

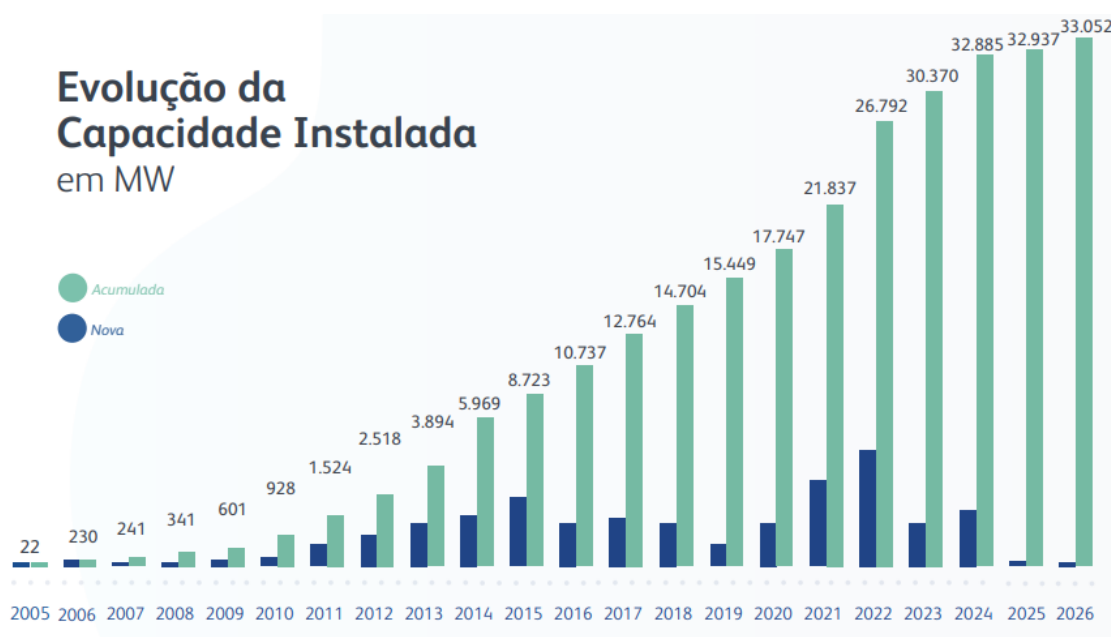
Estimativas dos impactos dinâmicos do setor eólico sobre a economia brasileira

Trabalho preparado para a ABEEólica – fevereiro de 2022

Bráulio Borges, pesquisador-associado do FGV-IBRE e economista-sênior da LCA Consultores

Introdução

Segundo levantamento recente realizado pela ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica -, a capacidade instalada de todos os parques eólicos instalados no Brasil chegou a quase 22 GW no final de 2021. Trata-se de uma cifra bastante expressiva, uma vez que, 10 anos antes, a geração eólica em território brasileiro era praticamente inexistente (ver figura abaixo, obtida no boletim InfoVento 24).



A figura acima também aponta que, levando em conta os novos investimentos contratados até o final de 2021 (em leilões e no mercado livre), a capacidade total de geração eólica deverá aumentar em cerca de 50% nos próximos cinco anos. Vale assinalar que se trata de uma projeção em certa medida conservadora, uma vez que os custos de geração da energia eólica hoje já são bastante competitivos em relação a outras fontes, o que pode levar à contratação adicional de novos investimentos nos próximos anos (os quais apresentam um prazo médio de maturação de cerca de 2 anos, no caso dos parques eólicos *onshore*).

Ademais, a definição em 2022 de uma regulamentação doméstica envolvendo os parques eólicos *offshore* deverá dar impulso adicional ao setor, em um contexto no qual ainda há um espaço expressivo para que o Brasil explore todo o potencial disponível de geração eólica (*onshore e offshore*).

No caso da produção *onshore*, a ABEEólica estima um potencial de mais de 500 GW de capacidade de geração (ou seja, aproximadamente 25x o parque instalado atual). No caso da produção *offshore*, estudo recente do Banco Mundial sugere um potencial de pouco mais de 1200 GW (ver tabela abaixo). Convém lembrar que a capacidade total de geração elétrica no Brasil, considerando todas as fontes (hidrelétricas, termelétricas, biomassa, nuclear, eólicas, fotovoltaicas etc.) atingiu 181,5 MW em 2021, segundo dados da ANEEL.

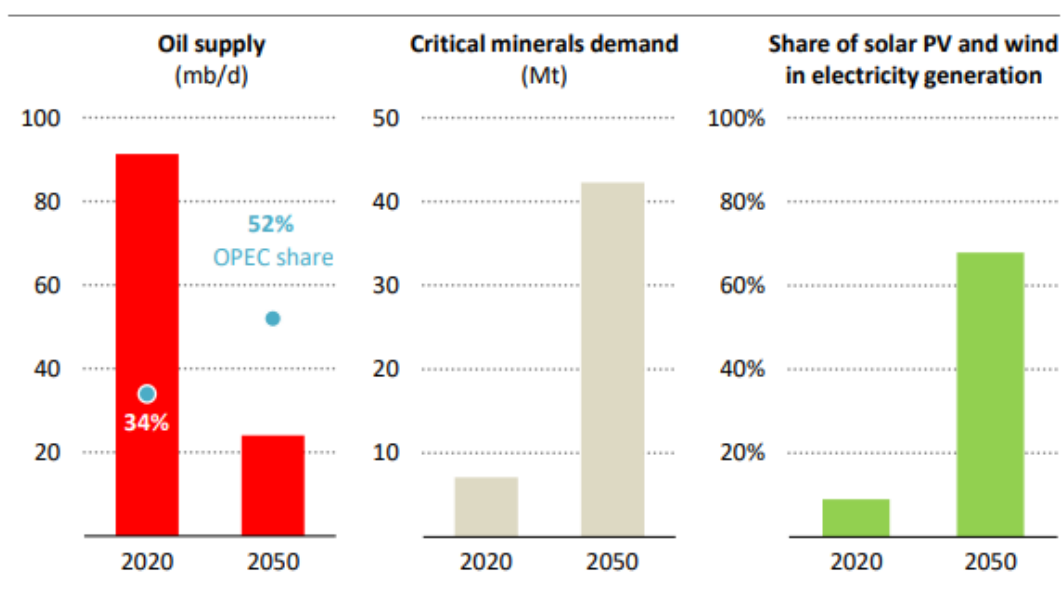
Country	Fixed (GW)	Floating (GW)	Total (GW)
Brazil	480	748	1,228
India	112	83	195
Morocco	22	178	200
Philippines	18	160	178
South Africa	57	589	646
Sri Lanka	55	37	92
Turkey	12	57	70
Vietnam	261	214	475
Total	1,016	2,066	3,082

Source: Authors, 2019.

Com efeito, a disponibilidade desse recurso (“vento”) – que no Brasil apresenta características que permitem um melhor aproveitamento do que em outras regiões, por meio de um fator de capacidade mais elevado – posiciona muito bem a economia brasileira no processo de transição energética em curso no mundo, no contexto da agenda de mitigação das mudanças climáticas.

Vale notar que a Agência Internacional de Energia (IEA) estimou, em relatório bastante detalhado publicado em meados de 2021, que a consecução de um cenário de emissões líquidas nulas de gases do efeito estufa em 2050 demandará, dentre outras coisas, que o percentual de eletricidade gerada por fontes eólicas e fotovoltaicas no mundo passe de menos de 10% atualmente para cerca de 70% em 30 anos (conforme aponta a figura abaixo).

Global energy security indicators in the net zero pathway

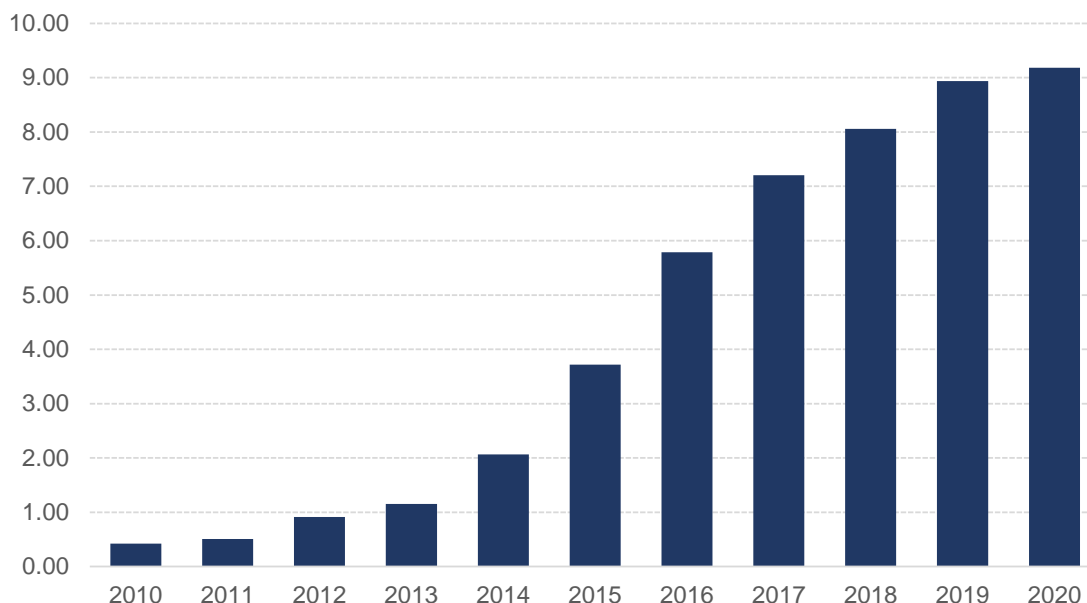


Note: mb/d = million barrels per day; Mt = million tonnes.

Voltando ao caso brasileiro, a expansão do parque eólico ao longo da última década fez com que o percentual da energia elétrica gerada no Brasil a partir dessa fonte saltasse de algo próximo de zero em 2010 para pouco mais de 9% em 2020, devendo ter ultrapassado os 10% em 2021.

Geração de energia elétrica de fontes eólicas

Acumulado no ano, em % do total gerado no Brasil. Fonte: EPE.

