

Título do capítulo

NOVAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: DESAFIOS
E OPORTUNIDADES

Autores (as)

Luciano Losekann
Michelle Hallack

DOI

-

Título do livro

Desafios da Nação: artigos de apoio

Organizadores (as)

João Alberto De Negri
Bruno César Araújo
Ricardo Bacelette

Volume

2

Série

-

Cidade

Brasília

Editora

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)

Ano

2018

Edição

-

ISBN

978-85-7811-322-3

DOI

-

NOVAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: DESAFIOS E OPORTUNIDADES¹

Luciano Losekann²

Michelle Hallack³

1 INTRODUÇÃO

A questão ambiental, tanto global quanto local, e os recentes avanços tecnológicos transformaram as energias renováveis na escolha prioritária para a expansão de capacidade de geração elétrica. Segundo Irena (2017), desde 2012, a instalação de capacidade de renováveis ultrapassou a instalação das não renováveis de forma crescente. Em 2015, a capacidade instalada de renováveis representou 61% da capacidade total adicionada no mundo. Esse aumento das renováveis no mundo se deve principalmente ao aumento das novas tecnologias de energia renováveis; em especial, eólica e solar. Em 2015, o aumento da capacidade instalada das duas fontes mais importantes das novas energias renováveis, solar e eólica, superou a de hidráulica pela primeira vez.

O Brasil se posiciona nesse cenário de forma bastante peculiar, visto a importância histórica das hidráulicas na matriz elétrica nacional. Por um lado, as energias renováveis no Brasil são um caso de sucesso: a participação de fontes renováveis na matriz de geração brasileira é de 85%.⁴ Isto se deve, principalmente, à participação da energia hidroelétrica; uma tecnologia conhecida⁵ e amplamente aplicada no Brasil. Por outro lado, a expansão das hidráulicas enfrenta progressivamente maiores custos e restrições. Assim, se o Brasil quiser manter uma matriz limpa, terá que fazer face às novas oportunidades e aos desafios relacionados à introdução das novas energias renováveis.

Assim, para manter uma matriz limpa, se juntando ao esforço mundial de controle das taxas de emissão de CO₂, o Brasil terá que aproveitar as novas oportunidades e fazer face aos desafios relacionados à introdução das novas energias renováveis.

1. Os autores agradecem a colaboração dos pesquisadores Welinton Conte Ferreira e Gustavo Andreão.

2. Pesquisador do Grupo de Economia da Energia (GEE) e professor da Faculdade de Economia da Universidade Federal Fluminense (UFF).

3. Pesquisadora do GEE e professora da Faculdade de Economia da UFF.

4. A capacidade instalada somente de hidráulica era de 71%, em julho de 2016.

5. A usina hidroelétrica de Marmelos foi a primeira grande usina hidroelétrica da América do Sul, inaugurada em Juiz de Fora em 1889 (rio Paraibuna), e ainda está em operação.

Este capítulo busca traçar as oportunidades e os desafios para o país na introdução massiva de novas energias renováveis. Para tanto, primeiro apresentaremos as motivações e os compromissos internacionais em direção à transição energética; em seguida, discutiremos as especificidades-chave da indústria de energia no Brasil. Então, abordaremos os casos específicos das políticas de introdução de eólica e de solar até então aplicadas. Por fim, levantaremos os principais elementos de política que devem ser tratados para aperfeiçoar os incentivos às novas renováveis no país.

2 EXTERNALIDADES AMBIENTAIS DOS COMBUSTÍVEIS FÓSSEIS E ESFORÇO INTERNACIONAL DE MITIGAÇÃO

Historicamente, os combustíveis fósseis se tornaram o recurso central da matriz energética mundial. Desde a Revolução Industrial, os sucessivos paradigmas tecnológicos calcaram-se na utilização crescente de combustíveis fósseis. Em 2014, 80% da demanda energética mundial foi atendida por petróleo, gás natural e carvão (IEA, 2016). A base fóssil da energia, no entanto, gerou externalidades ambientais importantes, que nas últimas décadas começaram a ser colocadas na pauta de política energética dos países – nacionalmente e internacionalmente. A dominância dos combustíveis fósseis foi considerada determinante para o aquecimento global, e a redução dessa participação é vista como a principal política para evitar a ocorrência de catástrofes ambientais.

A 21ª Conferência das Partes (COP21), realizada em dezembro de 2015, em Paris, traçou ações efetivas para limitar o aumento da temperatura média no mundo abaixo de 2° C até 2100, a partir de planos nacionais de compromisso de redução de emissões, chamados de Intended Nationally Determined Contributions (INDCs).⁶

A transição energética mundial para uma economia com baixa emissão de carbono dependerá, significativamente, da redução da utilização de combustíveis fósseis na geração de eletricidade, que responde, atualmente, por um terço das emissões globais. Além disso, o caminho para a redução das emissões de outros segmentos de consumo, como transporte e aquecimento, deve envolver maior utilização de eletricidade com carros e sistemas de aquecimento de ambiente elétricos, por exemplo, indicando que uma matriz elétrica limpa, com elevada participação de fontes renováveis, será essencial para permitir que a eletrificação do futuro reduza os níveis atuais de emissão.

6. Contribuição Nacionalmente Determinada.

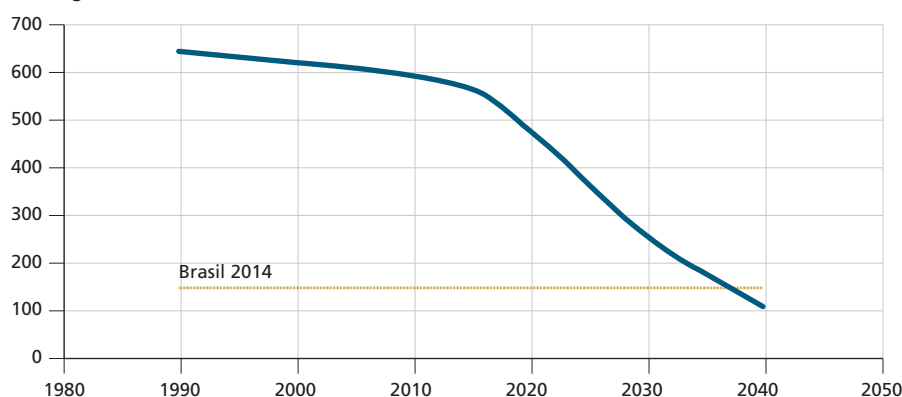
3 ESPECIFICIDADES BRASILEIRAS: DA RENOVÁVEL PARA AS NOVAS RENOVÁVEIS

A inserção do Brasil nesse contexto internacional tem suas peculiaridades. Por conta da disponibilidade de recursos renováveis, o Brasil seguiu uma trajetória distinta e, hoje, conta com uma matriz energética limpa em relação à média mundial.

O gráfico 1 compara a meta global de redução da intensidade de emissões de CO₂ na geração de eletricidade condizente com o cenário 450 da Agência Internacional de Energia (IEA – em inglês, International Energy Agency) no horizonte 2040, que limitaria o aumento da temperatura global em 2° C, e a intensidade do Sistema Elétrico Brasileiro (SEB) em 2014. Se o esforço global mitigatório das emissões tiver êxito, a intensidade de emissão para a geração de energia global alcançará o índice brasileiro próximo do final do período de previsão. Ou seja, em matéria de matriz de geração limpa, o Brasil está vinte anos à frente da média global. O desafio que se coloca, no entanto, é manter a participação de renováveis na matriz de geração. Assim, a liderança não exime o Brasil de seguir políticas de mitigação de emissões.

GRÁFICO 1

Meta de intensidade de emissão de CO₂ para geração elétrica no cenário 450 da IEA e intensidade no Brasil em 2014 (1990-2050)
(gCO₂/kWh)



Fontes: Dados mundiais da IEA, disponíveis em: <<http://www.iea.org/weo/>>. Dados do Brasil do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) e da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), disponíveis em: <<http://www.epe.gov.br/pde/Paginas/default.aspx>>. Elaboração dos autores.

