

VI ENEI Encontro Nacional de Economia Industrial

Indústria e pesquisa para inovação: novos desafios ao desenvolvimento sustentável

30 de maio a 3 de junho 2022

As políticas públicas em energia eólica e solar fotovoltaica no Brasil: uma análise baseada na teoria de políticas mission-oriented

Lucas Corrêa*;
Silvio Antônio Ferraz Cário**.

Resumo: A mudança climática é um dos principais problemas da atualidade, em que o carbon lock-in do setor energético é de particular importância. Neste contexto, este artigo busca analisar as políticas orientadas a promover a transição energética renovável no Brasil – especificamente, eólica e solar fotovoltaica –, a partir de um estudo de caso contruído sobre a teoria das políticas mission-oriented. A análise demonstrou que a estrutura política apresentam determinadas limitações, que dificultam a efetiva promoção da transição energética no Brasil. Em particular, destacam-se: ausência de visão estratégica de longo prazo; insuficiência de políticas pelo lado da oferta; falta de coordenação dos diferentes instrumentos, entre si e com as políticas macroeconômicas. Por fim, o artigo discute a necessidade de restaurar as políticas de inovação como estratégia de desenvolvimento no Brasil, especialmente as voltadas para o enfrentamento dos desafios do século XXI, e fazem-se recomendações de políticas para o presente caso.

Palavras-chave: Análise de políticas públicas; políticas *mission-oriented*; transição energética renovável; estudo de caso.

Código JEL: O38; O25; Q42.

Área Temática: 7.3 Inovação, desenvolvimento e sustentabilidade.

Public policies in wind and solar photovoltaic energy in Brazil: an analysis based on mission-oriented policy theory

Abstract: Climate change is one of the main problems of our time, where the carbon lock-in of the energy sector is of particular importance. In this context, this article seeks to analyze the policies aimed at promoting the renewable energy transition in Brazil - specifically, wind and solar photovoltaic -, based on a case study built on the theory of mission-oriented policies. The analysis has shown that the political structure presents certain limitations, which make it difficult to effectively promote the energy transition in Brazil. In particular, the following stand out: absence of a long-term strategic vision; insufficiency of supply-side policies; lack of coordination of the different instruments, with each other and with macroeconomic policies. Finally, the article discusses the need to restore innovation policies as a development strategy in Brazil, especially those aimed at facing the challenges of the 21st century, and makes policy recommendations for the present case.

Keywords: Public policy analysis; mission-oriented policies; renewable energy transition; case study.

* Doutorando em Desenvolvimento Econômico (IE/Unicamp). E-mail: correa.lucas@outlook.com.br.

** Professor do Programa de Pós-Graduação em Administração e em Economia (UFSC). E-mail: fecario@yahoo.com.br.

1 Introdução

A mudança climática se impõem como um dos mais significativos desafios a serem enfrentados pela humanidade, em particular no que concerne os sistemas energéticos, responsáveis por maior parte das emissões por humanos de gases do efeito-estufa. A superação do *carbon lock-in*, isto é, da trajetória tecnológica historicamente construída sobre combustíveis fósseis – e.g. petróleo, carvão e gás natural – e reforçada por fatores institucionais e políticos, será, ainda, um longo caminho a ser percorrido por todos os países.

Apesar de ser possível argumentar que o *carbon lock-in* é menos intenso no caso brasileiro, devido à relativamente menor participação de fontes fósseis na matriz energética do país, ainda assim há significativos entraves à transição energética (FERRAÇO, 2016). Do lado tecnológico, destacam-se as trajetórias tecnológicas construídas ao longo da segunda metade do século XX, enraizadas na Petrobras e na indústria automobilística, ambas de elevada relevância para a atual economia brasileira; do lado político e institucional, verifica-se, por exemplo, a resistência política das multinacionais do setor automobilístico. Ademais, ressalta-se a imensa estrutura de incentivos e subsídios à produção e ao consumo de combustíveis fósseis, representando 1,36% do PIB, em 2019 (INESC, 2020).

No setor elétrico brasileiro, em particular, a característica central é uma elevada dependência da fonte hidrelétrica. Historicamente, a matriz de eletricidade foi estruturada em torno da exploração centralizada dos vastos recursos hidrelétricos do país, visando gerar o montante de energia necessário para alimentar o processo de industrialização, especialmente através da Eletrobras. As características desse setor no Brasil sugerem a continuidade da preponderância da fonte hidrelétrica, significando uma espécie própria de *lock-in* (CARSTENS; CUNHA, 2019).

Apesar da existência de entraves, diversos fatores apontam que as energias renováveis não hidrelétricas são favoráveis no Brasil, como: a abundância de recursos renováveis – fortes ventos e alta irradiação solar, capazes de fornecer múltiplas vezes o consumido em todo o país; a limitada oferta doméstica de recursos fósseis para geração de eletricidade, de tal forma que depende da sua importação (AQUILA *et al.*, 2017); e a capacidade da matriz elétrica brasileira em acomodar o crescimento da participação de fontes renováveis intermitentes (e.g. eólica e solar), devido ao seu caráter dinâmico e elevado grau de flexibilidade, o que permitiria a expansão das fontes renováveis com custos de integração reduzidos (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

O crescimento das fontes eólica e solar fotovoltaica em termos de capacidade e de participação no total de energia elétrica gerada, ao longo dos primeiros anos do século XXI, representam importantes desenvolvimentos dessas tecnologias no Brasil, em grande medida, impulsionados por uma série de políticas governamentais. Historicamente, pode-se identificar, no caso brasileiro, diversas iniciativas governamentais para a implementação e o desenvolvimento tecnológico no setor de energias renováveis – e.g. PROINFA (2002), leilões de energia, políticas de conteúdo local e de financiamento do BNDES, Inova Energia (2013), etc. Tais iniciativas governamentais são centrais para a transição energética renovável e, no contexto de urgência das mudanças climáticas, devem ser continuamente aperfeiçoadas e executadas. Isso, entretanto, é posto à prova com a recente e brusca guinada neoliberal e os atuais retrocessos políticos, que colocam em xeque a efetiva capacidade do Estado brasileiro de realizar políticas de inovação.

A superação do *carbon lock-in* e a efetiva transição para um sistema energético renovável demanda um comprometimento político de longo prazo (MAZZUCATO, 2015), isto é o Estado tem um papel central a desempenhar no desenho e condução de políticas na direção da transição energética renovável e da construção de uma economia de baixo carbono. Neste contexto, o presente artigo tem como objetivo analisar a atuação do Estado brasileiro através de políticas de inovação orientadas a promover a transição energética renovável – especificamente em energias eólica e solar fotovoltaica – ao longo do início do século XXI. Pretende-se, portanto, realizar um diagnóstico da estrutura de políticas públicas em energias eólica e solar fotovoltaica no Brasil, bem como prescrever recomendações para promover e acelerar a transição energética renovável no Brasil.

Para tanto, adota-se uma metodologia exploratória, através do uso de uma abordagem aberta e qualitativa de estudo de caso. Tal metodologia é apropriada para investigar o problema em questão, sendo um fenômeno contemporâneo em seu contexto específico, em que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente evidentes, e assim, sobre qual há mais variáveis de interesse do que apontam os dados

(YIN, 2017). O presente estudo de caso é construído sobre as bases teóricas das políticas *mission-oriented* (MAZZUCATO, 2018), as quais entende-se como adequadas para tratar da transição energética renovável.

Para alcançar este objetivo, o artigo foi dividido em 5 seções, além desta introdução. Na seção 2, discutem-se as políticas *mission-oriented* e o estabelecimento dos problemas ambientais como missões capazes de guiar os processos de busca por soluções tecnológicas na direção da transição energética renovável. Na seção 3, são discutidas as principais políticas públicas de inovação, relacionadas com as energias renováveis, especialmente das fontes eólica e solar fotovoltaica, aplicadas no Brasil. Na seção 4, propõe-se uma análise dessas políticas nos setores eólico e solar fotovoltaico brasileiro e apresentam-se algumas recomendações de políticas para enfrentar as deficiências identificadas. A seção 5, por fim, apresenta as considerações finais.

2 Políticas *mission-oriented* para uma transição energética

O Estado, historicamente, tem promovido avanços tecnológicos os quais, se dependessem apenas das forças de mercado, não teriam ocorrido (MAZZUCATO, 2014b). Em retrospectiva, pode-se verificar que muitas das inovações centrais para o sistema capitalista – e.g. a *internet*, a nanotecnologia e as tecnologias que compõem o *iPhone* – contaram com investimentos governamentais ao longo de todos os estágios do processo de inovação (MAZZUCATO, 2014b; KATTEL *et al.*, 2018). Na linha teórica das políticas *mission-oriented*, então, supera-se a narrativa que coloca o Estado como um ator inerte e passivo, e dá-se ênfase ao seu papel Empreendedor, isto é, sua atuação direta no investimento e na tomada de riscos em áreas envoltas em elevadas incertezas.

As políticas *mission-oriented* podem ser definidas como políticas sistêmicas que se baseiam no conhecimento de fronteira para atingir objetivos específicos (MAZZUCATO, 2018). A mudança climática impõe, de forma cada vez mais urgente, importantes desafios, que exigem um conjunto amplo e complexo de inovações radicais em múltiplos setores. Dada a elevada incerteza que envolvem as indústrias e tecnologias verdes, o capital privado tende a se manter afastado (MAZZUCATO, 2014b), de tal forma que, analogamente ao que se observou em revoluções tecnológicas do passado, as políticas públicas são vistas como necessárias para desenvolver e implementar de tais tecnologias. Dentre as indústrias e tecnologias verdes, esse artigo destaca as energias renováveis, dada a elevada contribuição do setor energético, altamente dependente de combustíveis fósseis, para a mudança climática.