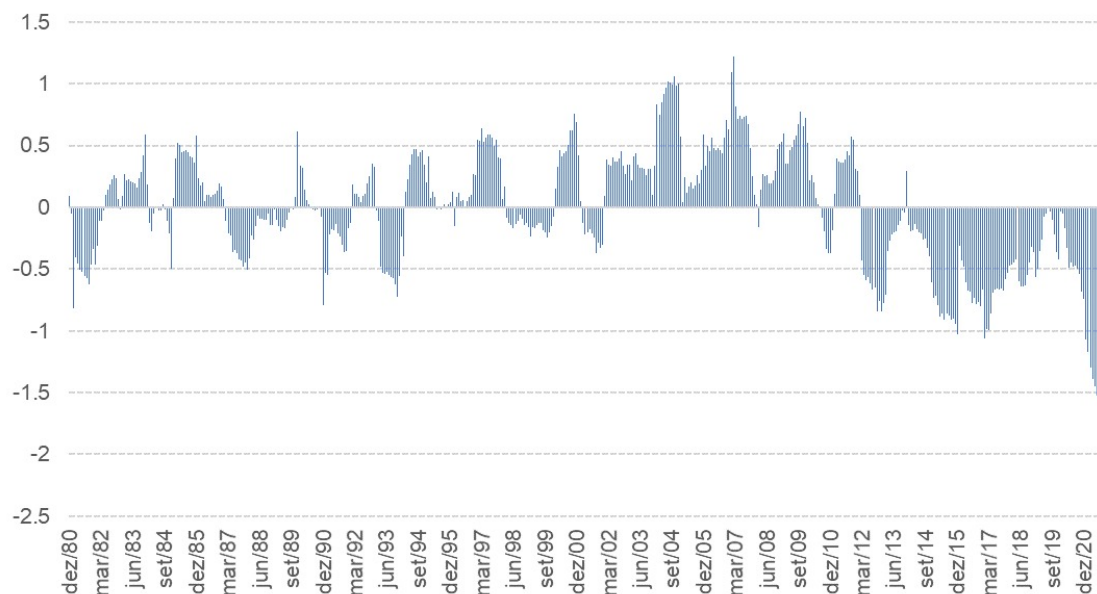


É importante notar que, não fosse essa forte expansão da geração eólica, provavelmente o Brasil teria enfrentado problemas mais sérios de suprimento de eletricidade nos últimos anos, em um contexto no qual tem chovido muito abaixo da média histórica desde 2012 (ver figura abaixo).

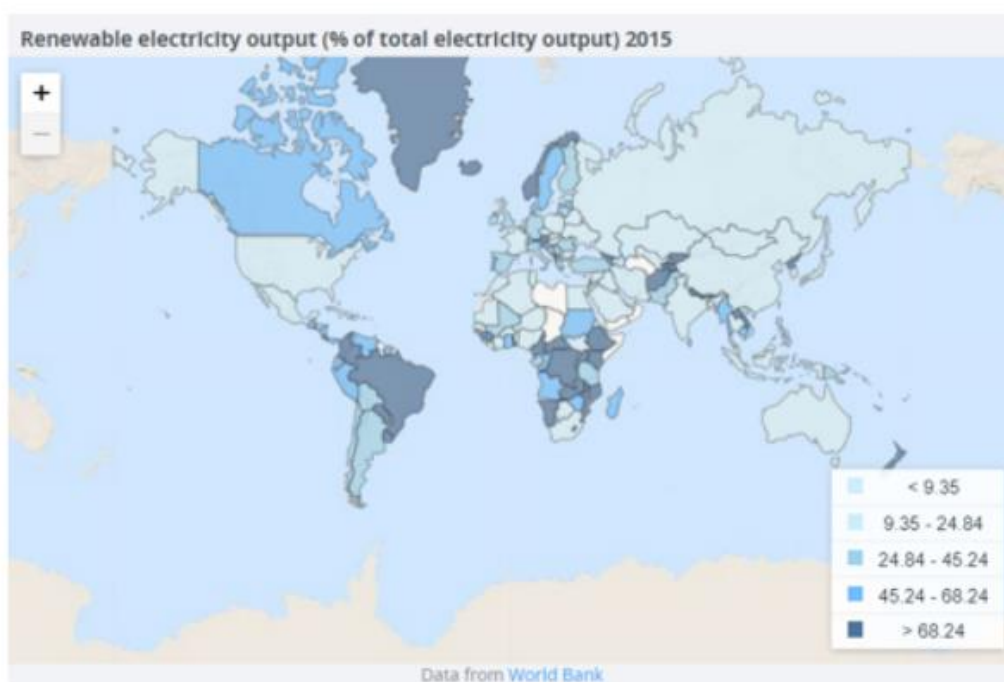
Anomalia de precipitações no Brasil

Desvios-padrão em relação à média 1980-2020, média móvel de 12 meses.

Fonte: INMET. Elaboração: própria.

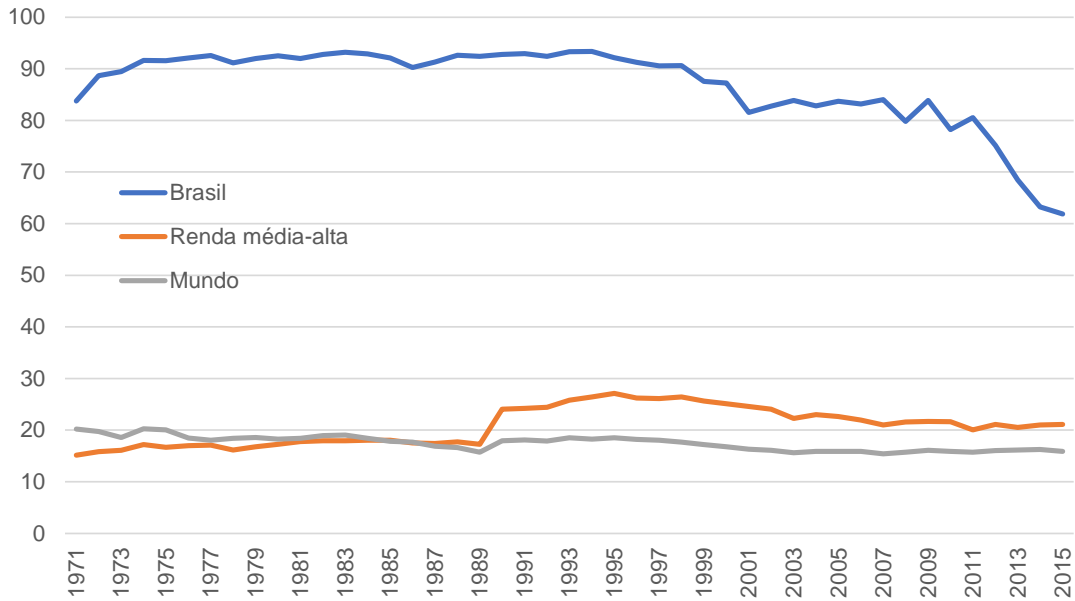


Embora a matriz elétrica brasileira seja bastante “limpa” na comparação com boa parte do restante do mundo (ver figura abaixo, preparada pelo Banco Mundial), a excessiva dependência da hidroeletricidade torna o país bastante vulnerável ao regime de chuvas, já que, mesmo com uma maior diversificação da matriz, ainda temos 60% de nossa geração de energia sendo ofertada pelas hidrelétricas (percentual que era de 90% em 2000/2001 e que foi de cerca de 70% na média dos últimos 10 anos).



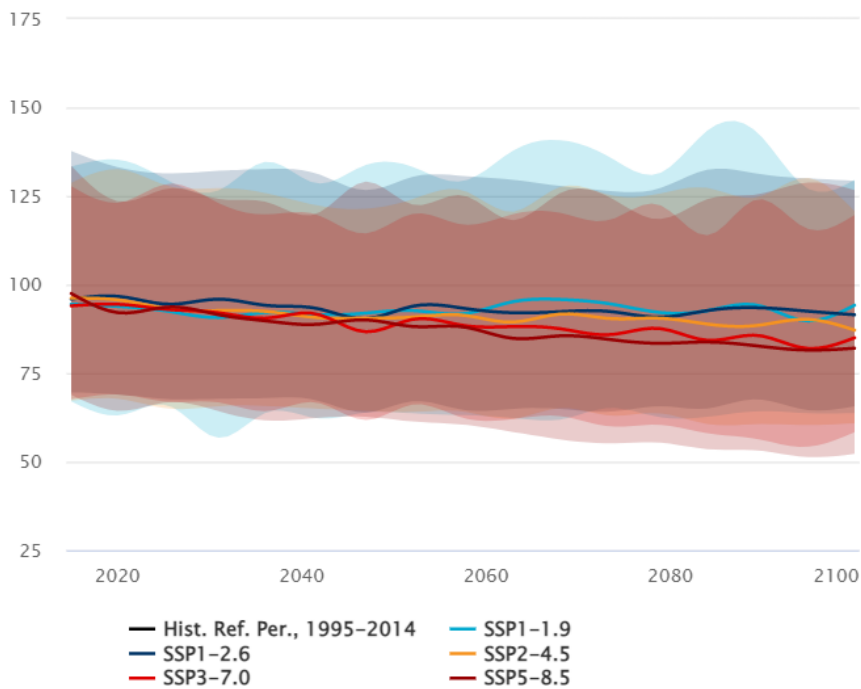
Percentual da energia elétrica oriunda de usinas hidrelétricas (%)

Fonte: Banco Mundial.



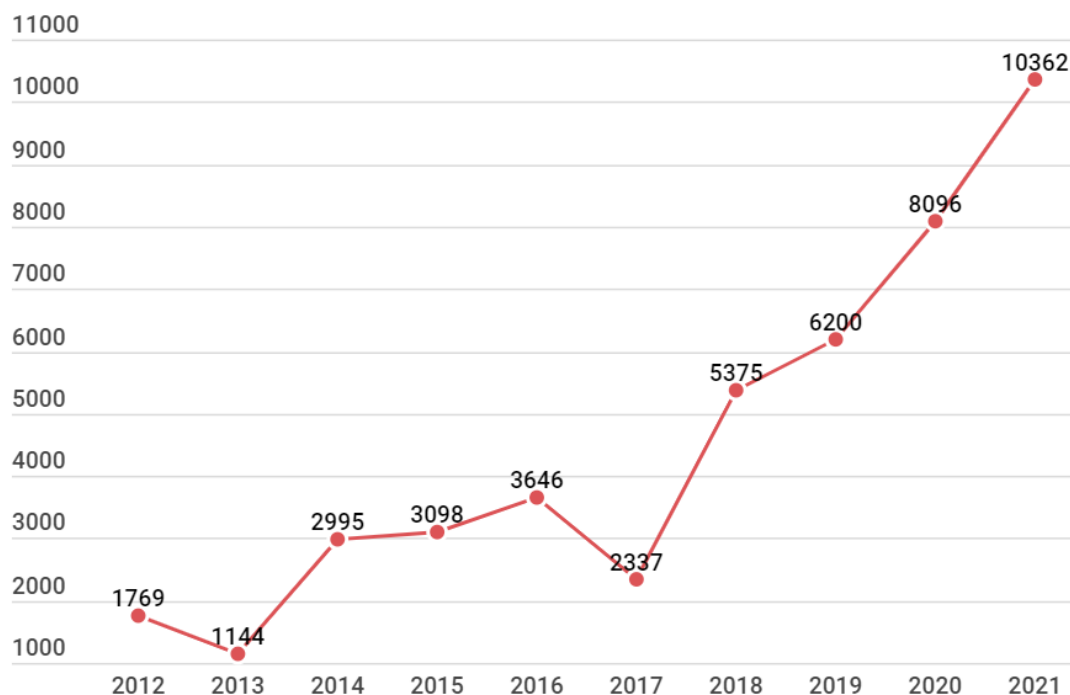
Também é importante apontar que, pelas projeções climatológicas mais recentes do Banco Mundial, a tendência é que as precipitações no território brasileiro continuem em trajetória de queda em relação às medias históricas, como aponta a figura abaixo.