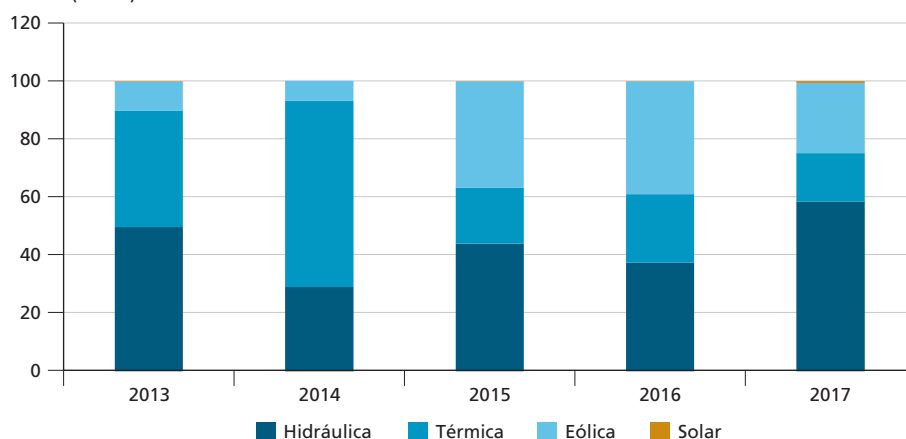
Nesse sentido, na COP21, o Brasil comprometeu-se a reduzir as emissões de gás de efeito estufa (GEE) em 37% em 2025, em relação aos níveis de 2005, e em 43%, na mesma base de comparação até 2030. Para o setor de energia, o Brasil estabeleceu três metas (INDCs) no Acordo de Paris: *i*) atingir participação de 45% de energias renováveis na matriz energética em 2030; *ii*) aumentar a participação

de bioenergia para 18% até 2030, expandindo o consumo de biocombustíveis, a oferta de etanol – inclusive segunda geração – e a parcela de biodiesel na mistura do diesel; e *iii*) expandir o uso de fontes renováveis, além da energia hídrica, na matriz total de energia para uma participação de 28% a 33% até 2030 (EPE, 2016).

No gráfico 2, pode-se observar a participação das diferentes tecnologias no crescimento da capacidade instalada brasileira. Em relação a 2012, o crescimento da capacidade instalada de 2013 se concentrou fortemente em hidráulica e térmica. Em 2014, notam-se o maior crescimento das térmicas e o crescimento moderado das renováveis. A partir de 2015, há diminuição da importância das térmicas no crescimento de capacidade e ocorre crescimento importante da eólica. A energia solar, nos anos observados, continua sendo pouco relevante para o incremento de capacidade no período analisado.

GRÁFICO 2

Participação das diferentes tecnologias no crescimento da capacidade instalada brasileira – referente ao ano anterior (2013-2017)
(Em %)



Fontes: Boletins mensais no monitoramento do SEB para os meses de janeiro do período 2012-2017, disponíveis em: <<https://goo.gl/L7HKUP>>.
Elaboração dos autores.

Para atender aos objetivos propostos, o Brasil terá de repensar o papel das térmicas. Nos últimos anos, o papel desempenhado pelas termelétricas no Brasil tem sido inadequado em termos econômicos e ambientais. Baseada na perspectiva de utilização pouco frequente, a construção do parque termelétrico brasileiro priorizou a flexibilidade, com tecnologias com menores custos de investimento, apesar de obterem menor eficiência energética e maiores custos operacionais. Essas tecnologias, como é o caso de sistemas térmicos em ciclo aberto, acarretam maior emissão por KWh produzido. No entanto, desde 2013, as térmicas brasileiras têm

sido utilizadas intensamente, em longos períodos contínuos durante o ano. Essa inadequação da tecnologia para o tipo de uso impacta negativamente nos custos de suprimento elétrico e nas emissões de CO₂.

Por sua vez, a matriz energética brasileira conta com posição privilegiada para acomodar uma expansão significativa de energias renováveis intermitentes – características das novas renováveis, como a solar e a eólica. Por um lado, o Sistema Elétrico Brasileiro pode ser considerado dinâmico, com crescimento elevado projetado para o longo prazo, o que permite ajustes na expansão para adequar o sistema a maior geração de fontes renováveis intermitentes. Por outro lado, o sistema já dispõe de elevado grau de flexibilidade em decorrência: *i*) da preponderância hidrelétrica, que representa 70% da capacidade instalada; *ii*) da estocagem através dos reservatórios hídricos com potencial de armazenagem de 211 TWh, equivalente a pouco menos de cinco meses da carga anual; e *iii*) da possibilidade intercâmbio elétrico-energético por meio de um sistema de transmissão de dimensão continental, o Sistema Interligado Nacional (SIN), que atende a 98% da carga do país.

Com essas características, a expansão renovável no Brasil pode ocorrer com custos de integração reduzidos. Os reservatórios acomodam a intermitência provendo flexibilidade e ainda estocam a geração intermitente sob a forma de água, com o deslocamento da energia hidráulica evitada.

4 PROMOÇÃO DAS NOVAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO BRASIL: MIX DE POLÍTICA ENERGÉTICA E INDUSTRIAL

Visto o potencial nacional tanto eólico quanto solar, o Brasil criou mecanismos de *incentivos à promoção* dessas fontes energéticas. Os principais elementos desses mecanismos são os contratos de longo prazo estabelecidos através dos leilões (*power purchase agreement* – PPAs) e o financiamento privilegiado do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Visto que grande parte dos financiamentos da indústria de energia passa pelo BNDES, isso não poderia ser diferente para novas energias renováveis. O financiamento desse banco, no entanto, está relacionado com a política industrial de produção local de componentes. Assim, o BNDES criou políticas de conteúdo local (PCLs) específicas para as novas renováveis.

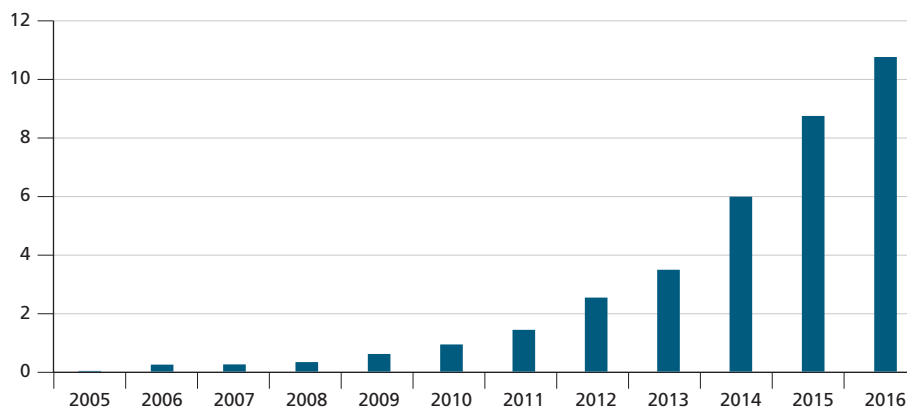
Enquanto a evolução da indústria da eólica mostrou grade efetividade na internalização de componentes (Ferreira, 2017), a adaptação à política de energia solar ainda deverá ser avaliada. A aplicação da política de conteúdo local para solar é muito recente: o primeiro financiamento do BNDES – respeitando as regras de conteúdo local – foi aprovado em 2017; logo, não se podem avaliar, ainda, seus resultados. No entanto, diversos agentes no setor apontam para dificuldades relevantes na internalização de algumas tecnologias na cadeia de produção da placa de solar fotovoltaica.

4.1 A história de sucesso da energia eólica: difusão e desenvolvimento produtivo

A introdução da energia eólica no Brasil foi inicialmente impulsionada pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), em 2002. O programa previa a contratação de 3,3 GW de capacidade de geração de três fontes de geração renováveis: pequenas centrais hidrelétricas, biomassa e eólica, através de tarifas incentivadas (regime *feed in*). O programa passou por algumas dificuldades que acarretaram contratação inferior ao projetado, mas teve o papel de conferir uma nova dinâmica para a energia eólica no Brasil.