Posta a elevada magnitude e urgência dos problemas ambientais, as políticas de inovação para a transição energética renovável tem ampla justificativa. De tal forma, a discussão não deve-se centrar em *se* o Estado deve, ou não, orientar o processo inovativo para tecnologias mais limpas e amigáveis ao meio ambiente, mas em *como* deve desempenhar tal papel. O problema, então, é desenhar modelos apropriados de políticas que promovam, de maneira efetiva, tais transformações. Destacam-se, aqui, cinco pontos centrais.

O primeiro ponto tem relação com a escolha estratégica de uma missão tecnológica, que estabeleça objetivos claros e de longo prazo, visando a superação de grandes problemas da atualidade – que podem ser ambientais, econômicos, sociais, demográficos, etc. –, a serem solucionados através de inovações radicais em múltiplos setores (MAZZUCATO, 2018). Além de estarem em sintonia com as oportunidades em aberto no plano tecnológico, tais missões devem ser construídas de forma aberta e transparente, de forma a funcionar efetivamente como um mecanismo de coordenação entre os diversos componentes do sistema de inovação para alcançar os objetivos estabelecidos (FAGERBERG, 2018). Para tal, é central que a política de seja estável no tempo, de modo a diminuir o impacto da incerteza (BUSCH *et al.*, 2018). Essas missões exemplificam uma abordagem mais proativa de política, na qual as organizações públicas são responsáveis por criar novos mercados, não apenas consertá-los (MAZZUCATO, 2018).

O segundo ponto tem relação com o fato de que a inovação é, fundamentalmente, incerta, o que implica que muitos dos investimentos em novas tecnologias, inevitavelmente, fracassam. De tal forma, o Estado deve dar ênfase à experimentação e exploração de um portfólio de soluções tecnológicas, enfatizando as complementariedades e interações, e permitindo o desenvolvimento de diversas abordagens concorrentes (EDLER; FAGERBERG, 2017). A missão, portanto, deve ser clara quanto ao resultado esperado, ao passo que a trajetória para alcançar tal resultado deve ser baseada em várias soluções – das quais algumas falharão ou terão que ser ajustadas ao longo do caminho (MAZZUCATO, 2018). Isto é, não

se trata de “escolher vencedores”, mas de “escolher os dispostos”, como coloca Mazzucato (2018), ou seja, as organizações interessadas em colaborar a cumprir uma missão. Junto ao espaço para os fracassos inevitáveis, o Estado deve se manter em prontidão para interromper o apoio a projetos individuais que falhem em contribuir para atingir os objetivos estabelecidos (BUSCH *et al.*, 2018).

O terceiro ponto está relacionado com o fato de que, dado que o objetivo é a criação de novos mercados para as soluções tecnológicas, tem-se como necessária a atuação do Estado através da utilização de múltiplos instrumentos de política em todas as etapas do processo de inovação (MAZZUCATO, 2014a; MAZZUCATO; SEMIENIUK, 2018). Como as missões devem envolver uma série de instituições públicas, é crucial que haja uma divisão estratégica de trabalho entre elas, com responsabilidades bem definidas de coordenação e monitoramento (MAZZUCATO, 2018). Destacam-se as políticas de oferta como um melhor impulso para o desenvolvimento industrial, dado que, em última instância, as políticas pelo lado da demanda pressupõem que as soluções tecnológicas serão geradas por um setor privado dinâmico (MAZZUCATO, 2014b). Ademais, as políticas do lado da demanda não incluem, necessariamente, requerimentos para o cumprimento de metas com recursos domésticos ou desenvolvimento econômico local (MAZZUCATO, 2014b). Assim, as políticas de oferta promovem diretamente o desenvolvimento de inovações, isto é, fornecem “soluções” para serem implementadas pelas políticas de demanda. Não se pretende, entretanto, minimizar o papel das políticas pelo lado da demanda, que se mostram centrais para a criação de mercado e sinalização de seu potencial futuro (MAZZUCATO, 2014a).

O quarto ponto está associado ao caráter “curtoprazista” do capital privado, o que requer um papel crucial do setor público na provisão de financiamento de longo prazo, bem com a disposição para investir em áreas de elevado incerteza (MAZZUCATO, 2018). O Estado pode realizar investimentos estratégicos que determinem a direção do progresso tecnológico no sentido desejado, o que, inclusive, tem potencial de impactar as expectativas do setor privada acerca das futuras oportunidades de crescimento (MAZZUCATO, 2018). Assim, os investimentos *mission-oriented* possuem um impacto positivo de *crowding-in* sobre os investimentos privados (MAZZUCATO, 2018), além de maiores efeitos multiplicadores dos gastos públicos (KATTEL *et al.*, 2018). Embora as funções tradicionais dos bancos de desenvolvimento fossem investimentos em infraestrutura e empréstimos anticíclicos durante a recessão, essas instituições têm crescente participação no financiamento público estratégico (MAZZUCATO, 2018). Isso por que possuem uma estrutura institucional apropriada para lidar com grandes desafios, em particular, na coordenação crucial para alcançar as missões, tanto por estarem bem posicionados para coordenar as diversas partes interessadas, quanto por terem executado, historicamente, um papel de coordenação com outras políticas públicas (MAZZUCATO; PENNA, 2015).

O quinto ponto, por fim, está, assim como o terceiro ponto, ligado à característica de incerteza inerente da inovação, o que implica que as próprias políticas devem ser conduzidas como um processo de experimentação, exploração e aprendizado relativos às características que as instituições estatais devem possuir para promover efetivamente as soluções tecnológicas para alcançar as missões estabelecidas (MAZZUCATO, 2018). Um importante componente disso é a condução de políticas adaptativas às mudanças no ambiente tecnológico, o que permite um contínuo monitoramento e aprendizado no desenho e na condução de políticas (BUSCH *et al.*, 2018), possibilitando que o Estado enfrente as novas conjunturas e busque soluções para os problemas adicionais que surgirem ao longo do processo (KEMP; NEVER, 2017).

Em resumo, as políticas *mission-oriented* devem estabelecer objetivos estratégicos de longo prazo, de forma a promover soluções tecnológicas para os grandes desafios da atualidade, através da utilização coordenada de instrumentos de oferta e demanda ao longo de toda a cadeia de inovação, especialmente por meio de investimentos estratégicos. Ademais, dada a elevada incerteza fundamental das inovações radicais, essas iniciativas devem promover a exploração e experimentação, através da promoção de múltiplas soluções tecnológicas e da condução da própria política como um processo de aprendizado.

3 O papel do Estado brasileiro nos setores de energias eólica e solar fotovoltaica

Esta seção é dedicada para a apresença das principais iniciativas governamentais brasileiras realizadas neste início de século XXI. Primeiro, das políticas de promoção, desenvolvimento e implementação das energias renováveis como um todo, e, em sequência, das políticas voltadas,

especificamente, para as energias eólica e solar fotovoltaica.

3.1 Políticas públicas em energias renováveis

Até 2001, não havia no Brasil incentivos favoráveis para as energias elétricas renováveis “modernas”, isto é, renováveis não hidrelétricas (AQUILA *et al.*, 2017). Uma severa crise energética, gerada por secas ocorridas no início dos anos 2000, motivou o surgimento de iniciativas governamentais para promoção de fontes de energia alternativas às hidrelétricas. Através da Lei n.º 10.438, de abril de 2002, foi estabelecido o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), o primeiro programa destinado a promover, ativamente, fontes denominadas “alternativas” para geração de energia elétrica no Brasil – eólica, biomassa e hidrelétricas de pequeno porte, especificamente. O programa, que contou com um sistema de financiamento especial através do BNDES, tinha como objetivo diminuir a elevada dependência do país de hidrelétricas de grande porte e, dessa forma, aumentar a diversificação da matriz energética para compensar as flutuações sazonais das hidrelétricas (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

Inicialmente, o programa operou através de um modelo padrão de *feed-in tariff* para adicionar 3,3 GW de capacidade – 1,1 GW de cada uma das fontes, eólica, biomassa e hidrelétricas de pequeno porte –, com contratos de compra de longo prazo (20 anos) para produtores independentes, garantidos pela Eletrobras. Para atingir a meta de 3,3 GW, foram contratados, no escopo do programa, 0,68 GW de biomassa, 1,19 GW de energia hidrelétrica de pequeno porte e 1,42 GW de energia eólica (MELO *et al.*, 2016) – os dois últimos compensando a baixa contratação do primeiro (JUÁREZ *et al.*, 2014). O PROINFA também incluiu requerimentos de conteúdo local, isto é, requisitos mínimos de equipamentos fabricados nacionalmente nos projetos contratados. No PROINFA, portanto, a demanda por energias renováveis para a rede de distribuição nacional estava diretamente conectada com requerimentos de conteúdo local, entrelaçando instrumentos de oferta e demanda. O requerimento de conteúdo local se baseou nos cálculos econômicos do Ministério de Minas e Energia (MME), segundo os quais os custos adicionais da adição de energias renováveis à rede poderiam ser compensados no longo prazo com a localização da produção e inovação no setor (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

Com a adoção da Lei n.º 10.848 de 2004, já na administração do Presidente Lula, foi introduzido um quadro jurídico para a utilização de um sistema de contratações através de leilões de eletricidade, independente da fonte – conduzidos pela ANEEL, sob as orientações do MME. Emendado em 2007, esse sistema passou a permitir o uso de leilões para o desenvolvimento de tecnologias específicas, especialmente desenhados para as fontes renováveis, como eólica e solar fotovoltaica (BRADSHAW, 2017). Os leilões de energia renovável no Brasil ocorrem através de leilões regulares ou de leilões de reserva, estes últimos, desde 2009, orientados a licitar fontes não convencionais de energia, especialmente eólica (AQUILA *et al.*, 2017). Cobrindo quase três quartos do mercado doméstico de eletricidade, o sistema de leilões se tornou o principal instrumento de política, permitindo expandir e diversificar a oferta de energia renovável (FRAUNDORFER; RABITZ, 2020).