Projected Precipitation Percent Change Brazil; (Ref. Period: 1995-2014), Multi-Model Ensemble



Essa perspectiva de chuvas ainda mais escassas nos próximos anos e décadas é reflexo tanto das mudanças climáticas globais como também do expressivo desmatamento acumulado da floresta amazônica, que equivaleu à área do Chile entre 1985 e 2020 (segundo o MapBiomas Brasil) e que, infelizmente, vem crescendo exponencialmente nos últimos anos (ver figura abaixo, preparada com dados do Imazon). A redução da cobertura vegetal natural da floresta amazônica afeta negativamente o regime de chuvas na região Centro-Sul brasileira, por conta do fenômeno conhecido como “rios voadores”.

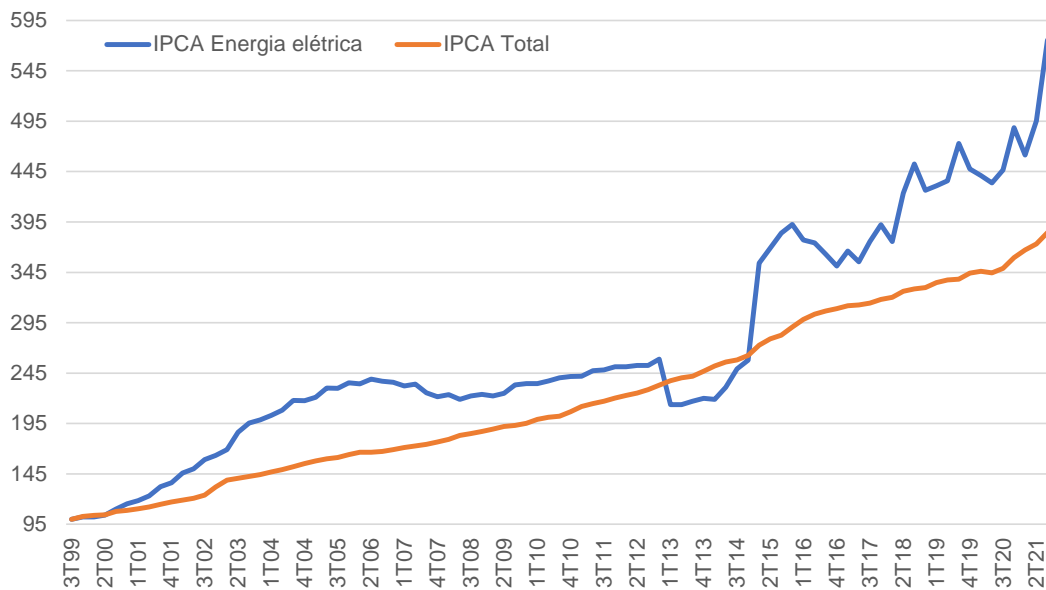
Desmatamento acumulado de janeiro a dezembro (km²)



É nesse contexto que a continuidade da diversificação da matriz elétrica configura algo não somente desejável, mas também extremamente necessário para que a economia brasileira possa continuar crescendo e se desenvolvendo, sem restrições de oferta de energia – as quais, na prática, geraram um forte encarecimento da eletricidade no Brasil na última década (ver figura abaixo), reduzindo a renda disponível das famílias para consumir bens e outros serviços, além de prejudicar a competitividade das empresas brasileiras.

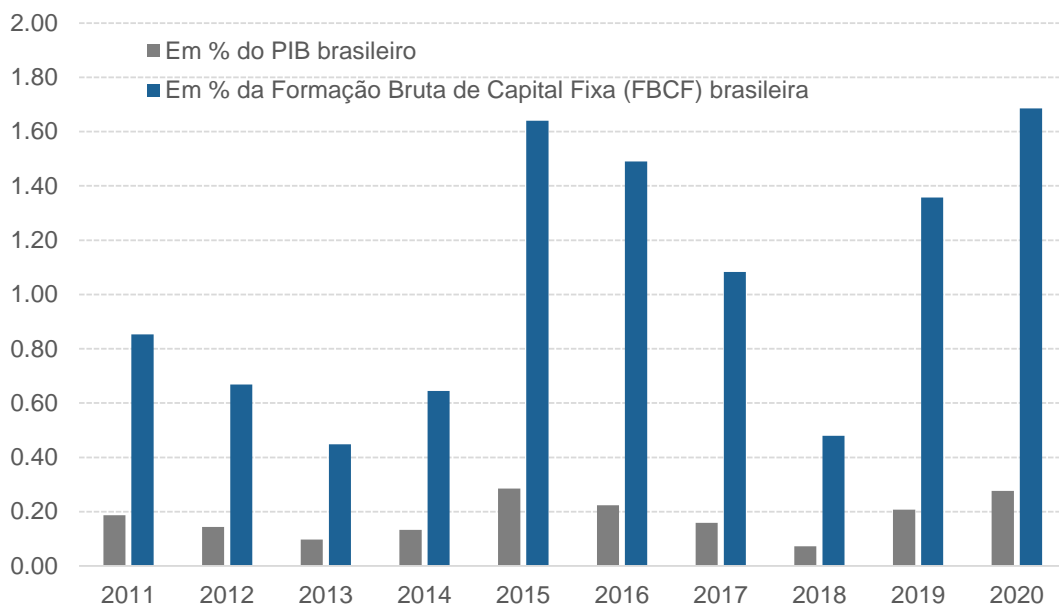
De fato, segundo Borges 2021, parte relevante da “década perdida” brasileira recente – nosso PIB *per capita* em 2019 (e também em 2021) era o praticamente o mesmo de 2010 – pode ser explicada pelos efeitos diretos e indiretos da escassez crônica de chuvas desde 2012, em um contexto no qual o Brasil apresenta elevada dependência da hidroeletricidade e que o agronegócio representa pouco mais de 20% do PIB brasileiro.

Índices de preços selecionados Set/99 = 100. Fonte: IBGE.



Os benefícios associados ao setor eólico, no entanto, não se limitam ao fato de permitirem uma matriz elétrica com maior capacidade de oferta e mais diversificada. A própria construção dos parques de geração eólicos impacta a economia brasileira durante seu processo de construção – como indica a figura abaixo, que relativiza os investimentos realizados em parques geradores no Brasil entre 2011 e 2020, em termos do PIB e do total de investimentos em ativos fixos (a Formação Bruta de Capital Fixo). Em valores nominais, o montante total dos investimentos na construção de parques eólicos no Brasil foi de pouco mais de R\$ 110 bilhões entre 2011 e 2020.

Brasil: investimentos em geração eólica Fontes: ABEEólica, Bloomberg e IBGE.



Ademais, por se tratar de uma fonte “limpa”, com baixíssima pegada de carbono, a geração eólica também tem como efeito colateral positivo uma redução das emissões dos gases associados ao efeito estufa (em relação àqueles que seriam emitidos levando em conta cenários do tipo “business as usual”).

É nesse contexto que se insere este trabalho, preparado a pedido da ABEEólica. O objetivo é o de estimar os impactos dinâmicos, econômicos e ambientais, do setor eólico na economia brasileira, levando em conta tanto os investimentos na construção dos parques (fase de Capex), como também os impactos em termos da operação (Opex) e geração de valor adicionado associado à energia elétrica produzida por tais parques. No caso dos impactos ambientais, iremos apresentar a valoração das emissões evitadas associadas à geração eólica efetiva no Brasil – exercício que permite ter uma maior clareza dos efeitos econômicos intergeracionais da geração eólica, na medida em que a deterioração do clima global gera efeitos deletérios, correntes e futuros, sobre a economia e o bem-estar mundial.

Este trabalho se divide da seguinte maneira, para além desta Introdução. Na próxima seção iremos mapear qualitativamente os possíveis impactos do setor eólico sobre a economia brasileira, bem como apresentar de forma relativamente sucinta o método quantitativo adotado neste trabalho para estimar esses efeitos. Na seção seguinte, iremos apresentar e analisar as estimativas numéricas dos impactos do setor eólico no Brasil, tanto em termos de PIB como de empregos gerados. Em seguida, temos uma seção que busca valorar as emissões evitadas associadas à geração eólica no Brasil. Por fim, temos algumas considerações finais e as referências bibliográficas.

Abordagem metodológica empregada para estimar os efeitos do setor eólico no Brasil

Como já foi adiantado brevemente na seção anterior, os impactos do setor eólico sobre a economia e a sociedade brasileiras se materializam por diversos canais e de formas distintas ao longo do tempo.

Grosso modo, os efeitos diretos ocorrem em duas grandes fases:

- 1) na construção dos parques geradores – isto é, na fase de investimento (Capex), que dura de um ano e meio a dois anos e meio no caso dos parques eólicos *onshore* (que são aqueles que foram construídos no Brasil nos últimos anos). Neste caso, tratam-se de efeitos temporários; e

2) na operação e manutenção (Opex), incluindo também o valor adicionado (valor da produção menos consume intermediário de insumos) da energia elétrica gerada por tais usinas. Neste caso, estamos falando de efeitos permanentes.

Para além dos impactos diretos, há também os efeitos indiretos (associados aos fornecedores de bens e serviços para o setor eólico) e os efeitos induzidos (associados aos efeitos sobre a economia dos salários e lucros pagos pelas empresas do setor, que se transformam em consumo de diversos bens e serviços, bem como em investimentos em outros setores).

Para estimar esses impactos, incluindo os efeitos indiretos/induzidos, o caminho metodológico mais óbvio seria a utilização da chamada Matriz Insumo-Produto (MIP). Contudo, a MIP é uma abordagem relativamente estática, ao utilizar uma “fotografia” da estrutura produtiva do país em um determinado momento para estimar esses efeitos.

Ademais, a abordagem da MIP ignora alguns outros efeitos de “equilíbrio geral”, tais como a resposta dos preços (inflação) aos choques de demanda e a própria reação da política econômica a isso (o Brasil opera sob um regime de metas de inflação desde 1999, em que o Banco Central calibra a política monetária de modo a tentar manter a inflação medida pelo IPCA oscilando em torno de uma meta pré-definida pelo Conselho Monetário Nacional, o CMN).

Nesse contexto, optamos, neste trabalho, por utilizar uma outra abordagem quantitativa, que permite incorporar aspectos dinâmicos (séries de tempo), além de efeitos de equilíbrio geral macroeconômico – embora às custas de uma maior desagregação setorial permitida pela abordagem da MIP. Trata-se da abordagem VARX (*Vector Auto Regression*, com variáveis exógenas). Nessa modelagem econométrica, estima-se um sistema de equações, permitindo identificar uma rica interconexão entre todas as variáveis consideradas no sistema, tanto aquelas endógenas (boa parte das variáveis domésticas) como daquelas exógenas (variáveis internacionais, climáticas e demográficas).

Após diversos testes, foi estimado um modelo VARX que conta com as seguintes variáveis endógenas (isto é, que se autodeterminam):

- Variação % interanual do IBC-Br (*proxy* mensal do PIB brasileiro, estimado pelo BCB);
- Variação % interanual da Formação Bruta de Capital Fixo - Máquinas e equipamentos (*proxy* mensal dos investimentos em maquinário elaborada pelo IPEA);
- Variação % interanual da FBCF Construção Civil (*proxy* mensal dos investimentos em estruturas elaborada pelo IPEA);

- Variação interanual, em p.p., da taxa de juros real *ex-ante* (Swap pré-DI 360 dias deflacionado pelas expectativas de inflação 12 meses à frente do Focus/BCB); e
- Variação % interanual do gasto da União com aposentadorias, pensões, abono salarial, seguro-desemprego e Benefício de Prestação Continuada (BPC).