Com a implantação da sistemática de leilões como forma principal de contratação da expansão do parque gerador de eletricidade, em 2004, a expansão da energia eólica se consolidou no Brasil. No final de 2016, a capacidade instalada de geração eólica alcançou 10,7 GW (gráfico 3), o que representava 7% do parque gerador brasileiro. Em 2016, o Brasil alcançou a nona posição em capacidade instalada em energia eólica e foi o quinto país que mais adicionou capacidade de geração eólica no ano (Abeeólica, 2017).

GRÁFICO 3
Evolução da capacidade de geração de energia eólica (2005-2016)
(Em GW)



Fonte: Abeeólica (2017).

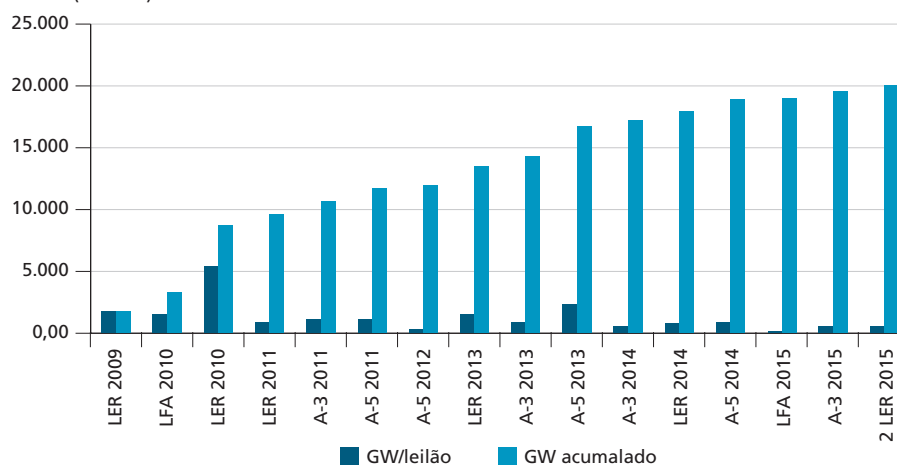
Os parques eólicos foram contratados inicialmente através de leilões específicos para fontes alternativas – leilão de fontes alternativas (LFA) e leilão de energia de reserva (LER).⁷ Posteriormente, com o ganho de competitividade da energia eólica

7. Leilões de fontes alternativas (LFAs) e leilões de energia de reserva (LERs). Os últimos têm objetivo de contribuir para a segurança do abastecimento do sistema e são remunerados através de encargos; as fontes alternativas têm sido privilegiadas nesse tipo de leilões.

no Brasil, os parques eólicos passaram a ser contratados em leilões não específicos, concorrendo com as demais fontes de geração em leilões A-3 e A-5.⁸ O gráfico 4 ilustra a contratação de energia eólica nos leilões de expansão.

GRÁFICO 4

Contratação de energia eólica por leilão de expansão e acumulada
(Em GW)



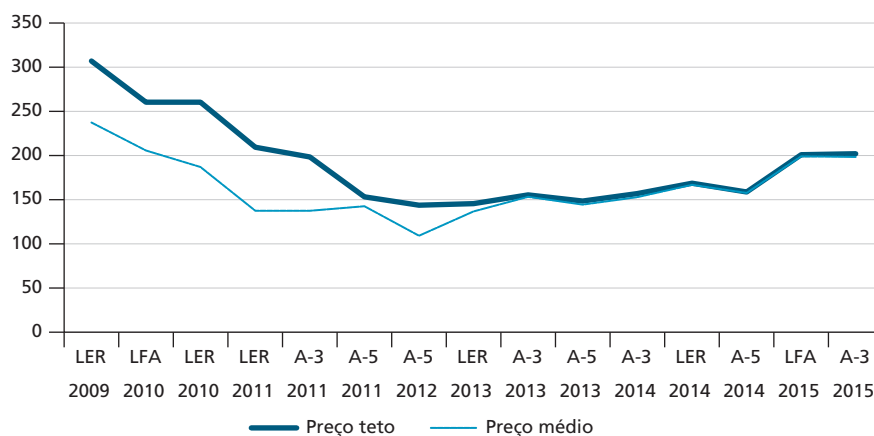
Fonte: Goldenzweig (2017).

Conforme aponta o gráfico 5, o preço de contratação de energia eólica caiu fortemente desde o primeiro leilão, quando a energia foi negociada pelo valor médio de R\$ 240,00/megawatts-hora (MWh), em valores atualizados. No leilão A-5 de 2012, a energia eólica foi comercializada a R\$ 120,00/MWh, a preços atualizados. Posteriormente, o preço de contratação da energia eólica se elevou, refletindo a deterioração das condições macroeconômicas do Brasil. O volume contratado também se reduziu nos últimos anos, e não houve contratação de novas usinas eólicas em 2016, o que arrefecerá o ritmo de crescimento da capacidade instalada no futuro.

8. Leilões realizados com cinco anos e três anos, respectivamente, de antecedência à entrada em operação das centrais selecionadas.

GRÁFICO 5

Preço médio da contratação de energia eólica em leilões de expansão¹ (2009-2015)
(Em R\$/MWh)



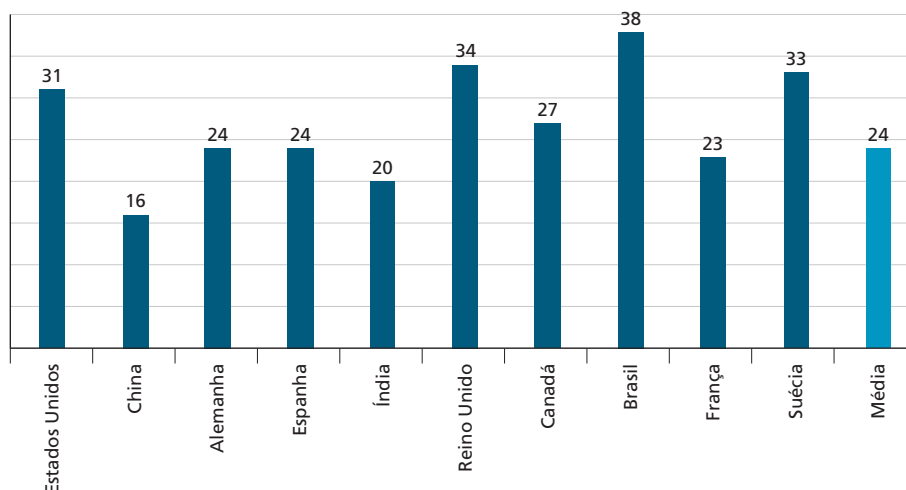
Fonte: Goldenzweig (2017).

Nota: ¹ Valores atualizados para janeiro de 2017.

As características do potencial eólico brasileiro contribuíram para o sucesso na sua difusão. Em primeiro lugar, particularmente no Nordeste, os ventos apresentam intensidade e constância favoráveis para a produção de eletricidade. O fator de utilização médio dos parques eólicos brasileiros, 38%, é bastante superior à média mundial, 24% (gráfico 6).

GRÁFICO 6

Fator de capacidade de parques eólicos – países selecionados
(Em %)

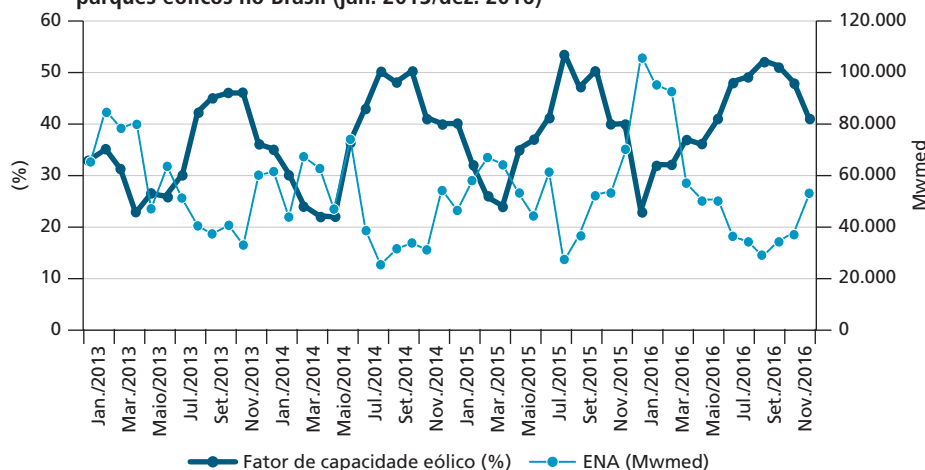


Fonte: Abeeólica (2017).