No sistema de leilões, as empresas concorrem umas com as outras, fazendo com que as tarifas resultantes sejam, substancialmente, mais baixas do que no caso das *feed-in tariffs*. Por um lado, os baixos preços podem comprometer a realização bem sucedida das licitações vencedoras, por outro, a manutenção dos preços num patamar baixo, para consumidores e indústria, é uma área de grande preocupação para o Estado brasileiro (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015) e, desse ponto de vista, o programa pode ser visto como um sucesso (MELO *et al.*, 2016). Segundo Hochstetler e Kostka (2015), tanto as *feed-in tariffs* quanto os leilões, ambos envolvendo contratos de longa duração (geralmente, de 20 anos), fornecem uma garantia de demanda necessária para atrair empresas privadas para o setor.

Entretanto, as novas capacidades são licitadas com base nas previsões de demanda das empresas de distribuição no curto prazo, gerando flutuação substancial dos volumes e o cancelamento frequente de leilões programados, de tal forma que a previsibilidade é baixa (FRAUNDORFER; RABITZ, 2020). No total, entre 2009 e 2021, contratos foram concedidos para 19,5 GW de capacidade de energia eólica e 5,2 GW para solar fotovoltaica, entretanto, existiu uma significativa variação ano a ano (ANEEL, 2021). Além disso, em 2016, os leilões para energias eólica e solar fotovoltaica foram cancelados por parte do MME, dias antes da data definida, devido a ajustes para baixo nas projeções de demanda para o ano seguinte

(BRADSHAW, 2017). Em 2020, também não houve leilões. Essa imprevisibilidade do sistema de leilões é um entrave aos investimentos no setor (FRAUNDORFER; RABITZ, 2020). Ainda assim, segundo Mazzucato e Penna (2016), o esquema de leilões é o instrumento mais bem-sucedido no suporte de energias elétricas renováveis no Brasil.

Não existem, no Brasil, metas de expansão das fontes renováveis de energia na matriz elétrica. O mais próximo disso é o Plano Decenal de Expansão de Energia, publicado, anualmente, pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) sob as diretrizes do MME, que se constitui como um documento informativo, com objetivo de indicar, e não propriamente determinar, as perspectivas de expansão futura do setor de energia sob a ótica do governo, no horizonte decenal. No Plano divulgado visando o ano de 2029, por exemplo, a EPE projeta um importante crescimento da capacidade instalada de fontes renováveis, especialmente eólica (39,5 GW, em 2029, representando 17% da capacidade total naquele ano), solar fotovoltaica centralizada (10,6 GW, 4,5%) e de geração distribuída, que é predominantemente solar fotovoltaica (12 GW, 5,2%). Entretanto, apesar da projeção de diminuição, em termos absolutos, das capacidades de carvão e de petróleo, o expressivo crescimento projetado para o gás natural (36,2 GW, em 2029) faz com que a expectativa seja de que os combustíveis fósseis totais aumentem sua participação na próxima década (de 12,9% para 16,6%, segundo os números utilizados no relatório) (EPE, 2020).

Um pilar central das políticas de promoção das energias renováveis, no Brasil, é o financiamento público subsidiado do BNDES (LOSEKANN; HALLACK, 2018). A ideia de que as indústrias verdes seriam parte da economia do futuro pode ser observada pela atuação do BNDES, que se tornou, efetivamente, o garantidor da continuidade da produção nacional de equipamentos associados com energias renováveis, especialmente após o fim não oficial do PROINFA, em 2008, em favor de um sistema de leilão sem política de conteúdo local explícita (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015). Isso se deveu ao fato de o financiamento subsidiado do BNDES estar atrelado a política industrial de produção nacional de componentes própria, através de requerimentos de conteúdo local, específico das energias renováveis, para obtenção dos financiamentos (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015; LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Entretanto, segundo Aquila *et al.* (2017), os projetos renováveis no Brasil são altamente dependentes de tecnologias desenvolvidas em outros países, mesmo com as políticas de requerimentos de conteúdo local. Para que as energias renováveis contribuam para o desenvolvimento do país, fazem-se necessárias políticas complementares de ciência, tecnologia e inovação (MAZZUCATO; PENNA, 2016), como é o caso do Inova Energia. O Inova Energia fez parte do Plano Inova Empresa, iniciativa conjunta do BNDES e da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) que tem como objetivo fomentar projetos de apoio à inovação em setores considerados estratégicos pelo Estado brasileiro. Esses planos tiveram como modelo o PAISS, iniciativa bem sucedida no setor sucroenergético, que foi, em si mesmo, uma inovação, concebida e colocada em prática pelo BNDES e FINEP, que exigiu contínuas revisões no desenho e condução do plano, numa espécie de aprendizado institucional (NYKO *et al.*, 2013).

Um dos principais aspectos dos programas Inova foi a tentativa de cada iniciativa em integrar todos os esforços federais existentes em uma determinada temática ou setor (MENDONÇA *et al.*, 2018). Como o Plano Inova teve como característica o direcionamento de recursos financeiros e o estabelecimento de redes setoriais – com atores públicos e privados – para promover o desenvolvimento de tecnologias que endereçassem desafios específicos, ele é definido por Mazzucato e Penna (2016) como um exemplo de política *mission-oriented*. O próprio modelo de seleção de projetos apresentava importantes características que favoreciam a criação de portfólios de soluções tecnológicas, através da centralização dos guichês do BNDES e da FINEP, evitando duplicidade e promovendo sinergia, e da defesa presencial de planos de negócios, que deu mais densidade e conteúdo aos pleitos e permitiu a análise comparada de uma carteira de planos de negócios, com finalidade similares (NYKO *et al.*, 2013).

Estabelecido em 2013, o Inova Energia foi uma iniciativa destinada à coordenação das ações de fomento à inovação e ao aprimoramento da integração dos instrumentos, disponibilizados pelo BNDES, FINEP e ANEEL. O objetivo do Inova Energia era impulsionar a cooperação e o compartilhamento de conhecimento entre empresas e institutos tecnológicos, bem como promover a inovação, o domínio tecnológico e a comercialização de tecnologias nas linhas temáticas de: a) *smart-grids*; b) energia renovável, especificamente, eólica, solar fotovoltaica e heliotérmica; e c) veículos elétricos, híbridos e eficientes. Pode-se afirmar que o Inova Energia foi uma iniciativa direcionada para transformar o setor de

eletricidade no Brasil, o que demandava inovação ou difusão de novas tecnologias e, para tal, forneceu apoio em todas as etapas para o cumprimento desses objetivos (MENDONÇA *et al.*, 2018). Por exemplo, o programa financiou projetos que incluíam P&D, atividades de engenharia e absorção tecnológica, produção e comercialização de produtos, processos e serviços inovativos de empresas e instituições científicas tecnológicas brasileiras (MELO *et al.*, 2016). Nesse sentido, pode-se dizer que o Inova Energia buscou promover um portfólio de soluções tecnológicas para o problema da mudança climática.

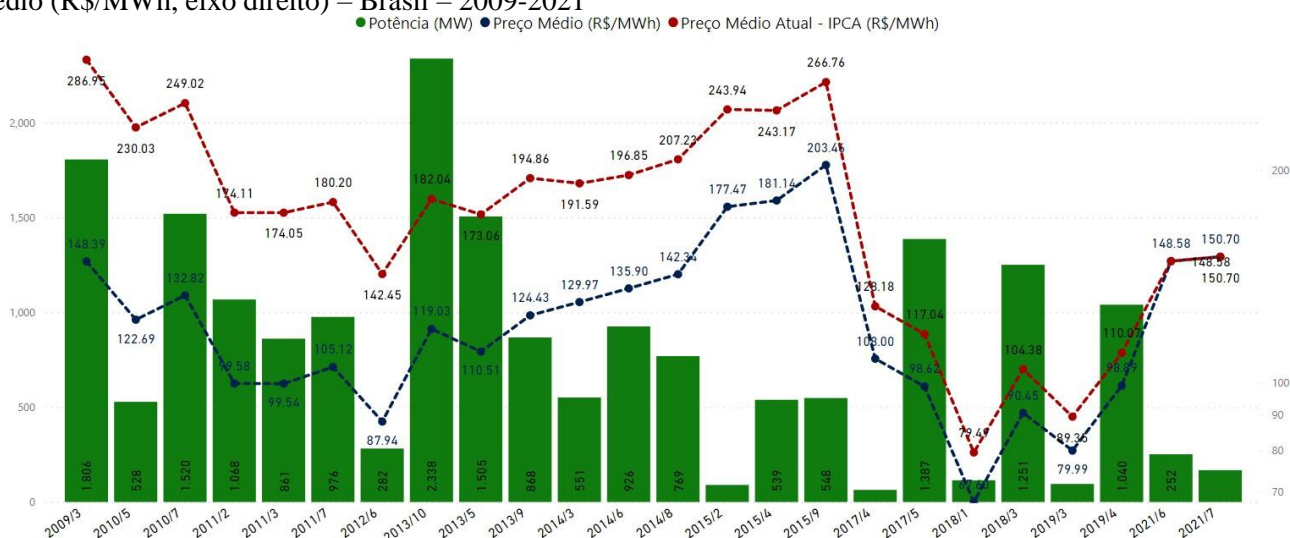
3.2 Políticas públicas em energia eólica

O PROINFA foi central para a consolidação do setor eólico no Brasil, proporcionando um ambiente de baixo risco para os investimentos em uma tecnologia que, na época, era pouco conhecida no país (LUCENA; LUCENA, 2019). O programa estabeleceu a demanda inicial crítica para alavancar a indústria de geração de energia eólica praticamente do zero: sua *feed-in tariff* era alta o suficiente para atrair empresas de geração e financiadores, ainda que nenhum destes tivesse muita experiência em energia eólica (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015). Entretanto, dos 144 projetos, aprovados inicialmente pelo PROINFA, apenas um conseguiu iniciar operação antes de 2006, o que motivou a adoção de um sistema de leilões para a contratação de energia eólica (LUCENA; LUCENA, 2019).

