores e minigeradores dos procedimentos previstos em Ajuste SINIEF (no caso, o Ajuste SINIEF 2, de 22 de abril de 2015, disponível em: <<https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/ajustes/2015/ajuste-sinief-2-15>>);
- II - a que as operações estejam contempladas com desoneração das contribuições para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público - PIS/PASEP e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social - COFINS.
- Para os Estados que não aderiram ao Convênio ICMS 16/2015 valem as regras previstas no **Convênio<sup>6</sup> ICMS 6, de 5 de abril de 2013**. Neste caso, o ICMS apurado teria como base de cálculo toda energia que chega à unidade consumidora proveniente da distribuidora, sem considerar qualquer compensação de energia produzida pelo microgerador. Com isso, a alíquota aplicável do ICMS incidiria sobre toda a energia consumida no mês. Dos estados da área de atuação do BNB, apenas o Espírito Santo ainda não aderiu ao Convênio ICMS 16/2015.

#### Lei nº 13.169/2015, de 06/10/2015

- Art. 8º: “Ficam reduzidas a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep e da Contribuição para Financiamento da Seguridade Social - COFINS incidentes sobre a energia elétrica ativa fornecida pela distribuidora à unidade consumidora, na quantidade correspondente à soma da energia elétrica ativa injetada na rede de distribuição pela mesma unidade consumidora com os créditos de energia ativa originados na própria unidade consumidora no mesmo mês, em meses anteriores ou em outra unidade consumidora do mesmo titular, nos termos do Sistema de Compensação de Energia Elétrica para microgeração e minigeração distribuída, conforme regulamentação da Agência Nacional de Energia

<sup>6</sup> Disponível em: <[http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/2013/CV006\\_13.htm](http://www1.fazenda.gov.br/confaz/confaz/convenios/ICMS/2013/CV006_13.htm)>.

Elétrica - ANEEL." Desta forma, a incidência do PIS e COFINS passou a acontecer apenas sobre a diferença positiva entre a energia consumida e a energia injetada pela unidade consumidora com micro ou minigeração distribuída. Tendo em vista que o PIS e a COFINS são tributos federais, a regra estabelecida pela lei vale igualmente para todos os Estados do País. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13169.htm)>.

## Riscos e desafios e oportunidades

- No Brasil, ainda não existe um sistema de credenciamento de empresas de projetos e instaladores de sistemas fotovoltaicos. Em razão da existência de inúmeras peculiaridades desta tecnologia passíveis de comprometer a eficiência e a segurança, sugere-se a busca de empresas/profissionais comprovadamente experientes quando da concepção/instalação de projetos fotovoltaicos. O ideal seria avançar na ideia de se criar uma certificação de profissionais/empresas para atuar nesse ramo, visando evitar problemas de insucessos devido a projetos mal concebidos ou mal instalados, a exemplo do que ocorreu em outros países.
- Apesar do enorme potencial solar existente no Brasil e, de modo particular, no Nordeste, é fato que as iniciativas de desenvolvimento tecnológico para o aproveitamento dessa fonte energética têm sido tímidas, comparativamente a outros países. Contudo, considerando a cadeia produtiva da geração solar fotovoltaica, o Brasil produz parcela expressiva dos produtos e serviços utilizados, embora seja carente de empresas que façam o processamento e o refinamento de silício de grau solar, lingotes e filmes finos de silício. Ressalta-se que o Brasil figura como um dos líderes mundiais na produção de silício de grau metalúrgico, ficando atrás apenas da China, quando considerados os países individualmente. A empresa brasileira RIMA Industrial aparece como a sexta maior produtora mundial. Embora envolva um processo com elevado nível tecnológico, o silício de grau metalúrgico possui baixo valor agregado relativamente ao silício de grau solar. A agregação de valor na etapa é da ordem de 100 vezes: enquanto o quartzo metalúrgico é comercializado a 0,03 US\$/kg, o silício de grau metalúrgico é cotado a 3 US\$/kg. Por sua vez, o silício de grau solar é vendido mundialmente pela média de 30 US\$/kg, uma agregação de valor da ordem de 1.000 vezes em relação ao quartzo e de 10 vezes em relação ao silício de grau metalúrgico (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETROÔNICA – ABINEE, 2012).
- Visando baratear o custo do watt gerado, empresas do mundo inteiro pesquisam novas

tecnologias e o aprimoramento das existentes, face à abundância desse recurso energético. No Nordeste brasileiro, existem diversos grupos de pesquisa empenhados em desenvolver tecnologias alternativas de geração solar. As células solares poliméricas e as células solares orgânicas são dois exemplos de tecnologias novas que têm sido objeto de pesquisa, inclusive por pesquisadores sediados no Nordeste. Paralelamente a isto, têm sido desenvolvidos equipamentos e dispositivos cada vez mais eficientes no consumo de energia elétrica, a exemplo das lâmpadas de led, possibilitando atender as necessidades de iluminação com equipamentos alternativos, com soluções individualizadas.