Em segundo lugar, a fonte energética dominante (hidrelétrica) apresenta complementariedade com a geração eólica. O gráfico 7 relaciona a hidrologia brasileira, em termos da energia que chega aos reservatórios mensalmente (ENA), e o fator de utilização mensal do parque gerador eólico no Brasil. Percebe-se claramente que os momentos de maior incidência hidrológica correspondem aos momentos de ventos desfavoráveis e vice-versa. Ou seja, ventos e chuvas apresentam correlação negativa, que contribui para a segurança do abastecimento.

GRÁFICO 7

Evolução mensal da energia natural afluyente (MWmed) e do fator de utilização de parques eólicos no Brasil (jan. 2013/dez. 2016)



Fonte: Goldenzweig (2017).

Por último, a disponibilidade de reservatórios hidrelétricos resulta em menores custos de integração de centrais eólicas ao sistema. A intermitência eólica pode ser regularizada por meio de água acumulada nos reservatórios no Brasil, o que é bem menos custoso do que ocorre em sistemas predominantemente termelétricos, em que é necessário manter centrais de *backup* para essa finalidade (Losekann, 2013).

4.2 Energia eólica e desenvolvimento produtivo

A difusão da energia eólica no Brasil foi impactada pelo interesse em desenvolver um parque fornecedor local para os equipamentos dessa fonte. Para tanto, o governo brasileiro implantou um conjunto de políticas com essa finalidade. Ferreira (2017) aponta que o governo federal e os governos estaduais promoveram isenções fiscais para empreendedores eólicos e fornecedores de equipamentos. O setor conta com os incentivos do Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento de Infraestrutura (Reidi), Convênio ICMS nº 101/1997, que prevê a isenção do Imposto sobre Operações Relativas à Circulação de Mercadorias e sobre Prestações de Serviços de Transporte Interestadual, Intermunicipal e de Comunicação (ICMS)

para certos equipamentos de aerogeradores. Vários estados brasileiros concederam isenção de ICMS para atrair parques eólicos e fornecedores. Ademais, a isenção da cláusula de pesquisa e desenvolvimento (P&D) da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), que obriga geradores a dedicarem 1% da receita líquida para esse fim, dá vantagem aos empreendimentos eólicos em relação às fontes convencionais de geração.⁹

O segmento eólico é contemplado também por políticas tecnológicas. O fundo setorial CT-Energia, criado em 2000, disponibiliza recursos para atividades de desenvolvimento tecnológico para fontes renováveis. Entre as chamadas públicas para a seleção de projetos, o segmento eólico foi considerado como tema prioritário somente na chamada de 2006. Em 2013, o governo brasileiro lançou o programa Inova Energia, que contempla energias alternativas em uma de suas linhas de financiamento.

A principal política de incentivo ao desenvolvimento da cadeia produtiva do aerogerador no Brasil, a política de conteúdo local do BNDES, teve início com a contratação de energia eólica no Proinfa. Inicialmente, os requisitos para concessão de financiamento eram os mesmos de outros setores econômicos, uma vez que se exigia um índice global de nacionalização do aerogerador de 60%. Por avaliar que esse critério distorcia as escolhas de tecnologias e não era suficiente para impulsionar a nacionalização de equipamentos de maior intensidade tecnológica, o BNDES implantou uma nova metodologia a partir de 2013.

A nova política do BNDES implementou regras que aumentavam gradativamente o requisito de conteúdo local de todas as partes do aerogerador (torre, rotor e nacele), visando à internalização de componentes de maior complexidade tecnológica, com destaque para os equipamentos da nacele – que contém os componentes de maior requisito tecnológico do aerogerador. A metodologia contempla metas alternativas com seis etapas, com duração semestral, encerradas em dezembro de 2015, para a internalização da produção das partes do aerogerador. Esses requisitos deveriam refletir a maturidade dos fornecedores locais.

Ferreira (2017) conduziu entrevistas com agentes do setor para avaliar a efetividade da política de conteúdo local do BNDES. Sua análise aponta que o desenho da política segue as boas práticas de políticas de conteúdo local, contemplando as seguintes características:

- *não é compulsória* – A política é um requisito para obter financiamento do BNDES. Se a política implicar sobrecustos excessivos para o empreendedor, este pode buscar outras fontes de financiamento sem esse

9. Esse benefício também é válido para centrais a biomassa e solar, bem como pequenas centrais hidrelétricas.

condicionante. Nesse sentido, a seleção de parques eólicos em regime competitivo através dos leilões limita a possibilidade de sobrecustos;

- *metas exequíveis* – As metas foram definidas com a participação da cadeia produtiva. Ainda que alguns gargalos tenham ocorrido, as empresas entrevistadas consideram que os objetivos refletiam o potencial de evolução da cadeia produtiva;
- *regras claras* – As montadoras de aerogerador eram capazes de identificar quais metas deveriam atingir para o credenciamento;
- *cronograma definido* – As etapas tinham datas estabelecidas desde a implementação da política;
- *flexibilidade* – A política estabeleceu metas alternativas para o cumprimento dos requisitos de conteúdo local. Os fornecedores podiam escolher qual “caminho” escolher; e
- *progressiva* – Os compromissos aumentavam gradativamente, idealmente, acompanhando a capacidade dos fornecedores locais.

Apesar de um balanço positivo, a análise de Ferreira (2017) aponta algumas deficiências e lacunas da política:

- *competitividade em termos de preço não foi foco* – Os requisitos não contemplavam explicitamente os preços dos equipamentos em relação aos produtos importados;
- *ausência de análise custo-benefício* – Não foram conduzidos estudos para comparar os benefícios da política em relação aos seus custos para a sociedade; e
- *desarticulação com as políticas energética e tecnológica* – A política de promoção de renováveis não é articulada à política de conteúdo local. O ritmo de contratação de energia eólica, com picos e vales, dificulta o estabelecimento de fornecedores domésticos. A política tecnológica aplicável ao setor pouco contribuiu para o desenvolvimento tecnológico da produção local de equipamentos do aerogerador.

Podemos considerar que o objetivo de desenvolver a cadeia produtiva local do aerogerador foi atingido. Atualmente, o Brasil conta com seis montadoras de geradores credenciadas no BNDES (tabela 1). Um conjunto de empresas estrangeiras se instalou no Brasil a partir da difusão da energia eólica na matriz. Em 2012, a WEG, uma empresa nacional de competitividade global em equipamentos elétricos, iniciou a produção de aerogerador. Ainda que sua participação de mercado seja pequena, sua entrada no setor é considerada promissora.

TABELA 1
Montadoras de aerogeradores instaladas no Brasil (1995 e 2011-2014)

Empresa	Ano de entrada	Origem da matriz	Participação no mercado (2016) (%)	Credenciada pelo BNDES
Wobben/Enercon	1995	Alemanha	9,3	X
Alstom	2011	França	14,9	
Gamesa	2011	Espanha	18,0	X
Vestas	2012	Dinamarca	7,5	X
Siemens	2013	Alemanha	2,6	
Acciona	2013	Espanha	8,9	X
General Eletric (GE)	2014	Estados Unidos	16,9	X
WEG	2012	Brasil	3,3	X

Fonte: Ferreira (2017).

O Brasil conta com fornecedores de pás antes mesmo do desenvolvimento da energia eólica no país. A Tecsis e a Woben tinham, inicialmente, a produção voltada para a exportação. Com a difusão da energia eólica no Brasil, a dinamarquesa LM e a brasileira Aerys passaram a atuar no segmento em 2013 (quadro 1). Os fornecedores de capital nacional utilizam a capacitação tecnológica derivada dos usos aeronáuticos, segmento em que o Brasil detém competitividade global.