Já as variáveis exógenas (ou seja, que afetam todas aquelas listadas acima, mas que não são afetadas por elas) são:

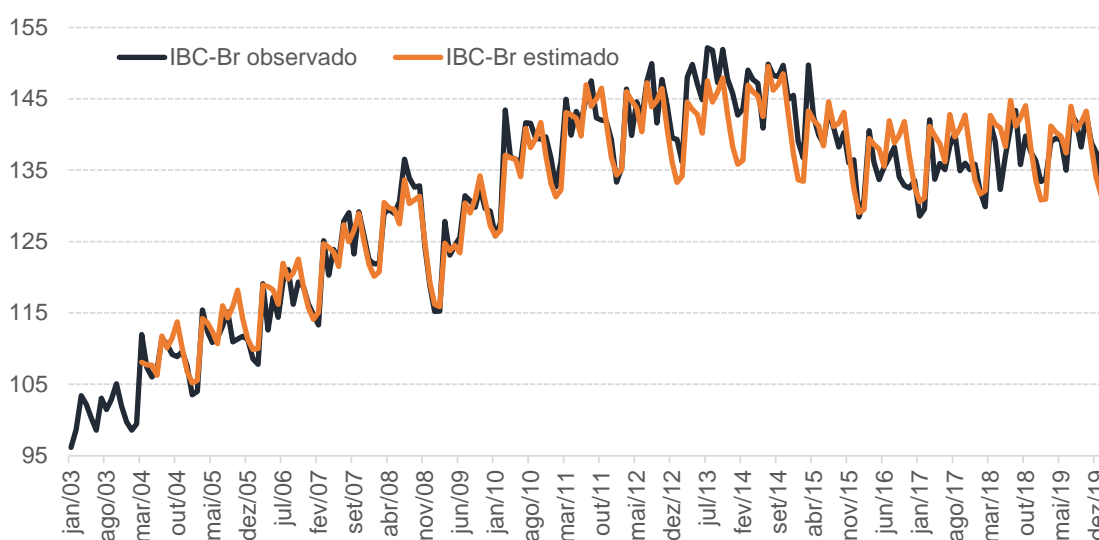
- Barômetro Coincidente Global KOF/FGV-IBRE (para captar o ciclo econômico global);
- Var. % interanual do índice de preços de commodities do FMI exclusive Ouro;
- Variação interanual, em p.p., da taxa de juros de 10 anos dos Treasuries dos EUA;
- Desvio da precipitação brasileira em relação à média de longo prazo;
- Var. % interanual da População Economicamente Ativa (PEA) demográfica brasileira (isto é, da população total de 18 a 65 anos).

Portanto, trata-se de um sistema de equações que conta com 10 variáveis, com o bloco de variáveis endógenas se autodeterminando ao longo do tempo, além de também ser afetado pelo bloco de variáveis exógenas.

É importante notar que o Brasil pode ser considerado aquilo que a literatura econômica aponta como “pequena economia aberta” (*small open economy*), sendo muito afetado por fatores internacionais, mas tendo pouca capacidade de afetar o restante do mundo. Ademais, somos um país exportador líquido de *commodities* e temos baixa taxa de poupança doméstica - o que exige que busquemos capitais externos para financiar nosso crescimento e desenvolvimento econômico. É nesse contexto que as oscilações das variáveis internacionais afetam a dinâmica da economia brasileira. E não se pode minimizar a importância desses “ventos externos”: segundo trabalho recente de economistas do FMI, aproximadamente 30% da variabilidade do PIB brasileiro é explicada pelas oscilações dos preços internacionais das *commodities*, percentual que sobe a 50% quando também se considera o PIB e o comércio globais (ver Di Pace, Juvenal & Petrella 2020).

A figura abaixo apresenta a aderência da versão final do modelo econométrico estimado para o exercício que será realizado neste trabalho, que foi escolhida após uma bateria de testes de diagnóstico atestando sua capacidade estatística (e descartando a possibilidade de se tratar de uma regressão “espúria”). Como pode ser notado, embora o modelo seja todo estimado em termos de taxas de variação, ele consegue explicar razoavelmente bem tanto as oscilações das próprias taxas de variação como também do nível do PIB brasileiro (aproximado pelo IBC-Br do Banco Central, que tem frequência mensal – os dados oficiais do PIB do IBGE são trimestrais, o que criaria dificuldades técnicas para a estimação do VARX adotado neste trabalho).

IBC-Br: "PIB mensal" estimado pelo Banco Central do Brasil
Número-índice, média 2003 = 100, sem ajuste sazonal.



A partir desse modelo VARX estimado, é possível construir as chamadas Funções de Impulso-Resposta, que mostram como todas as variáveis endógenas do sistema respondem a mudanças (“choques”) em uma das endógenas ou exógenas, levando em conta toda a rica dinâmica de interação entre elas ao longo do tempo (incluindo as respostas de política monetária e fiscal domésticas). Desse modo, é possível calcular algumas elasticidades e também o efeito multiplicador de investimentos em ativos fixos sobre a economia brasileira.

O modelo estimado aponta que cada R\$ 1,0 aplicado em novos investimentos em ativos fixos no Brasil (isto é, R\$ 1 a mais de Formação Bruta de Capital Fixo) gera R\$ 2,9 de PIB após 10 a 14 meses, considerando os efeitos diretos, indiretos e induzidos. Ou seja: R\$ 1,0 a mais associado a um “choque” inicial de novos investimentos gera outros R\$ 1,9 de PIB por diversos canais, ao longo de um ano, aproximadamente¹.

¹ O modelo estimado aponta que o choque inicial de novos investimentos em ativos fixos é estatisticamente diferente de zero durante os primeiros 6 meses após um choque ocorrido em um determinado mês inicial. Como nosso estudo irá

Convém destacar que o efeito multiplicador estimado é mais baixo para os investimentos em Máquinas e equipamentos (2,1) do que para as inversões associadas à Construção Civil (3,8), em função do último ser muito mais intensivo em mão-de-obra (gerando mais empregos) e apresentar um “vazamento” relativamente pequeno para produtos importados (o setor de construção é altamente *non-tradable*, não somente por ser mais intensivo em mão-de-obra, mas também porque a importação de diversos insumos, como cimento/concreto, é inviável do ponto de vista econômico/financeiro).

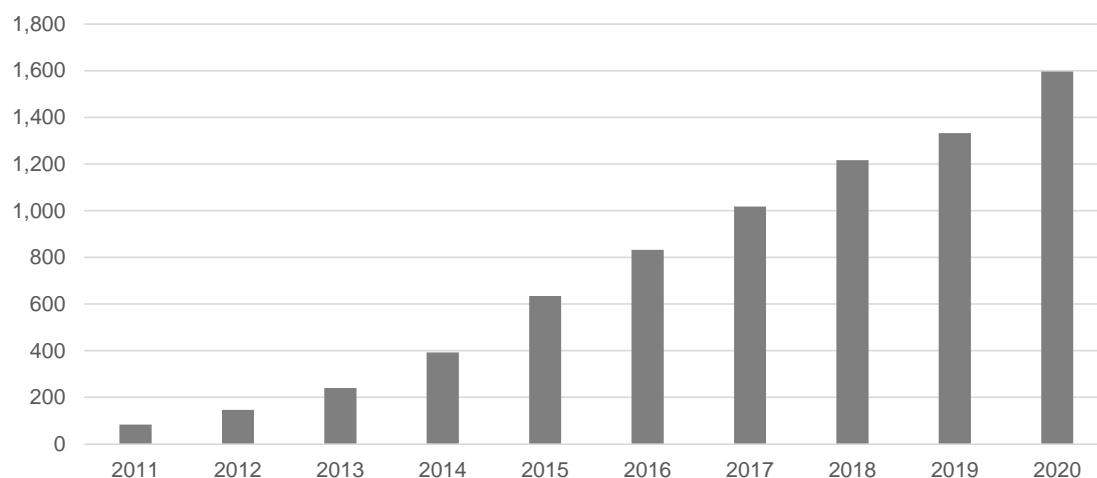
Já para estimar os efeitos do Opex e o valor adicionado associado à energia elétrica gerada pelas usinas eólicas, utilizamos outras informações.

No caso do Opex, a EPE (Empresa de Pesquisa Energética), no Plano Decenal de Energia (PDE) 2030, apontou que os gastos anuais com Operação & Manutenção (O&M) na geração eólica *onshore* são de cerca de R\$ 90/KWh por ano (a preços de 2020). Vale notar que esse valor já inclui os arrendamentos pagos para os proprietários onde estão instalados os aerogeradores.

Com base nesse valor, ajustado pela inflação, a figura abaixo aponta uma estimativa dos gastos anuais totais com Opex associados à geração eólica no Brasil. Estimamos, a partir das Tabelas de Recursos e Usos das Contas Nacionais Anuais, que aproximadamente 55% desse valor é gasto com insumos diversos (consumo intermediário), de modo que o restante (aproximadamente 45% dos valores apontados na figura abaixo) corresponde a um acréscimo efetivo de Valor Adicionado ao PIB brasileiro. Vale notar, ainda, que desses 45%, estimamos que cerca de 14 p.p. estão associados aos valores pagos a título de arrendamentos de terras. Essa estimativa leva em conta pesquisa amostral realizada em trabalho anterior encomendado pela ABEEólica, realizado pela GO Associados.

estimar os impactos do setor eólico em bases anuais – até mesmo por conta da indisponibilidade de dados mensais de fluxos de investimentos no setor -, estamos considerando, portanto, que esses efeitos associados ao Capex se concentram dentro do ano-calendário. Vale notar, contudo, que um estudo recente de economistas do FMI – que utilizou um método quantitativo bastante semelhante ao empregado neste trabalho, mas aplicado a uma amostra de diversos países – apontou que os efeitos dos investimentos em energia “verde” podem afetar o PIB até 4 ou 5 anos depois de iniciado (Batini, Di Serio, Fragetta, Melina & Waldron 2021). Portanto, os efeitos “temporários” identificados neste trabalho podem ser considerados como uma estimativa conservadora, na medida em que se assume que os efeitos diretos, indiretos e induzidos se concentram no ano-calendário associado ao dispêndio realizado para a construção dos parques. Para avaliar se a persistência mais elevada encontrada no estudo do FMI também se aplicaria para o caso brasileiro, seria necessário ter uma série histórica em frequência mensal da Formação Bruta de Capital Fixo associada especificamente às inversões no setor elétrico – algo que não está disponível.

**Estimativas de gastos anuais com OPEX
no setor de geração eólica no Brasil**
Em R\$ milhões correntes. Elaboração: própria.