Os leilões incentivaram um grande *boom* na implementação de tecnologias eólicas e possibilitaram que essa fonte se tornasse competitiva com as convencionais em poucos anos após ser implementado (JUÁREZ *et al.*, 2014; MAZZUCATO; PENNA, 2016; LOSEKANN; HALLACK, 2018). Em dezembro de 2009, foi realizado o primeiro leilão de energia de reserva, direcionado, exclusivamente, para produtores de energia eólica. Desde então, segundo os dados da ANEEL (2021), a fonte eólica participou de 24 leilões, englobando 773 empreendimentos e totalizando 19,5 GW de potência contratada; o investimento total, atualizado pelo IPCA, gira em torno dos R\$ 125 bilhões e estima-se que gerou 584 mil empregos. Cerca de 90% desses empreendimentos se concentra na região Nordeste, destacando-se, os estados da Bahia (31% do total) e do Rio Grande do Norte (28%) (ANEEL, 2021). Da perspectiva socioeconômica, portanto, verificam-se relevantes externalidades positivas, na forma de geração de empregos e renda por, no mínimo, 20 anos, em regiões carentes e estagnadas, como o semiárido brasileiro (MELO, 2013).

A Figura 1 apresenta os resultados de todos os leilões de geração de energia eólica, entre 2009 e 2021, tanto em termos de potência contratada quanto de preço médio (nominal e deflacionado pelo IPCA). Observados os dados da figura, verifica-se que já no primeiro leilão (2009/3), foram contratados 1,8 GW de energia eólica, superando o que foi contratado de energia eólica no âmbito do PROINFA (1,42 GW). O preço médio da energia eólica, contratada através dos leilões, se mostrou, ainda, significativamente menor do que o anteriormente contratado através do PROINFA (MELO, 2013; FURTADO; PERROT, 2015).

Figura 1 – Resultados dos leilões de geração de energia eólica por leilão em potência (MW, eixo esquerdo) e preço médio (R\$/MWh, eixo direito) – Brasil – 2009-2021



Fonte: ANEEL (2021).

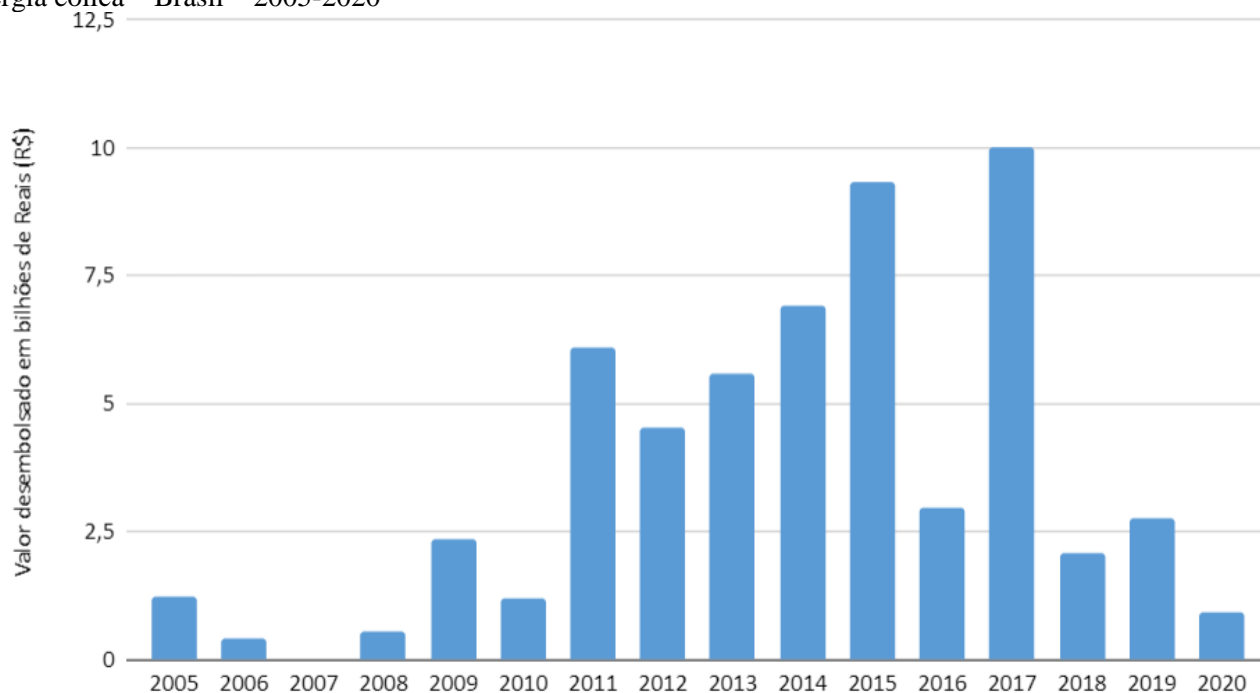
O ótimo desempenho da energia eólica nos leilões demonstra o seu recente potencial na concorrência, até mesmo sem subsídios, frente a outras fontes convencionais, o que seria improvável antes do PROINFA (AQUILA *et al.*, 2017). Observa-se também na Figura 1, uma expressiva queda nos preços médios da energia eólica a partir do leilão de 2017. Essa queda de preço demonstra a elevada competitividade da energia eólica perante as fontes de eletricidade convencionais no Brasil: no leilão de energia elétrica 2019/4, enquanto o preço médio atualizado da fonte eólica foi de 110,07 R\$/MWh, o da hidrelétrica foi de 229,07; do gás natural, 210,24; e do bagaço de cana, 209,16 (ANEEL, 2021). Naquele leilão, esses números colocaram a energia eólica como a segunda mais competitiva, atrás apenas da solar fotovoltaica (93,93 R\$/MWh). Entretanto, os preços voltaram a subir em 2021, no contexto das crises econômica, política e sanitária vivida no país.

Fica clara, também, a irregularidade na realização dos leilões e uma grande variação da potência contratada de um leilão para outro, não apresentando uma tendência definida – destaca-se, quanto a isso, os anos de 2012 (com 282 MW), 2016 e 2020 (com nenhum leilão) como os piores anos para a energia eólica no Brasil, desde 2009. Segundo Bayer (2018), isso se deve à inexistência de metas anuais de expansão eólica no Brasil, no sentido de que o volume contratado, em cada leilão, depende, principalmente, do crescimento esperado da demanda por energia elétrica. Para Diógenes *et al.* (2019), o problema da incerteza dos leilões, consequência da instabilidade macroeconômica, é reforçado pelo planejamento de expansão de energia elétrica inadequado, que considera somente a previsão da evolução da demanda no curto prazo, e não no longo prazo. Dessa forma, apesar de ser o principal impulsionador da expansão da energia eólica no Brasil, a incerteza da ocorrência ou não dos leilões de energia influenciam, negativamente, os investimentos no desenvolvimento de projetos eólicos, e podem fazer com que produtores diminuam ou, até mesmo, encerrem a produção local (DIÓGENES *et al.*, 2019).

No caso específico da energia eólica, as licitações vencedoras dos leilões são, em geral, as que contam com o financiamento a taxas subsidiadas para geração eólica do BNDES que, por sua vez, tem sua própria política de conteúdo local (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015). Na prática, portanto, os planejadores dos projetos eólicos necessitam do financiamento favorável para assegurar preços competitivos e, dessa forma, precisam realizar mais investimentos em capacidades produtivas locais (BAYER, 2018). Segundo Losekann e Hallack (2018), essa política do BNDES, que teve início com a contratação de energia eólica pelo PROINFA, é a principal política orientada ao desenvolvimento da cadeia produtiva local de turbinas eólicas no Brasil. Inicialmente, os requisitos eram os mesmos de outros setores econômicos, isto é, 60%; entretanto, por entender que esse critério não era suficiente para impulsionar a nacionalização de equipamentos de maior complexidade tecnológica, o BNDES passou a aplicar uma nova metodologia, a partir de 2013 (LOSEKANN; HALLACK, 2018). Essa nova política envolvia requerimentos de conteúdo local, que aumentavam, gradativamente, visando a progressiva internalização de componentes mais complexos e intensivos em tecnologia (MELO, 2013; LOSEKANN; HALLACK, 2018), dessa forma, sendo adaptativa e incorporando o apredendizado institucional. A partir de 2015, por exemplo, o BNDES passou a financiar apenas nacelles – o componente tecnologicamente mais avançado e de maior complexidade de uma turbina eólica – de produção nacional, ainda que os preços desses componentes produzidos domesticamente fossem maiores que os chineses ou europeus (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

O BNDES é a principal fonte de financiamento para a energia eólica no Brasil (TORINELLI *et al.*, 2018). A Figura 2 apresenta os valores desembolsados nas operações contratadas, no período entre 2005 e 2020, relacionadas com a implantação de projetos de energia eólica. Verifica-se um importante crescimento no financiamento do BNDES no setor eólico, especialmente a partir do início da realização dos leilões, em 2009. Por outro lado, o ritmo foi substancialmente reduzido nos últimos anos, especialmente a partir de 2018, possivelmente por conta do recente processo de desmonte realizado nas operações do BNDES, conjuntamente com as crises política e econômica no país.