QUADRO 1
Fabricantes de pás instaladas no Brasil (1995, 1998 e 2013)

Empresa	Ano de entrada	Origem da matriz
Tecsis	1995	Brasil
Wobben/Enercon	1998	Alemanha
LM	2013	Dinamarca
Aerys	2013	Brasil

Fonte: Ferreira (2017).

Além da produção local dos chamados macrocomponentes (torre, pás e nacelle), o Brasil desenvolveu nos últimos anos a produção local de diversos equipamentos do aerogerador (quadro 2). Dos 24 equipamentos elencados na política de conteúdo local do BNDES, dezoito contam com fornecedores domésticos. Entre os equipamentos não internalizados, a caixa multiplicadora representa um desafio mais significativo, por sua relevância no custo do aerogerador e por contar com poucos fornecedores no mercado global. Quanto a nacionalidade dos produtores elencados no quadro 2, vinte são estrangeiros e 22, nacionais. Os países com maior difusão de energia eólica, como Alemanha, Espanha, Estados Unidos e Dinamarca, são a origem da maior parte das empresas estrangeiras atuantes no Brasil.

QUADRO 2
Fornecedores de equipamentos eólicos no Brasil

Equipamentos	Empresas
Conversor/inversor	Ingeteam, ¹ Woodward, ¹ ABB, ¹ GE ¹ e ICSA
Transformador	Comtrafo, Blutrafos, WEG, ABB ¹ e Siemens ¹
Gerador	GE ¹ , ABB ¹ e WEG
Quadro principal (<i>main frame</i>)	BR Metals, Romi, Bardella e Voith
Carcaça do cubo	ROMI, Br Metals e Voith
Carenagem da nacele	E.M.Estaleiro, Ancel, Atlanta, Molde e MVC
Sistema de freio	Vulkan1 e TecTor
Rolamento do passo	Robrasa-ThyssenKrupp ¹
Parafusos estruturais	Friedberg, ¹ Ciser e Industrial Rex
Cabos (ligando a turbina às subestações)	Pheps Dodge, ¹ Prysmian ¹ e Nexans ¹
Rolamento do eixo principal	Robrasa-ThyssenKrupp ¹ e SKF-Kaydon ¹
Rolamento do yaw	Robrasa-ThyssenKrupp ¹
Sistema de yaw	Bonfiglioli ¹
Sistema de acionamento de yaw	Bonfiglioli ¹
Sistema de refrigeração da nacele	Apema e Gea (Kelvion) ¹
Elevador	Avanti, ¹ Baram, Hailo ¹ e Montarte
Painel de proteção elétrica	ABB, ¹ ICSA, Ormazabal ¹ e Blutrafos
Sistema de travamento do rotor	Atlanta
Unidade hidráulica	Rexroth Bosch, ¹ Hensaflex ¹ e Hine ¹
<i>Slip ring</i>	Moog ¹
Luzes de sinalização (externa)	Frata e Debetec
Acionamento do passo/motorreductor	Bonfiglioli, ¹ Sew-eurodrive ¹ e WEG
Sistema/painel de controle de passo (<i>pitch</i>)	Ingeteam, ¹ Moog ¹ e ICSA
Bloco hidráulico para controle do passo	Hine ¹
Cilindros do passo	Hine ¹

Fonte: Ferreira (2017).

Nota: ¹ Empresas estrangeiras.

4.3 A energia fotovoltaica no Brasil: avanços e percalços iniciais

Apesar do grande potencial da energia solar no Brasil (Irena, 2017),¹⁰ essa fonte possui uma participação ainda insignificante no país. Recentemente, tem havido esforços e um crescente movimento para o desenvolvimento de energia solar no Brasil. Podemos dividir esse movimento em dois grupos: energia solar distribuída

10. A base de dados da International Renewable Energy Agency (Irena), aponta que o Brasil está entre os países com maior potencial de energia solar no mundo. Disponível em: <<https://goo.gl/oMKdbC>>.

e energia centralizada. Enquanto a primeira está relacionada com a geração de eletricidade em residências, estabelecimentos comerciais e industriais conectados à rede de distribuição, a segunda se refere à geração solar conectada ao Sistema Interligado Nacional. Entre a geração centralizada, chama-se atenção aquelas contratadas por meio do leilão de energia de reservas. Essa separação é importante, uma vez que as regras, os incentivos e os principais atores se diferenciam muito.

Atualmente, a energia fotovoltaica centralizada é menos custosa que a descentralizada. Note que isso não garante, contudo, que para o sistema como um todo seja sempre mais vantajoso implementar geração centralizada, pois a opção descentralizada pode implicar menores custos de transporte, já que está localizada junto à carga. A importância de cada um dos tipos de geração varia substancialmente de país para país,¹¹ chamando atenção para o fato de que os mecanismos de incentivos podem ser um aspecto central na escolha do tipo de tecnologia solar implementada. Na América Latina, há forte tendência na escolha do uso da fotovoltaica centralizada.

A interação entre fotovoltaica centralizada e descentralizada é complexa. Por um lado, esses investimentos podem ser observados como complementares, uma vez que grande parte da tecnologia empregada é similar. Logo, um aumento do consumo de energia fotovoltaica – centralizada ou descentralizada – pode gerar aumento da escala, maior aprendizado e queda dos custos dos equipamentos. Por outro lado, esses dois tipos de geração competem, pois a escolha da implantação de solar descentralizada é feita comparando o custo final para o consumidor em produzir a própria energia ou comprar da rede. Assim, há uma competição entre os modos de geração elétrica centralizada – incluindo-se a centralizada – e descentralizada (Vazquez e Hallack, 2017).

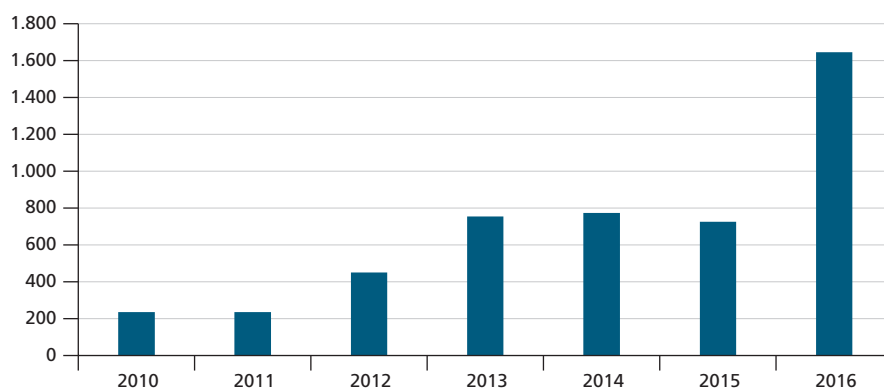
4.4 Fotovoltaica centralizada no Brasil

O mecanismo de introdução de energia solar centralizada foi a inclusão dessa tecnologia nos leilões de reserva. A energia de reserva contratada nesses leilões é destinada a aumentar segurança no fornecimento de energia elétrica no SIN, sem impactar nos contratos das distribuidoras. A quantidade de energia de reserva que deve ser contratada depende da percepção dos agentes quanto à necessidade de aumento de investimento de segurança no sistema, que, dada a matriz elétrica brasileira e a forma como é a energia despachada, possui forte relação com o nível dos reservatórios e as previsões meteorológicas. Essa espécie de seguro do sistema é paga através de um encargo, o encargo de energia de reserva (EER), rateado entre os diferentes usuários do SIN, incluindo distribuidoras e consumidores livres.

11. De acordo com Solar Power Europe (2016), entre os países europeus como maior potencial instalado de energia fotovoltaica, Alemanha, Itália e França possuem capacidade de energia descentralizada superior à centralizada, enquanto a capacidade de geração solar na Espanha e no Reino Unido é concentrada em geração centralizada.

Percebemos no gráfico 8 um aumento substancial na conta de energia de reserva. Isso foi determinado pelo número de leilões de reserva implementados nos últimos anos, entre outros motivos. A maior frequência de leilões pode ser vista como consequência de uma percepção de crise eminente de oferta, que poderia colocar em perigo a segurança de abastecimento do SIN. Esses leilões de segurança foram usados também para aumentar a introdução de renováveis no país.