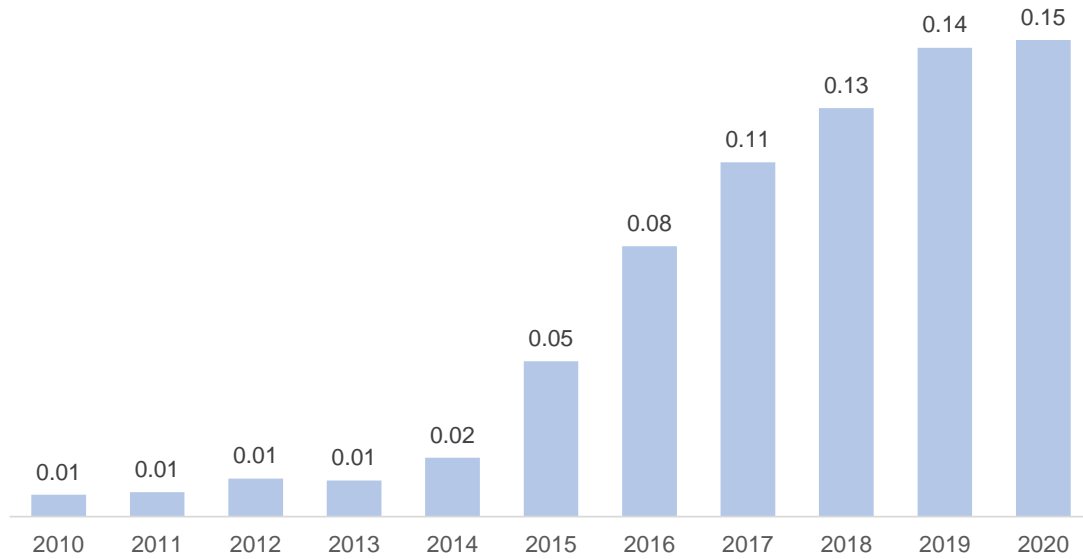


No caso do Valor Adicionado associado à geração propriamente dita de energia elétrica de fontes eólicas, utilizamos dados das Contas Nacionais Anuais e Trimestrais do IBGE para estimar esses valores, bem como dados da EPE.

Em 2020, por exemplo, o Valor Adicionado pelo setor “Energia elétrica, gás natural e outras utilidades” (que exclui água, esgoto e gestão de resíduos) foi de R\$ 131,9 bilhões ou 1,8% do PIB brasileiro. Aproximadamente 10% disso está associado à distribuição de gás (GLP e encanado), segundo nossas estimativas. Dentro dos 90% restantes, associados à geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, estimamos que a energia eólica respondeu, em 2020, por pouco mais de 9% (R\$ 10,9 bilhões).

Essa estimativa foi obtida a partir da aplicação do percentual de energia eólica gerada no total da produção doméstica. O ideal seria ter dados de valor de produção de cada parque eólico, bem como do consumo intermediário (gastos com insumos). Não obstante, muitos desses parques são de propriedade de empresas que também atuam na geração de energia de outras fontes, dificultando um cálculo mais preciso do valor adicionado específico da energia eólica. Com efeito, optamos por adotar a hipótese relativamente simples descrita acima.

Valor Adicionado da geração de energia elétrica de fontes eólicas
Em % do PIB brasileiro. Elaboração própria.



Estimativas dos impactos sobre o PIB e o emprego do setor eólico no Brasil

A tabela abaixo apresenta os valores, entre 2011 e 2020, dos impactos estimados do setor eólico sobre o PIB brasileiro, em R\$ correntes.

Impactos estimados do setor eólico sobre o PIB brasileiro (em R\$ bilhões correntes)

	Investimentos na construção de parques eólicos (CAPEX)			Valor Adicionado da Operação e Manutenção dos parques eólicos, incluindo arrendamentos (OPEX)	Valor Adicionado associado à energia elétrica gerada por fontes eólicas	TOTAL
	Direto	Indireto / Induzido	Total			
2011	8.2	11.7	19.9	0.0	0.3	20.2
2012	6.9	9.9	16.8	0.1	0.6	17.4
2013	5.2	7.5	12.6	0.1	0.6	13.3
2014	7.7	11.0	18.7	0.2	1.0	19.9
2015	17.1	24.6	41.7	0.3	2.9	44.9
2016	14.0	20.1	34.1	0.4	5.2	39.7
2017	10.4	15.0	25.4	0.5	7.2	33.0
2018	5.1	7.3	12.4	0.5	8.8	21.7
2019	15.4	22.1	37.5	0.6	10.7	48.8
2020	20.6	29.6	50.3	0.7	10.9	61.9
Soma 2011-2020	110.5	158.8	269.3	3.4	48.1	320.8

Fontes: ABEEólica, Bloomberg, EPE e IBGE. Estimativas próprias.

A primeira coluna (“Direto”) apresenta os valores efetivamente investidos na construção de parques eólicos no Brasil, segundo acompanhamento da *Bloomberg*. Assumimos que esse gasto se refere ao dispêndio efetivo ocorrido em cada um dos anos (e não ao valor total dos projetos anunciados).

Na coluna seguinte (“Indireto/Induzido”) são apresentadas as estimativas construídas a partir dos multiplicadores de investimento descritos na seção anterior. Assumimos que aproximadamente 80% do gasto com Capex no setor eólico é direcionado para maquinário e equipamentos, com o restante sendo aplicado em estruturas/construção civil. Isso acaba gerando um multiplicador do investimento associado ao setor eólico de 2,4, abaixo dos 2,9 estimados para o agregado dos investimentos em ativos fixos no Brasil (na medida em que as participações das inversões em maquinário/equipamentos e estruturas/construção no país como um todo são mais próximas de 50% para cada um desses tipos de investimentos, contra os 80/20 do setor eólico).

O exercício apresentado na tabela acima aponta, portanto, que o setor eólico movimentou cerca de R\$ 321 bilhões na economia brasileira em 2011-2020, dos quais R\$ 110,5 bilhões corresponderam aos investimentos na construção de parques propriamente ditos e o restante aos demais efeitos listados neste trabalho. A tabela abaixo relativiza esses valores em relação ao PIB total brasileiro. Na média 2011-2020, o setor eólico respondeu por cerca de 0,5% do PIB brasileiro, tendo se aproximado de 0,8% do PIB em anos de forte recessão (como 2015 e 2020), impedindo quedas ainda mais acentuadas da atividade econômica brasileira naqueles anos.

Impactos estimados do setor eólico sobre o PIB brasileiro (em p.p. do PIB)

	Investimentos na construção de parques eólicos (CAPEX)			Valor Adicionado da Operação e Manutenção dos parques eólicos, incluindo arrendamentos (OPEX)	Valor Adicionado associado à energia elétrica gerada por fontes eólicas	TOTAL
	Direto	Indireto / Induzido	Total			
2011	0.19	0.27	0.45	0.001	0.01	0.46
2012	0.14	0.21	0.35	0.001	0.01	0.36
2013	0.10	0.14	0.24	0.002	0.01	0.25
2014	0.13	0.19	0.32	0.003	0.02	0.34
2015	0.29	0.41	0.70	0.005	0.05	0.75
2016	0.22	0.32	0.54	0.006	0.08	0.63
2017	0.16	0.23	0.39	0.007	0.11	0.50
2018	0.07	0.10	0.18	0.008	0.13	0.31
2019	0.21	0.30	0.51	0.008	0.14	0.66
2020	0.28	0.40	0.67	0.010	0.15	0.83
Média 2011-2020	0.18	0.26	0.43	0.01	0.07	0.51

Fontes: ABEEólica, Bloomberg, EPE e IBGE. Estimativas próprias.

A próxima tabela apresenta as estimativas de impacto do setor eólico em termos de empregos. Para estimar os empregos diretos, foi utilizado o cronograma de entrada em operação de novos

aerogeradores, a potência média deles e um coeficiente técnico de emprego por potência média (IRENA 2017, citado em GWEC 2021), já ajustado para ganhos de escala. Para os empregos indiretos/induzidos, foi utilizado o mesmo multiplicador de investimentos aplicado ao PIB. No caso do Opex, a estimativa de empregos foi obtida a partir da aplicação do valor adicionado associado a essa atividade ao valor adicionado associado às atividades de Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos e do próprio setor de Energia elétrica, gás natural e outras utilidades. Esse percentual do valor adicionado foi então aplicado ao total de ocupações (isto é, o número de pessoas empregadas diretamente) dessas duas atividades, chegando aos valores apontados na tabela abaixo. Por fim, o valor adicionado da eletricidade gerada a partir de fontes eólicas ajuda a sustentar hoje cerca de 155 mil ocupações (estimativa construída a partir de uma “lei de Okun” para a economia brasileira, relacionando PIB total e nível de emprego).

Impactos estimados do setor eólico sobre o nível de ocupação brasileiro (em mil postos)

	Empregos associados ao CAPEX			Empregos associados ao OPEX	Empregos associados ao Valor Adicionado (PIB) da energia elétrica de fontes eólicas	TOTAL
	Diretos	Indiretos / Induzidos	Total			
2011	9.4	13.5	22.9	0.9	7.8	31.6
2012	9.4	13.5	22.9	1.4	12.3	36.6
2013	8.9	12.9	21.8	2.1	11.7	35.6
2014	8.4	12.1	20.5	3.2	19.1	42.8
2015	8.1	11.7	19.9	5.0	50.4	75.3
2016	7.9	11.4	19.3	6.2	86.1	111.7
2017	7.7	11.1	18.9	7.3	113.4	139.5
2018	7.3	10.5	17.7	8.3	132.9	159.0
2019	7.0	10.1	17.2	8.7	154.1	180.0
2020	5.9	8.5	14.4	10.2	155.2	179.8

Fontes: ABEEólica, Bloomberg, EPE e IBGE. Estimativas próprias.

Levando em conta apenas os efeitos diretos e indiretos/induzidos associados ao CAPEX, estimamos uma relação de 10,7 empregos por MW instalado (4,4 diretos e 6,3 indiretos/induzidos)². No caso do OPEX, essa razão é de 0,6 emprego por MW instalado (2020).

Trabalhos publicados em revistas com revisão por pares (*peer reviewed*) para diversos países apontam para uma relação de cerca de 10,6 empregos por MW na fase de CAPEX (oscilando entre 5,2 e 16,6). Já no caso do OPEX, boa parte das estimativas aponta para algo entre 0,2 e

² Uma vez que o prazo médio de maturação de parques eólicos *onshore* é de cerca 1 ano e meio a 2 anos e meio, o cálculo do número de empregos por MW instalado utilizou, no denominador, uma média centrada no período inicial (ou seja, 2010-11) e o no período final (2020-21). Essa conta aponta uma expansão de 18,7 mil MW da capacidade de geração ao longo desse período. O quociente entre os 195,5 mil empregos gerados na fase de construção (diretos mais indiretos/induzidos) e essa variação da capacidade gerou a estimativa apontada no texto, de 10,7 empregos por MW instalado.

0,6 emprego por MW instalado, embora algumas apontem multiplicadores bem mais elevados do que esses (ver tabela abaixo, obtida em Aldieri, Grafström, Sundström & Vinci 2020).

Table 4. Jobs per MW in journal articles.

