

Impacto socioeconômico dos parques eólicos: uma avaliação para políticas públicas*

Diego Camargo Botassio[†]
Rodolfo Gomes Benevenuto[‡]
Felipe de Sá Tavares[§]

RESUMO

Este artigo analisa o impacto socioeconômico da construção dos parques eólicos nos municípios do Nordeste brasileiro. Do ponto de vista das políticas públicas, esse tipo de análise é de fundamental importância para: i) aprimorar o monitoramento de resultados dos projetos, e; ii) fundamentar a análise de viabilidade de futuros projetos, sobretudo mostrando quantitativamente seus impactos econômicos induzidos. Os resultados indicam aumento do emprego formal e por setor de atividade nos municípios que implementaram parques eólicos. Os efeitos no emprego são verificados mesmo após o período de construção dos parques. Verifica-se, também, efeito positivo no PIB dos municípios e no nível educacional. No Brasil, o planejamento energético é significativamente determinado por ferramentas computacionais que utilizam parâmetros como premissas. Tais modelos, determinantes para decisões estratégicas relacionadas a expansão da geração, ainda não consideram explicitamente os custos e benefícios socioeconômicos, bem como os impactos indiretos e externalidades provocados por tais investimentos. Avaliações *ex post* retroalimentam esses parâmetros dos modelos para decisões estratégicas de políticas públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Energia; Avaliação de impacto; Políticas públicas.

ABSTRACT

This article analyzes the socioeconomic impact of wind farms in municipalities in the Brazilian Northeast. From a public policy point of view, this analysis is fundamental to i) improve the monitoring of project results, and; ii) support the feasibility analysis of future projects, showing quantitatively their wider economic impacts. The results indicate an increase in total formal employment and by sector of activity in the municipalities that implemented the wind farms. The effects on employment are verified even after the construction period. There is also a positive effect on the GDP of the municipalities and on the educational level. In Brazil, energy planning is significantly determined by computational tools that use parameters as assumptions. Such models are the key point for strategic decisions related to the expansion of energy generation, but they still do not explicitly consider the socioeconomic costs and benefits, as well as the indirect impacts and externalities caused by such investments. Ex-post evaluations are essential for feedback on the parameters in the analysis for strategic public policy decisions.

KEYWORDS: Energy; Impact evaluation; Public policies.

Área 5 - Economia do Setor Público

JEL: J18; O13; Q42; J21

*As análises e opiniões expressas neste artigo são de responsabilidade exclusiva dos autores, não refletindo necessariamente a opinião das instituições dos autores.

[†]Coordenador-Geral de Inteligência Econômica, Ministério da Economia. E-mail: diegocbotassio@gmail.com.

[‡]Subsecretário de Inteligência Econômica e de Monitoramento de Resultados, Ministério da Economia.

[§]Consultor econômico, FT Economics.

1 Introdução

Em 2004, o Pacto Global da ONU, em parceria com o Banco mundial, buscou as maiores instituições financeiras do mundo para provocá-las em um debate sobre como integrar temas ambientais, sociais e de governança na agenda do mercado de capitais, surgindo o então conhecido slogan ESG (IFC, 2004). O termo ESG é a junção das iniciais de *environment* (meio ambiente), *social* (social) e *governance* (governança). Desta maneira, ESG pode ser entendido como uma instrução geral para as empresas considerarem esses três aspectos em suas ações, buscando mitigar impactos negativos das más práticas e potencializar que os impactos positivos que melhores práticas nestes aspectos tanto para as corporações quanto para a sociedade. (ONU, 2021). De forma análoga às empresas, o mesmo conceito é aplicável para os Governos nas elaborações de suas políticas públicas, tornando-as adequadas a pauta ESG.

Há décadas os países têm se mobilizado para promover políticas de redução de emissões de gases de efeito estufa, ou seja, endereçando o aspecto meio ambiente do termo ESG. São exemplos dessas mobilizações ambientais a Conferência de Estocolmo (1972), a ECO-92 e a Conferência Mundial de Mudanças Climáticas (COP21). A empreitada dos países em busca de um modelo econômico menos intensivo em carbono está inserida em um contexto mais amplo e de extrema urgência, o combate às mudanças climáticas. Segundo estudo do Swiss Re Institute, mesmo que as metas do acordo de Paris sejam atingidas, o PIB mundial poderá ter uma perda de 4% e caso nada seja feito essa perda pode chegar a 18% (Swiss Re Institute, 2021).

Em escala global, o grande desafio está nas emissões relacionadas a fontes de energia, pois o setor de energia representa cerca de 71% das emissões mundiais quando considerado produção de energia, aquecimento e transportes (Ritchie, Roser e Rosado, 2020). Segundo dados da Empresa de Planejamento Energético (EPE), em 2019 as emissões do setor de energia brasileiro, seja consumindo ou produzindo, foi de 2 t de CO₂-eq por habitante, representando 1/7 do valor americano e 1/3 do Europeu (EPE, 2020). A relativa baixa emissão do Brasil em sua geração de energia elétrica é principalmente devida a maior participação de fontes renováveis em sua matriz energética.