Figura 2 – Valor desembolsado das operações contratadas de forma direta e indireta não-automática no setor de energia eólica – Brasil – 2005-2020



Fonte: Dados obtidos a partir da filtragem pelo código CNAE D3511587 (Geração de energia elétrica – Eólica) da base de dados de operações contratadas de forma direta e indireta não-automática disponível em BNDES (2021). Valores deflacionados pelo deflator implícito (ano base = 2020).

Os incentivos financeiros sob a forma de créditos subsidiados e a política de conteúdo local do BNDES auxiliaram a atrair empresas de energia eólica internacionais a se estabelecerem no Brasil, e deram estímulo para que empresas domésticas iniciassem produção (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015; FURTADO; PERROT, 2015; DIÓGENES *et al.*, 2019). O objetivo de desenvolver a cadeia produtiva de turbinas eólicas, no Brasil, foi, em certa medida, atingido. O crescimento da demanda e as políticas de conteúdo local mudaram, significativamente, o panorama de fornecedores de energia eólica no Brasil, de apenas um produtor de componentes, em 2008, a alemã *Wobben* (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015), para 25 produtores, segundo os últimos dados da ABDI (2021). Dentre essas empresas, destaca-se a WEG, uma empresa catarinense de competitividade global em equipamentos elétricos, que iniciou a produção de turbinas em 2012 – cuja participação de mercado, ainda que pequena, cerca de 3,3% em 2016, é considerada promissora (LOSEKANN; HALLACK, 2018). Destacam-se, também, os importantes fornecedores de pás para turbinas, de capital nacional, que utilizam a capacitação tecnológica derivada de usos aeronáuticos, segmento em que o Brasil é competitivo globalmente (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Adicionalmente, relacionado com a inovação tecnológica em território nacional, destaca-se a realização da Chamada de Projeto de P&D Estratégico 17/2013, da ANEEL, que teve como objetivo principal incentivar a pesquisa e inovação para enfrentar os desafios do setor elétrico (JUÁREZ *et al.*, 2014). Essa iniciativa teve a finalidade de promover o desenvolvimento tecnológico nacional da cadeia produtiva da indústria de energia eólica, com foco no estímulo à redução dos custos de equipamentos e componentes, na capacitação profissional e tecnológica e na otimização dos recursos energéticos.

3.3 Políticas públicas em energia solar fotovoltaica

Com relação à fonte solar fotovoltaica, por sua vez, verifica-se, no Brasil, uma histórica falta de incentivos (AQUILA *et al.*, 2017), que pode explicar a posição de retardatário do país nesse segmento, tendo instalado sua primeira usina solar fotovoltaica somente em 2011. Por exemplo, o PROINFA, iniciativa central para a fonte eólica, não incluiu a fonte solar fotovoltaica.

Um importante marco da energia solar fotovoltaica no Brasil foi a Chamada de Projeto de P&D Estratégico 13/2011, da ANEEL, que teve como objetivo principal propor arranjos técnicos e comerciais para a geração de energia solar fotovoltaica, criando condições para o desenvolvimento de infraestrutura e

tecnologia para integração dessa fonte no sistema energético nacional. Nesse sentido, essa iniciativa governamental tinha a finalidade de desenvolver a indústria nacional de módulos solares fotovoltaicos e de aumentar a capacidade de geração de energia dessa fonte no país (CARSTENS; CUNHA, 2019).

Outro importante passo para o aproveitamento do imenso potencial solar no Brasil foi efetivado com a Resolução Normativa n.º 482, em abril de 2012, da ANEEL. Tal resolução e sua emenda, de novembro de 2015 (n.º 687), formalizaram as regras de compensação para sistemas de geração distribuída, isto é, implementaram o sistema de *net metering*, através do qual os indivíduos podem instalar painéis fotovoltaicos e introduzir o excedente de energia na rede, gerando créditos que podem ser usados para abater as contas de energia (BRADSHAW, 2017). Dados atualizados da ABSOLAR (2021) mostram que já são, ao todo, 690 mil unidades consumidoras (0,8% do total) recebendo créditos pelo sistema de compensação de energia elétrica. Buscando realizar melhorias na Resolução n.º 482 e criar novas linhas de crédito do BNDES, para impulsionar o desenvolvimento da geração distribuída, especialmente solar fotovoltaica, o governo brasileiro lançou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), através do Decreto ministerial n.º 538, de 2015 (MELO *et al.*, 2016).

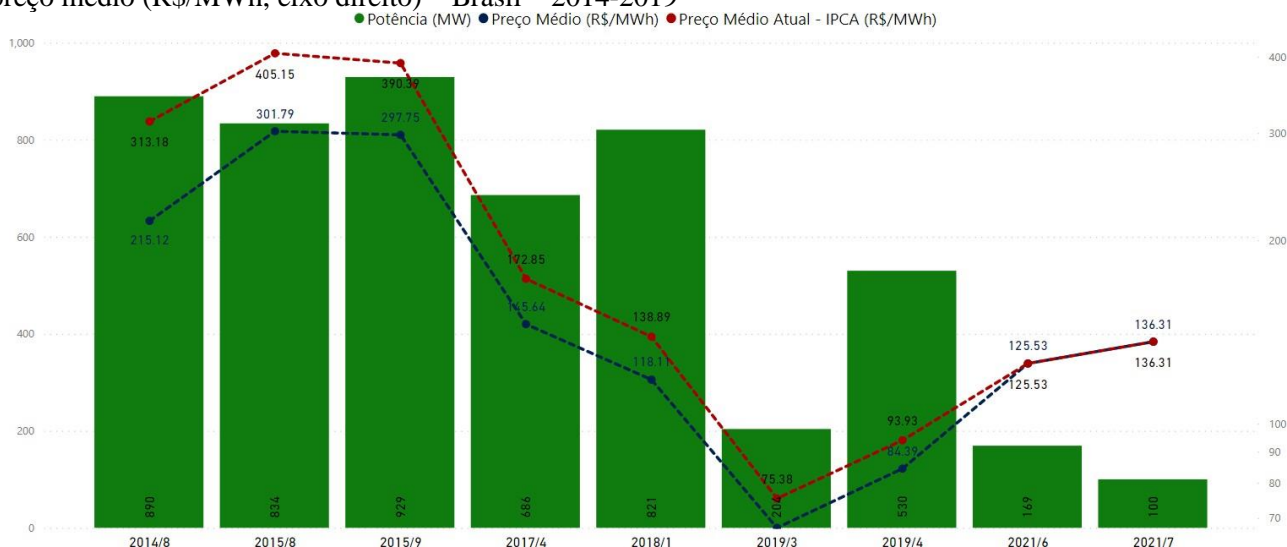
Em relação à geração centralizada, por sua vez, apenas em outubro de 2014 foi realizado o primeiro leilão de reserva para a contratação de projetos. Dado o sucesso experimentado na expansão da energia eólica, através dos leilões, o governo brasileiro buscou seguir caminho similar para a fonte solar fotovoltaica centralizada (SILVA *et al.*, 2019) e, hoje, esse sistema é o principal meio de promoção da geração centralizada no Brasil. A inclusão da fonte solar fotovoltaica centralizada na realização desses leilões constituiu, assim como a aprovação da Resolução n.º 482 no caso da geração distribuída, um importante passo inicial para o efetivo aproveitamento do imenso potencial solar brasileiro (ROSA; GASPARIN, 2016). Segundo os últimos dados, publicados pela ANEEL (2021): desde 2014, essa fonte participou de nove leilões, englobando 165 empreendimentos e totalizando 5,2 GW de potência contratada; o investimento total, atualizado pelo IPCA, gira em torno dos R\$ 32 bilhões, estimando-se que gerou 243 mil empregos. Novamente, verifica-se significativa participação dos estados do Nordeste, em potência contratada em projetos solares fotovoltaicos centralizados (cerca de 75%), com destaque para os estados da Bahia (23% do total) (ANEEL, 2021).

A Figura 3 apresenta os resultados dos leilões da fonte solar fotovoltaica (de geração centralizada), realizados entre 2014 e 2021, tanto em termos de potência contratada quanto de preço médio (nominal e deflacionado pelo IPCA). Assim como verificado, anteriormente, para a energia eólica, verifica-se uma importante queda nos preços médios na fonte solar fotovoltaica, também a partir do leilão de 2017. O preço médio observado no leilão 2019/4, 93,93 R\$/MWh, colocou essa fonte como a mais barata dentre as fontes que participaram desse leilão (ANEEL, 2021). Porém, os preços apresentaram tendência crescente nos leilões realizados em 2021.

Além disso, análogo ao caso da fonte eólica, identificam-se importantes variações nas contratações de energia solar fotovoltaica centralizada – e.g. houve três leilões entre 2014 e 2015 e nenhum em 2016 e 2020. Tal volatilidade dos leilões dificulta os investimentos no setor no Brasil (LOSEKANN; HALLACK, 2018). Aliado à imprevisibilidade do agendamento dos leilões, Bradshaw (2017) adiciona as iniciativas descoordenadas do governo falham em estabelecer uma visão coerente e sinais críveis para atrair investimentos em energia solar fotovoltaica. Assim, conforme argumentam Carstens e Cunha (2019), no Brasil, constata-se a carência de políticas estáveis e de longo prazo, dedicadas ao desenvolvimento de novas tecnologias e de uma indústria nacional de sistemas fotovoltaicos.