GRÁFICO 8
Saldo da conta de energia de reserva (2010-2016)
(Em R\$ milhões)



Fonte: Aneel. Disponível em: <<https://goo.gl/jmywro>>.
Elaboração dos autores.

Diferentemente dos leilões tradicionais, o LER permite ao governo determinar quantidades que podem ser adquiridas por tipo de tecnologia, criando nichos de mercados para energias renováveis.¹² Esses leilões oferecem contratos de vinte anos com preços definidos no período do leilão. Do leilão ao momento de início das operações, se estabelece um período de construção, no caso da energia solar, de três anos. A energia solar foi contratada em três LERs (6º, 7º e 8º LER) em 2014 e 2015. O objetivo é contratar os projetos mais eficientes (mais baratos) de solar, até que se atinja o volume desejado ou o teto de preços que o governo está disposto a pagar pela energia solar.

De acordo com Andreão, Hallack e Vasquez (2017), esses leilões geraram contratação de 2.653 MW de energia solar. No entanto, observa-se que a capacidade efetivamente em construção é limitada, o que vem levantando questões sobre as potenciais barreiras que esses projetos enfrentam.

12. Visto que o LER se faz em grande medida baseado em percepção de potencial risco de segurança de suprimento, geralmente tecnologias com períodos de construção curtos – como solar e eólica – são interessantes.

Essas questões são conjunturais e estruturais. No que se refere às conjunturais, chama-se atenção para o cenário macroeconômico e cambial, que traz incerteza e custos para os contratos assinados no LER, cuja remuneração é em moeda nacional. Esse cenário dificulta a possibilidade de empréstimos internacionais para a implementação de projetos. O que nos remete a um problema estrutural: a dificuldade de financiamento de infraestrutura através de mecanismos privados no Brasil (Vazquez, Hallack e Queiroz, 2016). Assim como grande parte do financiamento de infraestrutura, a indústria de energia vem dependendo fortemente do financiamento do BNDES para ser efetivamente construída. No entanto, como explicado na subseção anterior, o financiamento é condicionado a obrigações de conteúdo local, uma vez que ambiciona impulsionar a indústria nacional. Contudo, atender a essas condições depende do potencial nacional e das características da indústria. O modelo de aplicação do conteúdo local de solar seguiu muitos princípios da energia eólica – pode-se perceber como uma espécie de aprendizado institucional –, visto que há também etapas progressivas a serem seguidas, aumentando a complexidade da internalização tecnológica (Zanetti, 2017; BNDES, 2014b). Há um esforço em adaptar o mecanismo da eólica para a solar, visto a grande diferença, a seguir, da tecnoeconômica de ambas as indústrias.

- 1) A metodologia deixa de considerar a apuração do índice de nacionalização, calculado com base no peso e no valor do equipamento, e passa a exigir a nacionalização progressiva de componentes e processos específicos, ao longo do período de implementação do plano.
- 2) A metodologia objetiva oferecer regras mais flexíveis de nacionalização, mas com uma relação mínima de componentes e processos produtivos exigidos para o credenciamento e a manutenção no Credenciamento Informatizado de Fabricantes (CFI) do BNDES.
- 3) Ademais, a metodologia desenvolve uma relação de itens eletivos, que incentivam e premiam o aumento do conteúdo nacional.

O objetivo do banco, de acordo com BNDES (2014a), é que “a participação máxima do BNDES no apoio aos empreendimentos fotovoltaicos crescerá proporcionalmente ao número de processos industriais e componentes incorporados no país.”

No entanto, as empresas encontram dificuldades em cumprir as exigências de conteúdo local. Dois desafios complementares ajudam a explicar essa dificuldade: *i*) as características da tecnologia da energia solar; e *ii*) a inexistência de uma política energética de introdução de solar estável e de longo prazo.

Vazquez, Hallack e Queiroz (2016) mostram que, apesar de a tecnologia de painéis fotovoltaicos de silício C-Si representar 90% dos painéis solares, em 2015,

no mundo, há diversidade de tecnologias que estão sendo desenvolvidas e com potencial de ganharem espaço no mercado – como os painéis solares de filme fino, painel solar de telureto de cádmio e células fotovoltaicas orgânicas. Nesse sentido, a rota tecnológica de solar é menos madura, havendo tecnologias competindo pelo mercado em desenvolvimento. Por outro lado, a tecnologia que é a comercialmente dominante possui forte economia de escala, pequenos custos de transporte e forte concentração em alguns países; em especial, na China – o país produz 80% dos componentes centrais das placas, como os lingotes e *wafers* de silício. Ademais, de acordo com IEA (2016), observa-se capacidade ociosa relevante, a partir de 2011, na produção de módulos das placas solares internacionalmente. Nesse contexto, nota-se queda substancial dos preços dos painéis solares.¹³ Esses fatores explicam, em parte, a dificuldade de internalizar a produção de equipamentos da energia solar no Brasil.

A outra parte da explicação, no entanto, passa pela ausência de uma política clara e estável de implementação de solar no país. Como descrito anteriormente, o uso do LER garante contratos pontuais sem que haja compromisso de continuidade de demanda. Isso gera variações importantes na contratação. Por exemplo, houve três leilões em 2014 e 2015, nenhum leilão em 2016 e se aprovou um leilão de descontração (diminuição da demanda) em 2017. O investimento e a implementação de uma indústria fortemente dependente de investimento, economia de escala e inovação são dificultados pela volatilidade da demanda.

Frente a esse cenário, Andreão, Hallack e Vasquez (2017) mostram que as duas principais empresas que participam de projetos com maior capacidade contratada nesses leilões são a Enel – envolvida com projetos que equivalem a 24% da capacidade solar contratada – e a Canadian Solar – implicada em projetos que equivalem a 13% da capacidade solar contratada. As estratégias das duas empresas, no que refere às exigências de conteúdo local do financiamento do BNDES, são bastante diferentes. A primeira vem se apoiando em investimento próprio – sem financiamento do BNDES –, com obras mais avançadas e sem restrições de conteúdo local. A segunda conseguiu, em maio de 2017, a aprovação do primeiro financiamento de energia solar no BNDES (R\$ 529 milhões) para implantação do Complexo Solar Pirapora, em Minas Gerais, com cinco usinas fotovoltaicas, potência instalada total de 150 MW e potência fotovoltaica instalada de 191 megawatts picos (MWp).¹⁴

As diferentes estratégias parecem coerentes com as características das empresas envolvidas. A Enel é uma empresa especialmente focada em energia, possuindo parcerias que fabricam painéis solares. A Canadian Solar é uma das principais empresas

13. De acordo com IHS (2016), o preço do módulo de PV solar em 2015 está em torno de 15% dos preços de 2005. E na China, os módulos de PV são mais de 20% mais baratos que seus competidores.

14. O empreendimento é da Canadian Solar e da EDF Energies Nouvelles; a primeira será responsável pela fabricação dos módulos solares instalada no Brasil e fornecerá equipamentos ao projeto.

produtoras de placas solares no mundo – a principal que não é de propriedade de firmas chinesas. A empresa canadense possui ativos de geração solar em diferentes partes do mundo; no entanto, o que a destaca na indústria é sua importância na manufatura de equipamento de solar fotovoltaica.

Todavia, resta saber se algumas dessas estratégias serão vencedoras, ou se conviverão na evolução do setor no Brasil. Certamente, dependerá tanto do desenvolvimento tecnológico quanto da evolução da regulação setorial e da política de financiamento do BNDES.