Articles	Direct Max (Jobs/MW)	Direct Min (Jobs/MW)	Indirect (Jobs/MW)	Total Direct and Indirect (Jobs/MW)	Max O&M (Jobs/MW)	Min O&M (Jobs/MW)	Max Induced (Jobs/MW)
Moreno and López [26].	13.2				0.2		
Blanco and Rodrigues [13].	0.76-6.97	0.76					
Llera, Aranda, Zabalza, and Scarpellini [43].	0.86						
Tourkolia and Mirasgedis [35].	9.175		3.3		0.375		
Brown, Pender, Wiser, Lantz, and Hoen [44].	0.5						
Van der Zwaan, Cameron, and Kober [37].	15.6	2.7			0.6	0.1	
Simas and Pacca [1].	10.74		2.79				
Ejdemo and Söderholm [28].	0.8						
Walwyn and Brent [46].					10.8	3.9	
Okkonen and Lethonen [15].	3						
Hondo and Moriizumi [17] *	6.48		10.07	16.55	8.32		
Cai, Cusumano, Lorenzoni, and Pontoni [40].				10.17			
Dvořák, Martínát, Van der Horst, Frantal, and Turečková [14].	4	0.9					
Kattumuri and Kruse [41].	13.98 India (USA 2.79).	USA 0.79					
Kahouli and Martin [18].	1.32		1.226		0.4		1.59
Mu, Cai, Evans, Wang, and Roland-Host [47].	1		15.7				-16.7 and -2.2
Jenniches, Worrell, and Fumagalli [31].	0.3-1.4 jobs/	4.9		5.2			
Range	0.5-15.6	0.9-2.7	1.22-15.7	5.2-16.55	0.2-10.8	0.1-3.9	-16.2 to 1.59
Average	5.68	2.35	6.61	10.64	3.44	2	1.59

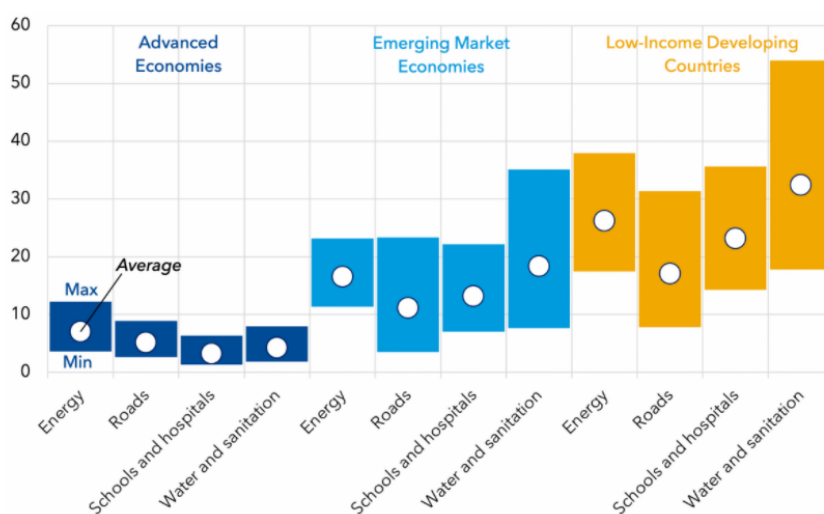
Notes: * = over lifetime, and they use an IO model they constructed themselves; numbers derived by the authors of this paper from their estimates by converting their reported numbers that were originally in GWh.

Vale notar, ainda, que o FMI divulgou recentemente um estudo (Moszoro 2021) que estimou que cada US\$ 1 milhão de investimentos no setor de energia em economias emergentes (como é o caso do Brasil) tem o potencial de gerar de 11 a 23 empregos, como aponta a figura abaixo.

Jobs multiplier

Public infrastructure investment creates more jobs in energy in advanced economies and in water and sanitation in low-income developing countries.

(job content per \$1 million of additional investment)



Sources: Compustat, Orbis and IMF staff calculations.

Aplicando esses multiplicadores de emprego estimados pelo FMI aos dados de investimentos em geração eólica no Brasil em 2011-2020 (US\$ 35,8 bilhões), chega-se a uma estimativa de um total de empregos associados aos efeitos diretos, indiretos e induzidos de 393 mil (limite inferior) a 822 mil (limite superior) no período. Isso corresponderia a algo entre 21 e 44 empregos por MW.

São números significativamente maiores do que aqueles estimados neste trabalho (195,5 mil empregos no acumulado do período 2011-2020), bem como daqueles apontados pela literatura mais específica para o setor eólico (em termos de emprego por MW). Isso provavelmente se deve ao fato de que a estimativa de multiplicador de empregos do FMI se refere ao setor de energia em termos agregados, sem discriminar o tipo de fonte. O investimento em parques eólicos, por ser muito mais intensivo em maquinário/equipamentos do que em estruturas/construção, acaba tendo um multiplicador de PIB e emprego um pouco mais baixo do que outros tipos de investimentos (como em hidrelétricas, por exemplo). Ademais, a estimativa construída neste trabalho é relativamente conservadora, pelos fatores descritos em maior detalhe na nota de rodapé 1.

Contudo, em função do fato de que a métrica tradicional de PIB não capta os aspectos ambientais, que podem afetar o próprio PIB e a geração de empregos no futuro, os números acima acabam representando, na prática, estimativas mais de curto prazo.

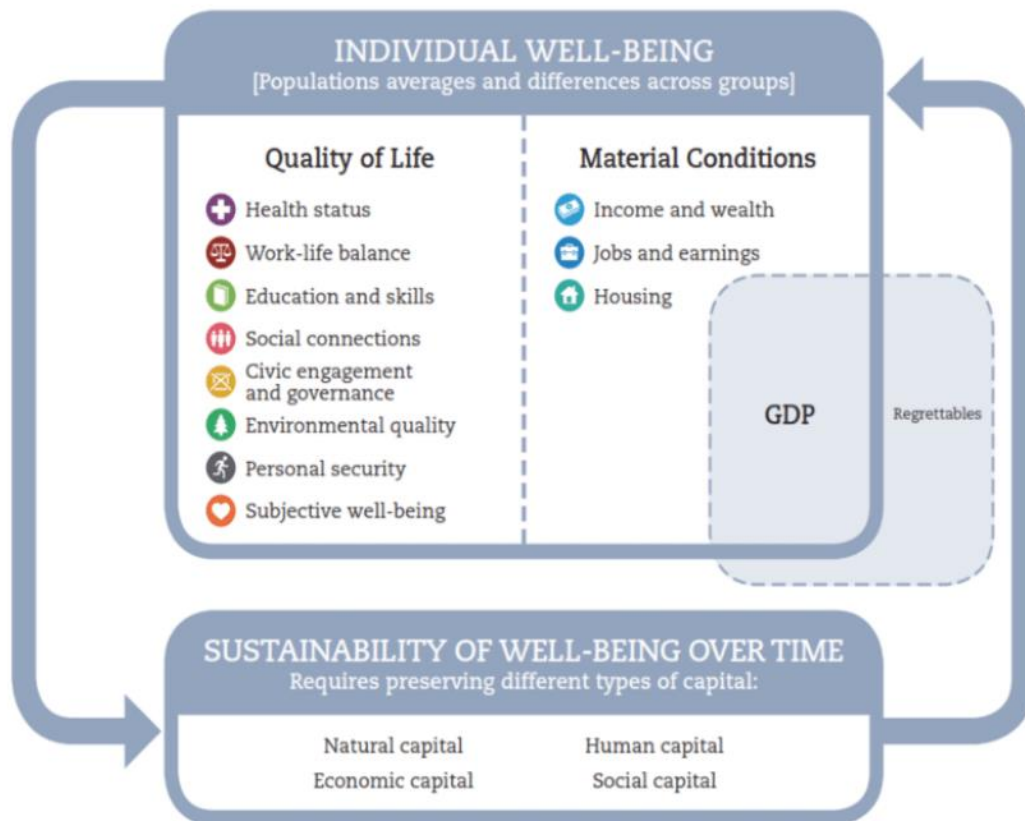
Estimativas dos impactos ambientais associados ao setor eólico no Brasil

A métrica mais tradicional de mensuração do desenvolvimento econômico de um país – o PIB (Produto Interno Bruto) – busca captar o tamanho e a evolução da economia sob várias óticas. O PIB busca avaliar a economia sob a ótica de quem produz (Agropecuária, Indústria, Serviços), ao passo que a DIB (Dispêndio Interno Bruto) mostra como são realizados os gastos (consumo, investimentos etc.). Por fim, a RIB (Renda Interna Bruta) indica como se dá a distribuição funcional da renda (entre salários, juros, lucros e aluguéis). A identidade básica das Contas Nacionais aponta que $PIB = DIB = RIB$ (ainda que diferenças entre eles possam emergir na prática, por conta de erros de medida e omissões). O conceito de PIB é aquele mais acompanhado por geralmente ter divulgação mais frequente (mensal ou trimestral).

Como fica evidente pelo próprio nome do indicador, ele é “bruto”, por não descontar a depreciação do estoque de capital físico pré-existente, por não levar em conta a depleção de recursos naturais finitos e, ainda, por não considerar explicitamente os impactos da atividade econômica sobre o meio ambiente.

Ao não levar em conta o impacto que as atividades produtivas têm sobre o meio ambiente, a métrica de PIB admite, tacitamente, que isso não irá gerar nenhum impacto futuro sobre o próprio PIB. Não obstante, essa é uma premissa equivocada, já que muitas atividades produtivas geram aquilo que se denomina na literatura econômica como externalidades negativas. Tais externalidades, que serão detalhadas a seguir, podem afetar de forma deletéria não somente a própria atividade econômica ao longo do tempo, como também podem fazer com que na prática PIB e bem-estar social apresentem divergência ao longo do tempo.

Como aponta a figura abaixo, preparada pela OCDE no âmbito da iniciativa *Better Life* lançada no começo da década passada, o PIB (e seu “irmão”, o PIB *per capita*) correspondem apenas a uma dimensão do bem-estar das sociedades. A dimensão econômica/material sem sombra de dúvida é muito importante, por diversas razões, mas o ideal é que ela avance sem trazer retrocessos nos demais aspectos, de modo a ser sustentável ao longo do tempo.



De fato, a evolução do conhecimento científico nas últimas décadas levou à constatação de que boa parte das mudanças climáticas que vêm sendo observadas no mundo nos últimos 150 anos é causa pela atividade humana (antropogênica). E as mudanças climáticas e a degradação do meio ambiente podem gerar impactos negativos bastante tangíveis sobre o próprio PIB ao longo do tempo, tais como:

- Redução da produtividade agrícola;
- Redução de disponibilidade de peixes/frutos do mar nos rios e oceanos;
- Perda de capital físico nas regiões costeiras (por conta da elevação do nível dos oceanos);
- Maior ocorrência de eventos climáticos extremos (como furacões e enchentes), que geram danos ao capital físico e humano;
- Impactos deletérios sobre o capital humano (poluição afetando o aprendizado das crianças, a saúde dos adultos, os custos públicos com saúde, dentre outros efeitos);
- Mudanças nos fluxos de turismo;
- Disponibilidade de água potável para consumo humano;
- Migração/Imigração em massa por conta de desertificação/elevação dos níveis dos oceanos (acentuando tensões políticas e geopolíticas);
- Dentre outros.