O modelo de aplicação do conteúdo local da energia solar fotovoltaica seguiu muitos princípios, aplicados, anteriormente, para a energia eólica. Entretanto, enquanto a evolução da indústria de energia eólica mostrou grande efetividade na internalização de componentes, a aplicação da política de conteúdo local para as tecnologias fotovoltaicas é ainda muito recente, sendo que o primeiro financiamento do BNDES respeitando as regras de conteúdo local foi aprovado apenas em 2017. Ademais, pode-se identificar importantes dificuldades na internalização de algumas tecnologias na cadeia de produção das células fotovoltaicas atender os requerimentos de conteúdo local – reflexos da própria inexistência de uma política de promoção estável e de longo prazo para esta fonte no Brasil, e das características da indústria (e.g. alta concentração da produção na China e preços dos módulos em rápida tendência de queda) (LOSEKANN; HALLACK, 2018).

Figura 3 – Resultados dos leilões de geração de energia solar fotovoltaica por leilão em potência (MW, eixo esquerdo) e preço médio (R\$/MWh, eixo direito) – Brasil – 2014-2019



Fonte: ANEEL (2021).

Um importante exemplo da deficiência da indústria solar fotovoltaica remete a que o Brasil, apesar de possuir abundantes quantidades de quartzo de alta qualidade, que podem ser refinados em silício de grau solar, não possui capacidade técnica para realizar esse refino. Esse processo, caro e restrito a poucos países, é especialmente importante para a indústria fotovoltaica, dada a necessidade de silício com alto grau de pureza para produção das células e dos módulos fotovoltaicos. Para suprir essa lacuna na indústria brasileira, o BNDES tem financiado empresas para desenvolver processos de purificação, além de novas tecnologias que demandem menos eletricidade (HOCHSTETLER; KOSTKA, 2015).

4 Discussão

4.1 Limitações identificadas nas políticas brasileiras

O primeiro, e possivelmente o mais relevante, problema identificado, no caso das políticas de promoção das energias renováveis no Brasil, é a ausência de objetivos ou visão estratégica de longo prazo para o desenvolvimento do setor. Sobretudo, destaca-se que não existem, no Brasil, metas de expansão ou indicadores específicos a serem alcançados pelas fontes renováveis de energia, na matriz de geração de eletricidade, seja eólica, seja solar fotovoltaica. O mais próximo disso é o Plano Decenal de Expansão de Energia, mas o próprio documento deixa claro que o seu caráter é apenas informativo e indicativo, e não tem intenção de determinar ou planejar a expansão futura do setor.

O maior exemplo disso são os leilões de energia, a principal política de introdução e expansão das energias renováveis no Brasil, que tem seu ritmo de contratação condicionado à demanda esperada por eletricidade no curto prazo. Isto é, no Brasil, os objetivos de desenvolvimento e difusão das fontes renováveis se encontram subordinados ao objetivo de expandir a capacidade instalada, para atender o crescimento da demanda por eletricidade no curto prazo. Em uma crise econômica, como a que se arrasta no país, desde 2015, a demanda por eletricidade é menor e, por consequência, a contratação é reduzida – o que confere, inclusive, um caráter pró-cíclico ao esquema de leilões. Ademais, isso resulta em baixa previsibilidade por conta da flutuação substancial dos volumes contratados e em cancelamentos frequentes de leilões programados. O problema da incerteza dos leilões, consequência da instabilidade macroeconômica, pode colocar obstáculos aos investimentos no setor e ao desenvolvimento de uma cadeia de produção nacional de equipamentos de energias renováveis – e.g. turbinas eólicas, e módulos fotovoltaicos.

Além disso, verifica-se que, ao mesmo tempo que os leilões são utilizados para contratação de eletricidade gerada a partir de fontes renováveis, eles também são realizados para fontes fósseis, especialmente gás natural (ANEEL, 2021), o que contribui para reforçar o *carbon lock-in* no país e explica o crescimento da participação das fontes fósseis na matriz elétrica brasileira nos últimos anos. Isso demonstra que o objetivo primário desse instrumento é, de forma geral, garantir a segurança energética

através da diversificação da matriz elétrica, e não a implementação das fontes renováveis em específico. Desse modo, conclui-se que a política de leilões não está, sistematicamente, direcionada para o cumprimento de objetivos ambientais, essencialmente de longo prazo, mas para a solução de problemas de escassez no abastecimento de eletricidade no curto prazo. Ainda que promova as energias renováveis, o Estado brasileiro não tem definida, estrategicamente, uma direção ou visão de longo prazo e, por conta disso, os sinais que emite são contraditórios. O próprio Plano Decenal de Expansão de Energia prevê crescimento tanto das fontes renováveis quanto do gás natural.

De maneira geral, portanto, as políticas brasileiras não têm a percepção das fontes renováveis como importantes oportunidades tecnológicas para garantir crescimento e desenvolvimento econômicos. Pode-se dizer que o Brasil está, nesse sentido, na contramão de muitos países ao redor do mundo. Por exemplo, na China, desde o início dos anos 2000, houve um crescente consenso de que o sistema energético mundial estava à beira de uma grande transformação – dos combustíveis fósseis para as fontes renováveis –, e de que a China tinha uma oportunidade histórica de se posicionar na liderança econômica e tecnológica nessa transição (ZHANG *et al.*, 2013b). Documentos oficiais do governo chinês reforçam que o país deve aproveitar-se do seu *status* de recém-chegado em tecnologias e indústrias verdes para realizar um *leapfrogging* em relação às capacidades atuais dos países avançados, e de seu grande mercado doméstico para alcançar rapidamente as economias de escala (ZHANG *et al.*, 2013b; ZHANG *et al.*, 2013a). Pode-se identificar uma atuação bastante ativa e estratégica do Estado chinês, a partir da Lei da Energia Renovável (2006), através de diversas iniciativas e políticas, ao longo de toda a cadeia de inovação, para promover as fontes renováveis.

Argumenta-se que essa falta de percepção estratégica de oportunidades tecnológicas se reflete em um segundo problema central, a saber, a insuficiência de políticas direcionadas ao desenvolvimento da indústria nacional e à promoção das inovações tecnológicas pelo lado da oferta. O foco das políticas se encontra na difusão e implementação das tecnologias renováveis no mercado brasileiro, para lidar com os objetivos de segurança energética, em detrimento de oportunidades tecnológicas: o principal instrumento de expansão das energias renováveis no Brasil é um esquema de leilões de energia, pelo lado da demanda, descolado de instrumentos pelo lado da oferta, como os requerimentos de conteúdo local. Ainda que seja um instrumento importante para promover as tecnologias renováveis, aumentar sua viabilidade econômica e tirar proveito dos retornos crescentes, seu desenho e condução não enfatizam a nacionalização dessas indústrias, ou seja, não incluem necessariamente disposições para o cumprimento de metas com recursos domésticos ou desenvolvimento econômico local.

Pelo lado da oferta, todavia, a atuação do Estado brasileiro se mostrou mais limitada, refletindo num importante problema identificado no caso brasileiro, a saber, a ausência de uma grande base de produção de equipamentos para a geração de energia eólica e solar fotovoltaica, e a consequente dependência de tecnologias desenvolvidas em outros países. A principal política, direcionada para o desenvolvimento da indústria nacional de tecnologias renováveis, é o requerimento de conteúdo local, empregado desde o PROINFA (2002), como forma de compensar os custos adicionais da introdução das energias renováveis ao sistema de eletricidade, com a nacionalização da produção e inovação tecnológica no setor: ainda que tenha sido central para a indústria eólica, sua aplicação para a energia solar fotovoltaica ainda é muito recente. Outras políticas se mostraram esporádicas: as Chamadas de Projeto de P&D Estratégico da ANEEL realizadas em duas ocasiões (13/2011, para energia solar fotovoltaica, e 17/2013, para energia eólica); e o Inova Energia selecionou projetos apenas uma vez (2013).

Por fim, a coordenação entre os diferentes instrumentos e políticas também é comprometida pela ausência de direção estratégica de longo prazo, por parte do Estado brasileiro, para o setor. Esse é o terceiro problema identificado. O PROINFA (2002) surgiu articulando instrumentos de oferta e demanda, mas foi cancelado em favor de uma política de leilões sem requerimento de conteúdo local, isto é, apenas pelo lado da demanda, poucos anos depois (2008). Além disso, o Inova Energia, apesar do envolvimento de múltiplas agências de financiamento público (BNDES e FINEP) e da agência reguladora do setor de eletricidade (ANEEL), limitou-se a instrumentos financeiros e careceu de coordenação formal com outras políticas, no âmbito das energias renováveis, e.g. leilões de energia e outras políticas de compras públicas, e demais esforços regulatórios e fiscais (MAZZUCATO; PENNA, 2016; MENDONÇA *et al.*, 2018). A desconexão entre o Inova Energia e o esquema de leilões pode ser explicada pelo fato de que, enquanto o primeiro tinha

foco nas inovações tecnológicas, para repensar o setor elétrico, o objetivo do segundo era garantir a segurança energética.