4.5 Fotovoltaica distribuída no Brasil

A geração distribuída (GD) é aquela realizada junto ou próxima dos consumidores. Apesar da reconhecida economia de escala das fontes tradicionais de geração elétrica, recentemente, as tecnologias têm evoluído para incluir potências cada vez menores, podendo assim se tornar distribuídas. A GD tem vantagem sobre a geração central, pois economiza investimentos em transmissão e reduz as perdas nesses sistemas, melhorando a estabilidade do serviço de energia elétrica (Martins, 2015). A importância desse tipo de geração é grande em países europeus, como na Alemanha, em que menos de 20% da energia solar é centralizada. No entanto, na América Latina, em que os leilões têm sido os impulsionadores dessa tecnologia, a energia descentralizada ainda é pouco representativa.¹⁵

O manual para o *Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional* (Prodist) – criado pela Resolução Normativa nº 345/2008 da Aneel e alterado em 2012 – define GD como a produção de energia elétrica – de qualquer potência – conectada diretamente ao sistema elétrico de distribuição ou mediante instalações de consumidores, podendo operar em paralelo ou de forma isolada, e despachada ou não pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (Aneel, 2012). Essa definição está alinhada com a citada pela legislação brasileira, no art. 14 do Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004, que considera GD os investimentos em produção de energia elétrica originada dos investimentos de agentes concessionários, permissionários ou autorizados, conectados diretamente no sistema elétrico de distribuição do comprador – exceto alguns empreendimentos hidroelétricos e termoeletrônicos.¹⁶ Assim, GD inclui diferentes fontes de energia; no entanto, são as características da energia solar que vêm aumentando a importância dessa forma de geração.

15. Para mais informações sobre o papel da energia solar distribuída na matriz dos países europeus, ver Solar Power Europe (2016).

16. Os empreendimentos hidrelétricos com capacidade instalada superior a 30 megawatts (MW) e alguns empreendimentos termelétricos, inclusive de cogeração, com eficiência energética inferior a 75%. Porém, termelétricas que utilizem biomassa ou resíduos de processo como combustível não são limitadas por esse percentual (Brasil, 2004).

Alguns estudos, como MIT (2016), chamam atenção para as mudanças substanciais na caracterização do uso e da economia da rede da energia elétrica, que decorrem da difusão maciça de GD. O modelo de energia centralizado é organizado técnica e economicamente partindo do princípio que os fluxos seguem dos produtores para os consumidores de energia, que são agentes separados conectados pela rede. Um modelo de organização do sistema elétrico com grande participação da geração distribuída deverá partir do princípio que o mesmo agente pode ser consumidor e produtor de energia (*prosumers*); nesse modelo, os fluxos se tornarão, cada vez mais, bidirecionais.

No Brasil, a regulamentação da GD conectada à rede é relativamente nova. Em abril de 2012, entrou em vigor a Resolução Normativa nº 482 da Aneel, que regulamentou a microgeração e a minigeração distribuída de energia elétrica. Essa resolução estabeleceu o Sistema de Compensação de Energia. Nesse arranjo, a energia ativa injetada por unidade consumidora/produtora distribuída é cedida, por meio de um empréstimo, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa. Os créditos de energia elétrica gerados continuam válidos por sessenta meses.¹⁷

Ademais, a Resolução Normativa nº 482/2015 permite a instalação de GD em locais diferentes do ponto de consumo, podendo usar no local de geração ou 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). Essa opção de deslocação abre oportunidades de modelos de negócios diferenciados para a implantação de GDs (Aneel, 2016a). No entanto, ainda há restrições e incertezas a esses arranjos. Aneel (2017) explica que

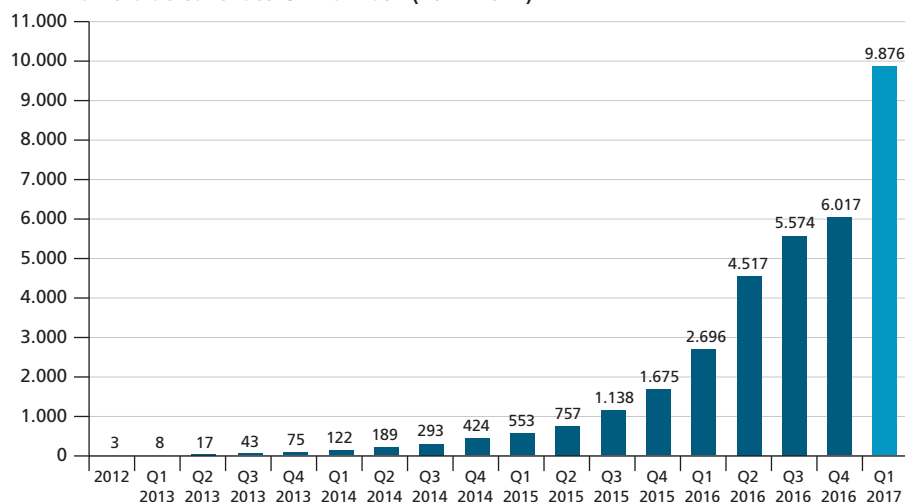
compete à distribuidora analisar o ato constitutivo da cooperativa ou do consórcio apresentado pelo consumidor, junto à solicitação de acesso, no intuito de comprovar a adequação do documento à legislação específica, não podendo ser aceito outro arranjo jurídico na modalidade geração compartilhada (Aneel, 2017).

Atualmente, o número de conexões de geração compartilhada ainda é insignificante no país.

Há um enorme crescimento das GDs no Brasil, como podemos observar no gráfico 9. Comparando o primeiro trimestre de 2016 com o primeiro trimestre de 2017, o número de conexões foi aproximadamente quatro vezes maior. Dessas interconexões, mais de 98% são referentes à energia solar distribuída.

17. Para detalhes da evolução das regras da geração distribuída, ver Aneel (2016b).

GRÁFICO 9
Número de conexões GD no Brasil (2012-2017)



Fonte: Astra Solar.

Atualmente, o tipo de consumidor que mais adota a GD solar são os consumidores residenciais de alta renda. Segundo Astra Solar (2017), 79% das GDS são residenciais, seguidas do setor comercial (16%), e os demais (inclui rural, industrial e poder público) somam 5% das unidades de GD. Isso pode ser entendido em parte como consequência do Sistema de Compensação Nacional, uma vez que o retorno financeiro do empreendimento está relacionado com o preço que o consumidor deveria pagar pela energia se tivesse consumido da rede; logo, o retorno é maior para aqueles que pagam maiores tarifas, que são os consumidores residenciais.

Considerando os dados do perfil dos interessados em instalar energia solar distribuída divulgado pelo Portal Solar (2017), observa-se concentração dos agentes que possuem perfil de alta renda, cuja conta de eletricidade é superior a R\$ 200,00 por mês (75% dos que fazem orçamento), e que são proprietário dos imóveis (85% dos que fazem orçamento).

Apesar do crescimento da GD distribuída, há ainda importantes desafios a serem considerados. Vazquez e Hallack (2017) chamam atenção que a regulação e os incentivos governamentais podem ter papel central como promotores e como barreiras à evolução da geração distribuída. Entre os incentivos regulatórios e governamentais, destaca-se a diferença de incentivos e subsídios no financiamento da energia centralizada e descentralizada. Como a energia descentralizada não tem acesso a financiamento de bancos de desenvolvimento, como o BNDES, tende a ser financiada em condições menos atrativas que as da energia centralizada. Ademais, como os preços da GD dependem do preço final da energia, que varia ao longo do

tempo, enquanto a solar centralizada depende de leilões, cujos preços são fixados por leilões de longo prazo, há o risco de remuneração menor que a primeira.

Por outro lado, o desenvolvimento da GD também impactará e será impactada com a regulação da distribuição de eletricidade. Se a regulação não se desenvolver considerando essa interação, poderá gerar distorções importantes na indústria.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PROPOSIÇÕES

Apesar do sucesso do avanço da energia eólica no país, colocando-o entre os países com maior instalação de capacidade do mundo, um caminho virtuoso para as novas renováveis no Brasil dependerá do tratamento de alguns desafios.

- 1) Adequação e consistências entre os objetivos de políticas: energética, ambiental e industrial.
- 2) Desenvolvimento de instrumentos de análise de custo-benefício transparente das políticas de conteúdo local, na promoção e no financiamento de renováveis.
- 3) Adequação dos mecanismos de incentivo para a geração descentralizada.
- 4) Readequação do desenho de mercado elétrico para compatibilizar a formação de preço com as características de intermitência das renováveis.