É nesse contexto que já há algum tempo alguns pesquisadores desenvolveram o conceito de “Custo Social do Carbono”, que tenta quantificar, em termos monetários, os custos gerados pela emissões de gases do efeito estufa (como o próprio dióxido de carbono, o metano, os CFCs, dentre outros). Um economista, em particular, tem se destacado nesse campo de estudo: William Nordhaus, que acabou sendo agraciado, em 2018, com o prêmio Nobel de economia por seu trabalho nessa área.

Para estimar o Custo Social do Carbono, são construídos diversos cenários prospectivos para o PIB dos países, considerando distintos cenários de temperatura e seus impactos sobre a atividade econômica. As diferenças entre tais cenários são trazidas a valor presente e isso gera a estimativa de Custo Social do Carbono, geralmente apresentada em US\$ por tonelada de CO₂ equivalente.

As estimativas de Custo Social do Carbono, além de servirem como um referencial para balizar os chamados “carbon taxes” (tributos introduzidos sobre combustíveis de origem fóssil e atividades que emitem gases do efeito estufa, de modo a desincentivar seu consumo e induzir mudanças tecnológicas), também permitem valorar as emissões físicas de gases de efeito

estufa, tornando mais fácil realizar comparações com as métricas tradicionais de desempenho econômico (como o PIB).

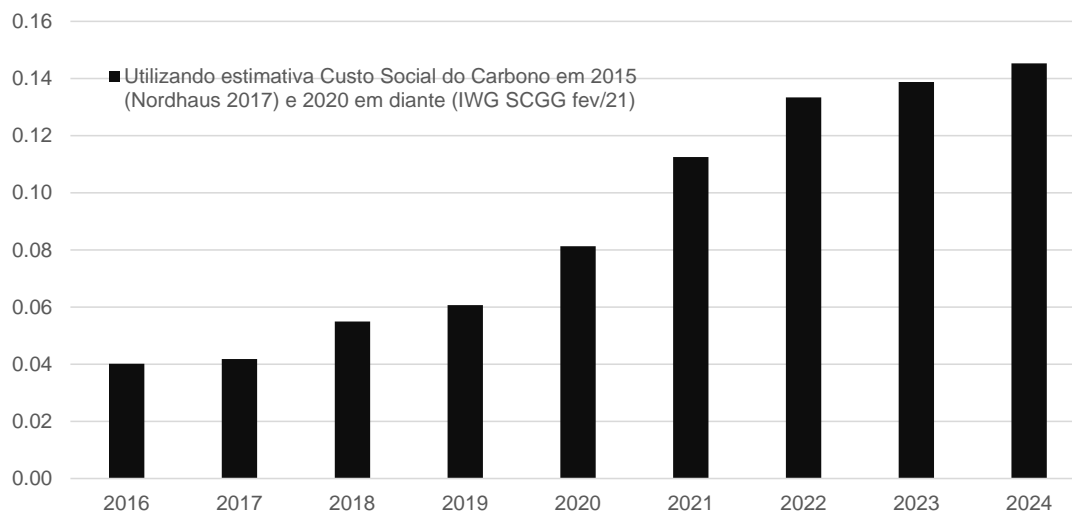
Mohan *et al* 2020, por exemplo, estimaram os custos monetários associados às emissões de material particulado e CO₂ e então internalizaram isso ao cálculo do PIB. Nas contas deles, o PIB mundial líquido desses impactos seria 7% menor em 2018 do que apontam os dados oficiais – uma diferença bastante expressiva. Ademais, há bastante heterogeneidade dentre os países: nos avançados, o PIB oficial seria reduzido em cerca de 7,5%; na China, em 13% (já que boa parte de sua matriz energética ainda é baseada no carvão); e, no Brasil, o impacto seria menor, de cerca de 5% (já que temos uma matriz elétrica bastante limpa, como já apontado anteriormente neste trabalho).

É nesse contexto que a figura abaixo apresenta o valor monetário das emissões evitadas associadas ao setor eólico brasileiro, considerando tanto a construção como também a geração de energia elétrica pelos aerogeradores³. Os valores de emissões evitadas em termos de toneladas de CO₂ equivalente foram estimados pela equipe técnica da ABEEólica⁴. Já as estimativas de Custo Social do Carbono foram obtidas em dois trabalhos: um de autoria de Nordhaus, de 2017 (que estimou esse custo em cerca de US\$ 31 por tonelada em 2015, a preços de 2010) e um trabalho recente do *Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases*, do governo dos Estados Unidos (que estimou esse custo em US\$ 51 em 2020). Os valores entre 2016 e 2019 foram obtidos por meio de interpolação algébrica, ao passo que os valores de 2021 em diante correspondem às projeções do IWG SCGG, atualizadas pelas projeções de consenso mais recentes para a inflação varejista norte-americana (já que as estimativas do IWG SCGG estão a preços de 2020). Para o PIB brasileiro, denominador da figura abaixo, adotamos as projeções de consenso mais recentes captadas pelo levantamento Focus/BCB.

³ Há algumas possíveis externalidades negativas associadas ao setor eólico que não estão sendo consideradas neste estudo, em função da indisponibilidade de estimativas que permitam alguma valoração delas. É o caso, por exemplo, da perda de bem-estar nas localidades onde estão instalados os aerogeradores por conta dos ruídos gerados por tais equipamentos, bem como pela modificação da paisagem natural. Há também os impactos sobre a fauna, especialmente pássaros e morcegos (que podem se chocar contra as pás).

⁴ Essas estimativas foram obtidas com base na média móvel dos últimos 5 anos dos fatores de emissão apresentados no método da análise de despacho do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI).

Valor das emissões de CO2 equivalente evitadas com construção de parques eólicos e com geração de energia eólica no Brasil
Em % do PIB brasileiro. Fontes: diversas. Elaboração própria.



A figura acima aponta que, em 2021, o parque gerador eólico brasileiro também trouxe um benefício valorado em 0,11% do PIB brasileiro – ou R\$ 9,7 bilhões – associado às emissões evitadas de gases do efeito estufa. Esse percentual deverá chegar a 0,14% do PIB brasileiro em 2024, ou R\$ 15,3 bilhões.

Esses valores podem ser interpretados de diversas maneiras: 1) trata-se de uma estimativa de aumento do PIB futuro, brasileiro e mundial, que tem sido propiciado pela geração eólica em território brasileiro; e 2) trata-se de um valor que poderia estar sendo monetizado, ao menos parcialmente, pela sociedade brasileira, no âmbito do mercado de créditos de carbono.

Vale notar, contudo, que as estimativas de Custo Social do Carbono são muito sensíveis às premissas adotadas em sua estimação, como, por exemplo, a taxa de desconto utilizada para trazer os impactos econômicos esperados no futuro a valor presente. Por exemplo: uma mudança relativamente pequena na taxa de juros (de 3% a.a. para 2,5% a.a.) pode fazer com que a estimativa de custo social do carbono passe de US\$ 51 por tonelada para US\$ 76 (em 2020). Ademais, alguns analistas apontam que a calibragem dos *carbon taxes* utilizando como referência as estimativas de Custo Social do Carbono não necessariamente geram o incentivo necessário para que os agentes econômicos efetivamente mudem seus hábitos e tecnologia de modo a viabilizar as trajetórias de descarbonização definidas no Acordo de Paris de 2015.

É nesse contexto que resolvemos apresentar, adicionalmente, uma outra valoração das emissões evitadas de gases de efeito estufa associadas ao setor eólico brasileiro. A figura abaixo apresenta essa valoração utilizando o valor efetivamente praticado no mercado de carbono europeu, no âmbito do EU ETS (*Exchange Trade System*), que existe desde 2005 e que define limites de emissões para as empresas, bem como um sistema de comércio de emissões para

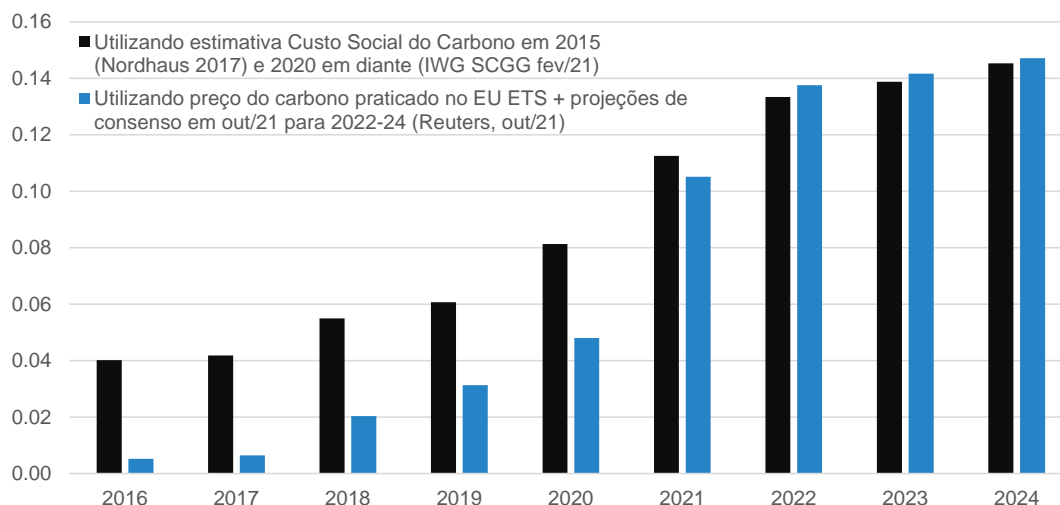
que os agentes negociem entre si os créditos de carbono (arcabouço que é conhecido em termos genéricos como “cap and trade system”). Portanto, trata-se de uma cotação de mercado, que reflete transações efetivas de compra e venda desse ativo intangível. A figura abaixo mostra a evolução da cotação diária da tonelada de CO2 equivalente negociada nesse mercado (em Euros).



Como pode ser notado, até 2019 a cotação efetivamente praticada se situou na maior parte do tempo abaixo das estimativas de Custo Social do Carbono. Contudo, com a ampliação do EU ETS e definição de metas ainda mais agressivas de descarbonização na Europa (no âmbito da chamada fase 4, iniciada em 2021 e que vai até 2030), os preços subiram expressivamente mais recentemente, aproximando-se, na ponta, de US\$ 100/tonelada (85 Euros).

A figura abaixo compara a valoração das emissões evitadas pelo setor eólico brasileiro realizada com as estimativas de Custo Social do Carbono com aquelas que levam em conta os preços praticados no EU ETS (bem como as projeções de consenso para esse preço até 2024 levantadas pela Reuters).

Valor das emissões de CO2 evitadas com construção de parques eólicos e com geração de energia eólica no Brasil
Em % do PIB brasileiro. Fontes: diversas. Elaboração própria.



Como pode ser notado, embora as diferenças tenham sido grandes até 2020, há um alinhamento entre as duas valorações de 2021 em diante. No acumulado de 2016 a 2024, o setor eólico brasileiro terá evitado emissões de gases do efeito estufa valoradas entre R\$ 59,3 bilhões (preço do carbono do EU ETS) e R\$ 70,7 bilhões (usando as estimativas de Custo Social do Carbono). São cifras expressivas, que não estão refletidas nos dados correntes de PIB e emprego, mas que representam ganhos importantes de PIB, emprego e bem-estar nos próximos anos e décadas, para o Brasil e para o mundo.