Soma-se a isso ao fato de que, no Brasil, as políticas macroeconômicas funcionam como um obstáculo às políticas de inovação (MAZZUCATO; PENNA, 2016), demonstrando outra importante instância de falta de coordenação das iniciativas governamentais. Desde o final dos anos 1990, com o tripé macroeconômico, tem-se que as regras fiscais penalizam, desproporcionalmente, os investimentos públicos em infraestrutura, sendo os primeiros a serem cortados nos períodos de crise; em 2016, após a aprovação do teto de gastos, o cenário se deteriorou ainda mais, diminuindo o espaço para as despesas discricionárias e os investimentos públicos, e acirrando os conflitos distributivos por fatias de um bolo cada vez menor, concentrando prejuízos em áreas com menos defensores e sem valor mínimo exigido, como a infraestrutura, a ciência e a tecnologia (CARVALHO, 2020). No caso específico deste artigo, a instabilidade macroeconômica, que se arrasta desde 2015, no Brasil, é vista como um obstáculo para o desenvolvimento dos setores de energia eólica (DIÓGENES *et al.*, 2019) e solar fotovoltaica (CARSTENS; CUNHA, 2019).

4.2 Recomendações de políticas

O Brasil, apesar de possuir instrumentos e “bolsões” de excelência burocrática (como o BNDES) para pôr em ação políticas visando o desenvolvimento de uma estrutura produtiva capaz de atender os desafios do século XXI, os vem desmontando nos últimos anos (CARVALHO, 2020). O processo de desconstrução do Estado virou projeto, com desdobramentos sobre a Petrobras, Eletrobras, BNDES, etc. Assim, antes que uma política ativa e estratégica, mirando a transição energética, seja possível ou viável, um grande nó precisa ser desatado: deve-se restaurar o Estado e recuperar a política de inovação, como elemento central na estratégia de desenvolvimento no Brasil, a partir de uma perspectiva de longo prazo (SUZIGAN; FURTADO, 2010). É nesse sentido que Suzigan e Furtado (2010) argumentam que a política industrial, no Brasil, deve assumir, como tarefa mais importante, a reconquista do seu espaço ao lado das políticas macroeconômicas e demais políticas, especialmente após o longo período de falta de legitimidade, de ostracismo, e de condenação pelos males produzidos ou atribuídos – que, inclusive, contribuíram para apagar as suas conquistas históricas no país

Aqui, busca-se elencar algumas recomendações de políticas que se acredita serem essenciais para guiar a transição energética renovável no Brasil, isto é, que tratem de endereçar cada uma das limitações destacadas neste artigo:

1) Ausência de uma visão estratégica de longo prazo:

- a) Definir uma direção estratégica para o sistema energético, enfatizando a superação do *carbon lock-in* através de inovações em energias renováveis. Nessa missão, diversos objetivos sociais, ambientais e econômicos podem ser compatibilizados e endereçados – e.g. difusão das energias renováveis, redução das emissões de gases estufa, criação de empregos verdes, desenvolvimento tecnológico –, de forma a gerar benefícios concretos para a sociedade brasileira, para obter amplo apoio público;
- b) Em relação às diferentes fontes renováveis, sugere-se uma maior ênfase à energia solar fotovoltaica, que se configura como uma das mais importantes no mundo por conta de seu imenso potencial, e à energia eólica *offshore*, que além do elevado potencial totalmente inexplorado, é estratégica por conta do fato de que as regiões litorâneas do Brasil concentram a maior parte da população e, dessa forma, do consumo de energia;
- c) Considera-se estratégico, também, enfatizar o componente de desenvolvimento regional. Posto que o Nordeste, uma das regiões menos desenvolvidas do país, concentra em seu território grande parte do potencial eólico e solar brasileiro, entende-se que essa região, historicamente carente e estagnada, pode se beneficiar socialmente e economicamente de forma ainda mais evidente do que outras regiões;
- d) Utilizar o já existente esquema de leilões de energia para promover a expansão das energias renováveis de forma independente ao nível de crescimento econômico. Dessa forma, mesmo em momentos em que a demanda por energia caia ou não aumente, como no período recente de crise, os leilões para fontes renováveis podem ser utilizados para reduzir a participação de fontes fósseis e a forte dependência das hidrelétricas, além de promover a cadeia nacional de produção e inovação

em tecnologias renováveis de maneira mais estável ao longo do tempo. Desse modo, pode, inclusive, conferir um caráter anticíclico à política, promovendo investimentos e criando empregos também, e especialmente, em momentos de crise;

2) Insuficiência de políticas pelo lado da oferta:

- e) Aliar o aprimoramento dos instrumentos de demanda com uma maior utilização de instrumentos de política pelo lado da oferta, coerentes entre si para direcionar para o desenvolvimento da indústria nacional e da inovação em tecnologias renováveis:
 - i) Sugere-se a utilização mais ampla do financiamento público e de requerimentos de conteúdo local para internalizar a cadeia produtiva das tecnologias renováveis de fronteira, isto é, dos componentes e processos mais complexos;
 - ii) Ademais, sugere-se que iniciativas como o Inova Energia, cujo modelo aplicado, já possuindo diversas características desejáveis – e.g. alinhamento de objetivos estratégicos, abordagem de portfólio de soluções, coordenação entre diferentes instituições –, pode ser aprimorado – e.g. integrando também instrumentos não financeiros, como compras públicas e regulação, e com foco mais específico nas energias renováveis – e repetido no futuro;

3) Falta de coordenação dos diferentes instrumentos:

- f) Reformar a estrutura institucional existente, para dotar uma instituição de comando sobre as políticas de promoção das energias renováveis, de modo a compatibilizar os objetivos, as metas e os instrumentos, e aprimorar a coordenação – inclusive com as políticas macroeconômicas –, além de desempenhar um contínuo processo de monitoramento e revisão das iniciativas. Em particular, acredita-se que o próprio BNDES poderia cumprir esse papel, dado que participou de, praticamente, todas as iniciativas relacionadas com as energias renováveis no Brasil, além de possuir vasta experiência e capacidade burocrática para a condução de políticas de inovação. Como banco de desenvolvimento, têm uma estrutura institucional apropriada para lidar com os grandes desafios sociais, inclusive em termos de coordenação entre políticas e entre atores do sistema. Ter empresas como a Petrobras e a Eletrobras sob controle estatal pode, também, contribuir para a coordenação dos esforços para a transição energética.

5 Considerações finais

Com base no presente estudo de caso, pode-se afirmar que o Estado brasileiro realizou, historicamente, diversas iniciativas para a promoção de fontes renováveis, com foco maior em energia eólica do que energia solar fotovoltaica. Dentre as principais iniciativas, destacam-se: o PROINFA (2002), um marco importante para a energia eólica, sem, no entanto, incluir a energia solar fotovoltaica; os leilões de energia, primeiro para eólica (2009) e, posteriormente, para solar fotovoltaica (2014); as políticas de financiamento público e os requerimentos de conteúdo local para obtenção de crédito, disponibilizados pelo BNDES, importantes para a energia eólica, ao longo de todo o período, e tardiamente aplicadas ao caso solar fotovoltaico (2017); as chamadas de P&D estratégico da ANEEL, em 2011, para solar fotovoltaica, e em 2013, para eólica; a Resolução Normativa n.º 482 (2012) para geração distribuída e *net metering* de energia solar fotovoltaica; e o Inova Energia (2013).

Por outro lado, essas políticas apresentam certas limitações, isto é, não possuem certas características importantes para promover, de forma efetiva, uma transição energética renovável. Destacam-se, sem pretender esgotar o debate, em particular: a) a ausência de uma visão estratégica de longo prazo para o desenvolvimento do setor renovável: que é reflexo da inexistência de qualquer indicador ou meta a ser alcançado pelas fontes renováveis e, especialmente, pelo fato de a principal política, os leilões de energia, ser condicionada por variáveis e diretrizes de curto prazo, além de não estar, sistematicamente, direcionada à promoção das fontes renováveis, contratando, também, capacidade de fontes fósseis; b) a insuficiência de políticas direcionadas para o desenvolvimento da indústria nacional e da inovação em tecnologias renováveis, pelo lado da oferta: reflexo da ausência de uma visão estratégica das energias renováveis como oportunidades tecnológicas, de tal forma que a principal iniciativa para a promoção das fontes renováveis no Brasil é uma política, pelo lado da demanda, os leilões de energia, enquanto a atuação pelo lado da oferta se mostrou mais limitada e esporádica; c) a falta de coordenação dos diferentes instrumentos de promoção das energias renováveis, tanto entre si quanto com as políticas macroeconômicas

adversas, que colocam obstáculos à inovação: reflexo da ausência de uma direção estratégica de longo prazo, e que implica desarticulação e descoordenação entre os instrumentos e políticas, os quais, como no exemplo do Inova Energia e dos leilões, possuem objetivos distintos.

Essas limitações podem restringir a efetiva contribuição das políticas brasileiras para o enfrentamento dos desafios e o aproveitamento das oportunidades relacionadas às energias renováveis. De tal forma, os resultados obtidos neste artigo sugerem que, embora o Brasil apresente grande potencial eólico e solar – em específico, dentre as energias renováveis –, a estrutura de políticas de ciência, tecnologia e inovação, no país, tem dificuldade em avançar de forma mais audaciosa na direção do desenvolvimento de tecnologias relacionadas com essas fontes. Nesse sentido, a situação do Brasil é diferente do que vem acontecendo em outros países, e.g. a Alemanha, os EUA e, como país também em desenvolvimento, a China. Dentro do debate que defende a restauração do Estado e a recuperação da política de inovação como estratégia de desenvolvimento no Brasil, o presente artigo apresentou algumas recomendações de políticas, específicas para o setor de energias renováveis no Brasil, para endereçar as limitações encontradas, promovendo de maneira mais efetiva a transição energética e transformando as políticas de governo em políticas de Estado.