5.1 Adequação das políticas: objetivos e instrumentos

Os objetivos de políticas de introdução de renováveis não são claramente definidos no Brasil. Os leilões de expansão constituíram um mecanismo efetivo para a introdução das novas renováveis, mas o ritmo de contratação é condicionado pela situação de suprimento de eletricidade, implicando picos e vales de contratação. Essa descontinuidade pode gerar custos, principalmente se o objetivo é criar uma cadeia de produção nacional de equipamentos. Ultimamente, o uso de leilão de reserva é uma ilustração da subordinação do objetivo de difusão de renováveis ao objetivo de segurança do abastecimento. Do ponto de vista do instrumento, este foi criado para garantir a seguridade do sistema e não pode ser creditado como a única forma de introdução de novas renováveis.

O uso apenas do BNDES como mecanismo de política industrial em um contexto de política energética e de renováveis pouco definida pode gerar custos relativamente altos. A questão dos subsídios via condições vantajosas de financiamento é um elemento central na expansão da geração de eletricidade no Brasil, visto a ampla e histórica participação do BNDES nas diferentes fontes de energia. Assim, se não forem cuidadosamente adequadas, as condições para o financiamento das novas fontes renováveis podem impactar fortemente na escolha tecnológica, considerando que outras fontes de geração usualmente contam com financiamento

do BNDES. As cláusulas de conteúdo local, comuns nos financiamentos do banco, ao priorizar tecnologias nacionais, podem gerar viés no uso de tecnologias maduras – com pouca inovação e já internalizadas –, o que pode impactar a composição da matriz energética nacional.

Por outro lado, esse tipo de cláusula, se bem ajustada, pode gerar a internalização de parte da cadeia, possibilitando queda de custos no longo prazo – que, idealmente, pode ser mais que suficiente para cobrir os custos de curto prazo. Dados os potenciais efeitos positivos e negativos desse tipo de mecanismo, é necessária a avaliação custo-benefício periódica de seus impactos. É de se esperar que os efeitos não sejam os mesmos para todo o conjunto de fontes renováveis e nem para todas as partes da cadeia dessa indústria. Assim, as metas e os mecanismos da PCL, via financiamento, devem ser específicos para cada fonte energética e diferenciados pelos equipamentos, conforme os benefícios esperados e os custos associados.

5.2 Interação das novas renováveis com o *mix* energético do país: readequação dos incentivos

Ainda que o Sistema Elétrico Brasileiro conte com elevada participação de fontes de geração renováveis tradicionais (hidrelétrica e biomassa), a difusão das novas fontes renováveis muda o perfil da geração do país. Enquanto as variações relevantes das fontes hídrica e de biomassa ocorrem em períodos longos (estações e anuais), as novas fontes têm variações importantes no curtíssimo prazo (intermitência intradiária); isso gera a necessidade de adaptar o atual modelo para considerar essas variações, até então pouco relevantes e desconsideradas.

Atualmente, o regime de operação é guiado por programas computacionais e por custos esperados de geração, que não levam em conta a intermitência de curto prazo da geração. O preço é calculado em base semanal e diferenciado por patamares de carga (consumo) de eletricidade. O valor da água, que é a variável mais influente para determinar a operação no Brasil, deveria incorporar o impacto da flexibilidade de curto prazo. Como a água contida nos reservatórios hídricos é a forma menos custosa de complementar a intermitência das novas renováveis, os sinais de preço devem refletir esse serviço. Ou seja, com a difusão das renováveis, o valor da água deve ser mais elevado, com o objetivo de orientar o armazenamento que reserve quantidade suficiente para complementar a geração intermitente renovável no curto prazo.

Do ponto de vista estrutural, o desenho de mercado deve evoluir para compatibilizar uma massiva introdução de novas renováveis e *prosumers*. Nesse novo modelo, a flexibilidade deve ser valorizada, permitindo a interação entre a geração dos *prosumers*, a geração centralizada, as preferências dos consumidores e o uso dos sistemas de rede e de confiabilidade de suprimento. Esse novo arranjo

deve considerar as restrições de pagamento de grande parte dos consumidores brasileiros. Como a parcela mais pobre da população deve continuar sendo suprida via rede, a solução não deve onerar excessivamente as tarifas de consumo a partir da rede.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. Energia Eólica. *In*: ELAEE – LATIN AMERICAN ENERGY ECONOMICS MEETING, 6., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Elae, 2017.

ANDREÃO G.; HALLACK M.; VAZQUEZ M. Financing the expansion of photovoltaic power generation in Brazil: challenges of using similar mechanisms for different renewable sources. *In*: ELAEE – LATIN AMERICAN ENERGY ECONOMICS MEETING, 6., 2017, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Elae, 2017.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 149, n. 76, p. 53, 2012. Seção 1.

_____. **Perguntas e respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012**. Brasília: Aneel, 2016a. Disponível em: <<https://goo.gl/DEAQvy>>. Atualizado em: 1º mar. 2016.

_____. **Informações técnicas: geração distribuída**. Brasília: Aneel, 22 jan. 2016b. Disponível em: <<https://goo.gl/3gVwjc>>. Atualizado em: 2 mar. 2016.

_____. **Esclarecimentos relativos às disposições da Resolução Normativa nº 482/2012**. Ofício Circular nº 0010/2017 (SRD/Aneel). Brasília: Aneel, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/XfbywY>>.

ASTRA SOLAR. **Geração distribuída no Brasil**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/kvGoGv>>. Atualizado em: jul. 2017.

BNDES – BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. BNDES define condições de apoio a vencedores de leilão de energia solar e cria metodologia para fomentar conteúdo nacional. **BNDES Notícias**, 24 jun. 2014a. Disponível em: <<https://goo.gl/rV3u1P>>.

_____. **Metodologia para credenciamento e apuração de conteúdo local de equipamentos fotovoltaicos no credenciamento de fabricantes informatizado (CFI) do BNDES**. Financiamentos, Credenciamento de Equipamentos. 2014b. Disponível em: <goo.gl/oxqJuW>.

BRASIL. Decreto nº 5.163, de 30 de julho de 2004. Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: Congresso Nacional, 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/MPkIZY>>.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **O compromisso do Brasil no combate às mudanças climáticas:** produção e uso de energia. Brasília: EPE, jun. 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/zAoHjD>>.

FERREIRA, W. C. **Política de conteúdo local e energia eólica:** a experiência brasileira. 2017. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017.

GOLDENZWEIG, N. **Desafios e oportunidades da energia eólica na matriz energética brasileira:** um estudo comparativo. 2017. Monografia (Bacharelado) – Faculdade de Economia, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2017.

IEA – INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Key world energy statistics 2016.** 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/tjWvNo>>.

IHS MARKIT. **The price of solar – April 2016.** Cost Benchmark Whitepaper. Disponível em: <goo.gl/49gEf5>.

IRENA – INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY. **REthinking Energy 2017.** Abu Dhabi: Irena, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/EkjNAq>>.

LOSEKANN, L. D. Desafio do setor elétrico brasileiro: novo papel dos reservatórios. **Blog Infopetro**, 12 ago. 2013. Disponível em: <<https://goo.gl/caQGdw>>.

MARTINS, V. **Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil.** 2015. Dissertação (Mestrado) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro Rio de Janeiro, 2015.

MIT – **Utilities of the future.** Cambridge, United States: MIT Energy Initiative, 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/mig77Z>>.

PORTAL SOLAR. **Mercado de energia solar no Brasil.** 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/41X9Nu>>.

SOLAR POWER EUROPE. **Global market outlook for solar power (2016-2020).** Brussels, Belgium: Solar Power Europe, 2016.

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M.; QUEIROZ, R. **Condicionantes institucionais à execução de projetos de infraestrutura:** financiamento de longo prazo. Rio de Janeiro: Ipea, 2016. (Texto para Discussão n. 2266).

VAZQUEZ, M.; HALLACK, M. **The role of regulatory learning in energy transition:** the case of solar PV in Brazil. Milan, Italy: Center for Research on Energy and Environmental Economic and Policy (IEFE), Bocconi University, April, 2017. (Working Paper n. 91). Disponível em: <<https://goo.gl/CQ4hmt>>.

ZANETTI, A. **BNDES:** Apoio à energia solar. Brasília: BNDES, 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/caQyZU>>.