## Considerações finais

O potencial e a competitividade do Nordeste na fonte de energia solar credenciam a Região a ser uma candidata nata a receber os vultosos investimentos previstos nos projetos de geração elétrica centralizada. Neste sentido, considerando apenas os empreendimentos contemplados nos leilões já ocorridos, estão previstos para o Nordeste investimentos superiores a R\$ 10 bilhões em projetos fotovoltaicos.

As perspectivas de vultosos investimentos na região nordestina, no entanto, não tem sido fator decisivo para a locação de fábricas de equipamentos de energia solar na Região, a exemplo do que vem ocorrendo com a fonte eólica. De fato, os fabricantes estrangeiros que desejam se instalar no Brasil estão preferindo os Estados do Sudeste, particularmente São Paulo, devido sedarem importantes centros de pesquisa e inovação tecnológica, além de possuírem elevado mercado potencial para a geração distribuída. Ademais, diferentemente da fonte eólica, a logística de transportes não é impeditiva para as fábricas de equipamentos de energia solar se situarem em locais distantes dos principais polos de geração.

Para o futuro, vislumbra-se um crescimento exponencial para a fonte da energia solar no Brasil, particularmente no Nordeste, o que gerará enormes possibilidades de investimentos, geração de empregos e oportunidades de novos negócios correlacionados a essa atividade. Neste contexto, compreender a dinâmica de funcionamento dos elos da cadeia de valor da geração solar fotovoltaica é essencial para atrair fornecedores interessados em aproveitar potencialidades locais para a produção de insumos utilizados nessa indústria nascente no País.

O aprimoramento do marco regulatório da micro e mini geração distribuída no Brasil, ocorrida principalmente a partir da Resolução Normativa ANEEL 482/2012, enseja o surgimento de um mercado potencial de elevadas proporções para os consumidores residenciais. No entanto, esse segmento ainda carece de fontes e de mecanismos de financiamento adequados para a implantação dos

projetos. Trata-se, portanto, de um excelente filão de negócios para o setor financeiro.

## Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Por dentro da conta de luz: informação de utilidade pública.**

Brasília: ANEEL, 2008. Disponível em: [www.aneel.gov.br](http://www.aneel.gov.br). Acesso em: 14 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Micro e Minigeração Distribuída: Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** Cadernos Temáticos ANEEL. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/downloads/livros/caderno-tematico-microemingeracao.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

\_\_\_\_\_. **Banco de informações de geração.**

Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=15&idPerfil=2>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira.** 2012. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

BP. BP Statistical Review of World Energy, June 2016. Disponível em:

<<http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – CCEE. **Resultados de leilões.** Disponível em: <<http://www.ccee.org.br>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA FAZENDÁRIA – CONFAZ. **Convênio ICMS 16, de 22/4/2015.** Disponível em: <[https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15)>. Acesso em: 26 ago. 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Inserção da geração fotovoltaica distribuída no Brasil – condicionantes e impactos.** Nota Técnica DEA 19/14. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 14 ago. 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME; EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2024.** Brasília: MME/EPE, 2015. Disponível em: <[www.epe.gov.br](http://www.epe.gov.br)>. Acesso em: 14 ago. 2016.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR – MDIC. Base de dados Aliceweb. Disponível em: <[www.mdic.gov.br](http://www.mdic.gov.br)>. Acesso em: 20 ago. 2016.

NASA. **Average annual ground solar energy 1983-2005.** 2008. Disponível em: <<https://www.nasa.gov>>. Acesso em: 30 ago. 2016.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO. **Histórico da geração (banco de dados).** Disponível em: <<http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 15 ago. 2016.

PEREIRA, Enio Bueno; MARTINS, Fernando Ramos; ABREU, Samuel Luna de; RÜTHER, Ricardo. **Atlas Brasileiro de Energia Solar.** São José dos Campos: INPE, 2006. Disponível em: <<http://www.inpe.br>>. Acesso em: 14 ago. 2016.

PINHO, João Tavares; GALDINO, Marco Antonio. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: CEPEL/CRESESB, 2014.

SAUAIA, Rodrigo Lopes. **Palestra introdutória – talk show com as lideranças do setor elétrico brasileiro.** Brasil Solar Power. Rio de Janeiro, 01/07/2016.

THE ECONOMIST. **Pricing sunshine: the rise of solar energy.** 2012. Disponível em: <<http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2012/12/daily-chart-19>>. Acesso em: 15 set. 2016. [Dec 28th 2012, 15:31 BY ECONOMIST.COM]