Esses números não podem ser ignorados no debate público e muito menos na formulação das políticas públicas, na medida em que eles permitem diferenciar de forma mais objetiva, por exemplo, investimentos em geração de energia que podem parecer, a princípio, semelhantes em termos de custos monetários e capacidade de geração (eólicas vs térmicas movidas as combustíveis de origem fóssil, por exemplo).

Considerações finais

O setor eólico no Brasil, que era praticamente inexistente há 10-15 anos, hoje já responde por cerca de 10% da geração de eletricidade no Brasil. E isso pode aumentar significativamente nos próximos anos e décadas, levando em conta os investimentos já contratados e enorme potencial de expansão dessa fonte no Brasil - que é quase “infinito” (considerando a geração *onshore* e a *offshore*).

Isso posiciona a economia brasileira de forma bastante favorável no processo de transição energética associada à agenda de descarbonização e mitigação das mudanças climáticas, em um contexto no qual a Agência Internacional de Energia (IEA) estima que será necessário que o percentual de geração de eletricidade mundial proveniente de fontes eólicas e fotovoltaicas passe dos 10% atuais para cerca de 70% até 2050 para zerar as emissões líquidas de gases de efeito estufa.

Mas os benefícios associados ao setor eólico vão muito além da ampliação da capacidade de geração de energia de fontes renováveis e da necessária diversificação da matriz elétrica brasileira, ainda muito dependente da hidroeletricidade (em um contexto no qual as precipitações desde 2012 têm se situado quase 20% abaixo da média dos últimos 40 anos, devendo recuar ainda mais nas próximas décadas).

Os investimentos de R\$ 110,5 bilhões executados entre 2011 e 2020 na construção dos parques eólicos no Brasil geraram um acréscimo de PIB de aproximadamente R\$ 321 bilhões nesse período, de acordo com as estimativas elaboradas neste trabalho. Tais valores levam em conta além dos investimentos propriamente ditos, os efeitos indiretos e induzidos associados a essas inversões. Isso, por sua vez, levou à criação de 195,5 mil postos de trabalho, ou 10,7 empregos por MW instalado. Ademais, a operação e manutenção desses parques tende a gerar, de forma permanente, cerca de 0,6 emprego por MW instalado. A energia elétrica gerada pelos parques eólicos brasileiros, por sua vez, tem um valor adicionado que equivaleu, em 2020, a 0,15% do PIB (ou quase R\$ 11 bilhões).

Não obstante, em função de a métrica tradicional de PIB não internalizar monetariamente os custos ambientais associados às diversas atividades econômicas, os quais podem afetar o próprio PIB e a geração de empregos no futuro, os números acima acabam representando, na prática, estimativas mais de curto prazo desses impactos econômicos.

A partir de estimativas do chamado Custo Social do Carbono, bem como dos preços efetivamente praticados no mercado de carbono europeu (EU ETS, que existe desde 2005), estimamos que as emissões evitadas de gases de efeito estufa associadas ao setor eólico brasileiro alcançam um valor situado entre R\$ 59,3 bilhões e R\$ 70,7 bilhões no período 2016-2024. São cifras expressivas, que não estão refletidas nos dados correntes de PIB e emprego, mas que representam ganhos importantes de PIB, emprego e bem-estar nos próximos anos e décadas, para o Brasil e para o mundo. Desse modo, esses números não podem ser ignorados no debate público e muito menos na formulação das políticas públicas.

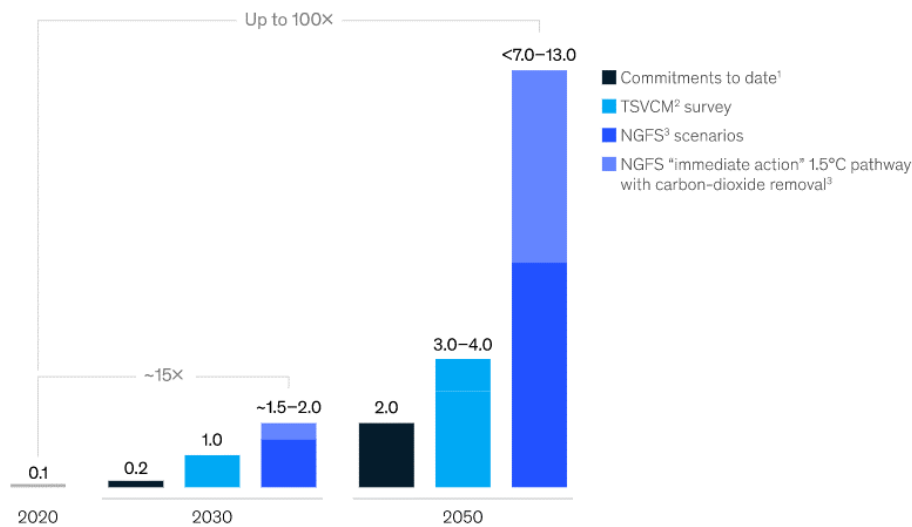
Com efeito, o setor eólico está associado a diversas oportunidades de desenvolvimento econômico sustentável para a economia brasileira, a começar pela possibilidade de reduzir significativamente os riscos de suprimento de eletricidade - um “fantasma” que vem

assombrando a economia brasileira pelo menos desde 2012 e que explica parte importante de nossa década perdida/frustrada em 2012-2021.

Por fim, a elevada competitividade do setor eólico no Brasil pode viabilizar a participação de nosso país em mercados ainda relativamente incipientes, mas que devem crescer exponencialmente nos próximos anos, tais como o mercado de créditos de carbono (algo que também demanda mudanças em outras áreas, como na política ambiental) e o de hidrogênio verde (isto é, o hidrogênio produzido a partir de fontes “limpas” de energia). Levantamento recente da McKinsey aponta que o mercado de créditos de carbono global pode crescer até 15x nos próximos 10 anos e até 100x até 2050, como aponta a figura abaixo. Estudo da BloombergNEF publicado em meados de 2021 coloca o Brasil como o mais competitivo na produção do hidrogênio verde ao longo desta década, muito por conta do elevado potencial de geração de eletricidade a partir de fontes eólicas e fotovoltaicas (ver figura seguinte).

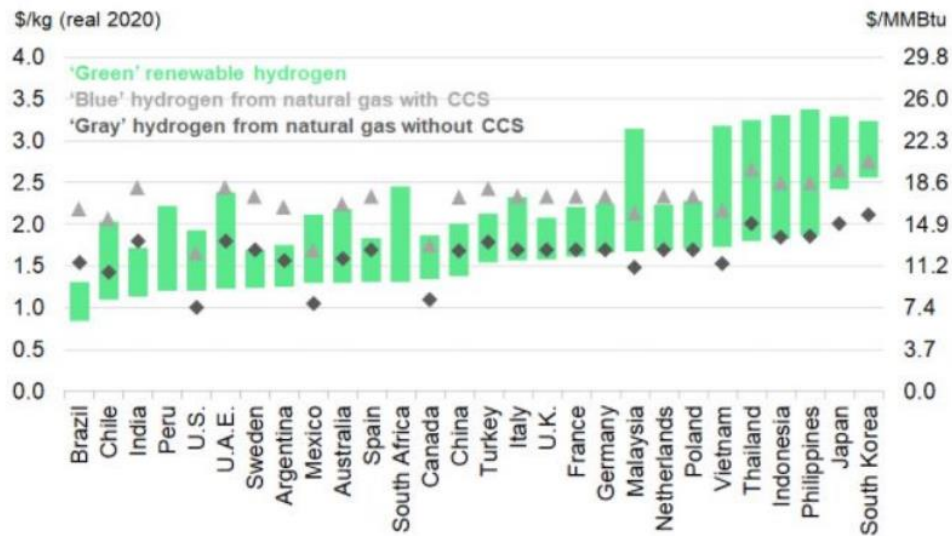
Global demand for voluntary carbon credits could increase by a factor of 15 by 2030 and a factor of 100 by 2050.

Voluntary demand scenarios for carbon credits, gigatons per year



¹These amounts reflect demand established by climate commitments of more than 700 large companies. They are lower bounds because they do not account for likely growth in commitments and do not represent all companies worldwide.
²TSVCM = Taskforce on Scaling Voluntary Carbon Markets. These amounts reflect demand based on a survey of subject-matter experts in the TSVCM.
³NGFS = Network for Greening the Financial System. These amounts reflect demand based on carbon-dioxide removal and sequestration requirements under the NGFS's 1.5°C and 2.0°C scenarios. Both amounts reflect an assumption that all carbon-dioxide removal and sequestration results from carbon credits purchased on the voluntary market (whereas some removal and sequestration will result from carbon credits purchased in compliance markets and some will result from efforts other than carbon-offsetting projects).
Source: NGFS; TSVCM; McKinsey analysis

'Green' versus 'blue' hydrogen costs, 2030



Source: BloombergNEF

Note: Assumes our optimistic electrolyzer cost scenario. Renewable H2 cost range reflects a diversity of electrolyzer types, from Chinese alkaline (low) to PEM (high). Assumes equal CCS costs in all countries.

Referências bibliográficas

ABEEólica 2021. "InfoVento 24", 18/01/2022.

Aldieri, L.; Grafström, J.; Sundström, K. & Vinci C.P. 2019. "Wind power and job creation". Sustainability 2020, 12(1), 45.

Batini, N.; Di Serio, M.; Fragetta, M.; Melina, G. & Waldron, A. 2021. "Building Back Better: how big are green spending multipliers?". IMF Working Paper 21/87.

Borges, B. 2021. "Chuvas muito abaixo da média desde 2012 subtraíram 1,6 p.p. ao ano, em média, do PIB brasileiro nos últimos 10 anos". Blog do IBRE, 11/11/2021.

Bloomberg NEF 2021. "Green hydrogen to outcompete blue everywhere by 2030", publicado em 05/05/2021.

Di Pace, F.; Juvenal, L. & Petrella, I. 2020. "Terms-of-trade are not all alike". IMF Working Paper 20/280.

GO Associados 2020. "Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil", publicado no site da ABEEólica.

GWEC 2021. "Wind can power 3.3 million jobs over the next five years". April 2021.

International Energy Agency (IEA) 2021. "Net zero by 2050 – A roadmap for the global energy sector". May 2021.

Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government (IWG SCGG, USA) 2021. "Technical Support Document: Social Cost of Carbon, Methane, and Nitrous Oxide Interim Estimates under Executive Order 13990". February 2021.

McKinsey 2021. "A blueprint for scaling voluntary carbon markets to meet the climate challenge", publicado em janeiro de 2021.

Mohan, A.; Muller, N.; Thyagarajan, A.; Martin, R.; Hammer, M. & van Donkelaar, A. 2020. "The growth of nations revisited: global environmental accounting from 1998 to 2018". NBER Working Paper 27398.

Moszoro, M. 2021. "The direct employment impact of public investment". IMF Working Paper 21/131.

Nordhaus, W. 2017. "Revisiting the social cost of carbon". Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS).

OECD - Better life initiative. Múltiplos acessos.

The World Bank 2019. "Going global: expanding offshore wind to emerging markets".

The World Bank – Climate Change Knowledge Portal. Múltiplos acessos.