Além das recomendações de políticas, fazem-se, aqui, algumas recomendações para estudos posteriores. Do lado empírico, entende-se que há dois caminhos promissores para a condução de novos estudos de casos em políticas *mission-oriented* em energias renováveis. Primeiro, pode ser útil definir categorias de análise mais delimitadas, em detrimento de um escopo amplo de “políticas de inovação”, conforme aplicado neste artigo – e.g. políticas de financiamento público e a atuação dos bancos de desenvolvimento, ou o papel regulatório de agências e ministérios –, sem que se perca de vista a importância da atuação ativa do Estado em todas as etapas do processo inovativo. Segundo, entende-se que é importante realizar estudos de casos com objetivo de comparar experiências e trajetórias históricas de diferentes países, especialmente de países com diferentes contextos institucionais e distintos níveis de desenvolvimento econômico e tecnológico. Futuros estudos, que considerem essas recomendações podem confirmar, aprofundar, enriquecer e dar continuidade às conclusões apresentadas neste estudo.

Referências

ABDI. **Energia Eólica**. Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2021. Disponível em: <<http://sitesinteligencia.abdi.com.br/sites/energia-eolica/>>. Acesso em: 31 ago. 2021.

ABSOLAR. **Infográfico ABSOLAR N.º 34**. Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica, 2021. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>>. Acesso em: 01 set. 2021.

ANEEL. **Resultados de Leilões de Geração**. Agência Nacional de Energia Elétrica, 2021. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/resultados-de-leiloes>>. Acesso em: 01 set. 2021.

AQUILA, G.; PAMPLONA, E. de O.; QUEIROZ, A. R. de; JUNIOR, P. R.; FONSECA, M. N. An overview of incentive policies for the expansion of renewable energy generation in electricity power systems and the Brazilian experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 70, p. 1090–1098, 2017.

BAYER, B. Experience with auctions for wind power in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, p. 2644–2658, 2018.

BNDES. **Transparência: Central de Downloads**. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2021. Disponível em: <www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/transparencia/centraldedownloads/>. Acesso em: 31 ago. 2021.

BRADSHAW, A. Regulatory change and innovation in Latin America: The case of renewable energy in Brazil. **Utilities Policy**, v. 49, p. 156–164, 2017.

BUSCH, J.; FOXON, T. J.; TAYLOR, P. G. Designing industrial strategy for a low carbon transformation. **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 29, p. 114–125, 2018.

- CARSTENS, D. D. dos S.; CUNHA, S. K. da. Challenges and opportunities for the growth of solar photovoltaic energy in Brazil. **Energy policy**, v. 125, p. 396–404, 2019.
- CARVALHO, L. **Curto-circuito: O vírus e a volta do Estado**. São Paulo: Todavia, 2020.
- DIÓGENES, J. R. F.; CLARO, J.; RODRIGUES, J. C. Barriers to onshore wind farm implementation in Brazil. **Energy Policy**, v. 128, p. 253–266, 2019.
- EDLER, J.; FAGERBERG, J. Innovation policy: what, why, and how. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, p. 2–23, 2017.
- EPE. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2029**. Brasília: Empresa de Pesquisa Energética, 2020.
- FAGERBERG, J. Mobilizing innovation for sustainability transitions: a comment on transformative innovation policy. **Research Policy**, v. 47, n. 9, p. 1568–1576, 2018.
- FERRAÇO, A. L. **Transição energética no Brasil: entraves e possibilidades no âmbito institucional**. 82 p. Dissertação (Mestrado em Estudos Latino Americanos) – Departamento de Estudos Latino Americanos, Leiden, 2016.
- FRAUNDORFER, M.; RABITZ, F. The Brazilian renewable energy policy framework: instrument design and coherence. **Climate Policy**, v. 20, n. 5, p. 652–660, 2020.
- FURTADO, A. T.; PERROT, R. Innovation dynamics of the wind energy industry in South Africa and Brazil: technological and institutional lock-ins. **Innovation and Development**, v. 5, n. 2, p. 263–278, 2015.
- HOCHSTETLER, K.; KOSTKA, G. Wind and solar power in Brazil and China: interests, state–business relations, and policy outcomes. **Global Environmental Politics**, v. 15, n. 3, p. 74–94, 2015.
- INESC. **Incentivos e Subsídios aos Combustíveis Fósseis no Brasil em 2019: Conhecer, avaliar, reformar**. Brasília: Instituto de Estudos Socioeconômicos, 2020.
- JUÁREZ, A. A.; ARAÚJO, A. M.; ROHATGI, J. S.; FILHO, O. D. Q. de O. Development of the wind power in Brazil: Political, social and technical issues. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 39, p. 828–834, 2014.
- KATTEL, R.; MAZZUCATO, M.; RYAN-COLLINS, J.; SHARPE, S. The economics of change: policy and appraisal for missions, market shaping and public purpose. **UCL Institute for Innovation and Public Purpose**, 2018.
- KEMP, R.; NEVER, B. Green transition, industrial policy, and economic development. **Oxford Review of Economic Policy**, v. 33, n. 1, p. 66–84, 2017.
- LOSEKANN, L.; HALLACK, M. Novas energias renováveis no Brasil: desafios e oportunidades. In: NEGRI, J. A. D.; ARAÚJO, B. C.; BACELETTE, R. (Ed.). **Desafios da Nação: artigos de apoio, volume 2**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), 2018. p. 631–655.
- LUCENA, J. d. A. Y.; LUCENA, K. Â. A. Wind energy in Brazil: an overview and perspectives under the triple bottom line. **Clean Energy**, v. 3, n. 2, p. 69–84, 2019.
- MAZZUCATO, M. A mission-oriented approach to building the entrepreneurial state. **Innovate UK**, 2014.
- MAZZUCATO, M. **O Estado Empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. São Paulo: Portfolio-Penguin, 2014.
- MAZZUCATO, M. The green entrepreneurial state. In: SCOONES, I.; LEACH, M.; NEWELL, P. (Ed.). **The politics of green transformations**. London: Routledge, 2015. p. 152–170.
- MAZZUCATO, M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. **Industrial and Corporate Change**, v. 27, n. 5, p. 803–815, 2018.
- MAZZUCATO, M.; PENNA, C. C. R. The rise of mission-oriented state investment banks: the cases of

Germany's KfW and Brazil's BNDES. **SPRU Working Paper Series**, 2015.

MAZZUCATO, M.; PENNA, C. C. R. **The Brazilian innovation system: a mission-oriented policy proposal**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2016.

MAZZUCATO, M.; PEREZ, C. Innovation as growth policy: the challenge for Europe. In: FAGERBERG, J.; LAESTADIUS, S.; MARTIN, B. R. (Ed.). **The triple challenge for Europe: Economic development, climate change, and governance**. Oxford: Oxford University Press, 2015. p. 229–264.

MAZZUCATO, M.; SEMIENIUK, G. Financing renewable energy: who is financing what and why it matters. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 127, p. 8–22, 2018.

MELO, C. A. de; JANNUZZI, G. de M.; BAJAY, S. V. Nonconventional renewable energy governance in Brazil: Lessons to learn from the German experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 61, p. 222–234, 2016.

MELO, E. Fonte eólica de energia: aspectos de inserção, tecnologia e competitividade. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 77, p. 125–142, 2013.

MENDONÇA, H. L.; MACEDO-SOARES, T. D.; FONSECA, M. V. Working towards a framework based on mission-oriented practices for assessing renewable energy innovation policies. **Journal of Cleaner Production**, v. 193, p. 709–719, 2018.

NYKO, D.; VALENTE, M. S.; DUNHAM, F. B.; MILANEZ, A. Y.; COSTA, L. M. d.; PEREIRA, F. d. S.; TANAKA, A. K. R.; RODRIGUES, A. V. P. Planos de fomento estruturado podem ser mecanismos mais eficientes de política industrial? uma discussão à luz da experiência do país e seus resultados. **BNDES Setorial**, v. 38, p. 55–78, 2013.

ROSA, A. R. O. da; GASPARIN, F. P. Panorama da energia solar fotovoltaica no Brasil. **Revista Brasileira de Energia Solar**, v. 7, n. 2, p. 140–147, 2016.

SILVA, G. D. P. D.; MAGRINI, A.; TOLMASQUIM, M. T.; BRANCO, D. A. C. Environmental licensing and energy policy regulating utility-scale solar photovoltaic installations in Brazil: status and future perspectives. **Impact Assessment and Project Appraisal**, v. 37, n. 6, p. 503–515, 2019.

SUZIGAN, W.; FURTADO, J. Instituições e políticas industriais e tecnológicas: reflexões a partir da experiência brasileira. **Estudos Econômicos (São Paulo)**, v. 40, n. 1, p. 7–41, 2010.

TORINELLI, V. H.; JUNIOR, A. F. D. A. D. S.; ANDRADE, J. C. S. Wind power energy in Brazil: public financing and future perspectives. **Latin American Journal of Management for Sustainable Development**, v. 4, n. 1, p. 41–54, 2018.

YIN, R. K. **Case study research and applications: design and methods**. London: SAGE, 2017.

ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED, P.; ZHAO, X. Political and institutional analysis of the successes and failures of China's wind power policy. **Energy Policy**, v. 56, p. 331–340, 2013.

ZHANG, S.; ANDREWS-SPEED, P.; ZHAO, X.; HE, Y. Interactions between renewable energy policy and renewable energy industrial policy: A critical analysis of China's policy approach to renewable energies. **Energy Policy**, v. 62, p. 342–353, 2013.