Em 2019 o Brasil possuía 46,1% da sua matriz composta por fontes renováveis, enquanto que a média mundial é de 13,9% e dos países da OCDE de 10,8% (EPE, 2020). Os esforços do Brasil em aumentar a participação de energias renováveis em sua matriz não são pequenos. No caso da fonte eólica, em 2010 a potência instalada de fonte eólica no país era de 931,8 MW e em 2020 era de 17.765,6 MW, podendo chegar a 24.200 MW em 2024 (Sampaio e Batista, 2021). Verifica-se, nesse sentido, que o Brasil possui uma vantagem comparativa em relação aos seus pares internacionais no que tange ao desafio do desenvolvimento econômico carbono neutro.

No caso da produção de energia eólica, a maior parte do parque produtivo é instalado no Nordeste, somando 77,6% da potência total outorgada em operação no Brasil. Considerando os projetos em construção e os autorizados para construção, essa relação passa para 80,4% (Sampaio e Batista, 2021). Os dados apresentados sugerem um comprometimento do Brasil na busca por manter a sua matriz energética renovável para os próximos anos, mostrando o compromisso com o aspecto “E” no que tange à produção de energia. Contudo, para além da pauta ambiental, é fundamental também avaliar-se como a busca por uma matriz energética ainda mais renovável pode também agregar benefícios socioeconômicos induzidos de desenvolvimento regional, diretamente relacionados ao aspecto “S” da agenda ESG.

Este artigo pretende analisar o impacto socioeconômico da construção dos parques eólicos nos municípios do Nordeste brasileiro. Do ponto de vista das políticas públicas, esse tipo de análise é de fundamental importância para: i) aprimorar o monitoramento de resultados dos projetos que possuam algum tipo de subsídio tarifário ou outro incentivo fiscal, e; ii) para melhor fundamentar a análise de viabilidade de futuros projetos, sobretudo mostrando quantitativamente seus impactos econômicos induzidos. Como será demonstrado, além dos impactos causados na operação das usinas, a implantação de um parque eólico também gera efeitos sobre variáveis socioeconômicas nas localidades em que foram construídas.

Além da presente introdução, este artigo inclui uma seção dedicada a apresentação do modelo e dados utilizados, seguida pela apresentação dos resultados e uma discussão sobre a importância da aplicação desse tipo de análise para as políticas públicas e projetos de infraestrutura. Por fim, conclui-se com considerações para políticas públicas.

2 Revisão de Literatura

Conforme introduzido anteriormente, a energia eólica tem ganhado espaço na matriz energética brasileira nos últimos anos, elevando a sua participação na potência instalada do país. Esse fato, além de estar em linha com objetivos ambientais nacionais e internacionais de desenvolvimento neutro em carbono, pode também ter estar alinhado com objetivos de desenvolvimento socioeconômico e redução de pobreza. Isso ocorre uma vez que os projetos brasileiros de usinas eólicas, além de terem impactos econômicos significativos, estão majoritariamente localizados na região Nordeste, que possui a maior concentração de população abaixo da linha da pobreza no Brasil (IBGE, 2022). Nesse contexto, esta seção apresenta um breve panorama sobre relação entre a implementação de empreendimentos de geração de energia eólica e seus efeitos socioeconômicos.

Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020) analisaram os impactos que a instalação das usinas eólicas no Nordeste brasileiro tiveram sobre a massa salarial local, estimando o efeito médio sobre os tratados. Os autores analisaram todos os municípios da região Nordeste, considerando 2013 como ano base para o tratamento. Foram testados diferentes grupos de controle, utilizando municípios onde já havia projetos aprovados mas ainda não em construção e considerando todos os municípios do Nordeste. Com os controle feitos, os autores encontraram que as massas salariais nos setores de construção, transporte e logística são maiores nos municípios com usinas em operação ou construção, na magnitude de 11% para construção e 9% para os demais setores. Apesar de aumento na massa salarial, não foram encontrados diferença estatística entre os grupos para o número de empregos.

Greene e Geisken (2013) analisaram os impactos locais na região de Weatherford em Oklahoma/USA. Através de análises multifatoriais, os autores encontraram que a implantação do projeto na região é benéfica economicamente para a atividade local, sobretudo se este projeto tiver uma elevada demanda por insumos produzidos localmente. Além de análises econômicas, os autores conduziram entrevistas nas comunidades locais, buscando analisar a percepção da população sobre os benefícios da atividade eólica. De forma, geral, os resultados da pesquisa qualitativa evidenciaram que a população local teve a percepção de aumento nas receitas tributárias locais que geraram investimentos em educação, saúde e infraestrutura urbana, além de mostrar uma sensação de maior prosperidade e segurança local.

Vasconcellos e Couto (2021) analisaram por um modelo interregional de insumo-produto os impactos socioeconômicos de projetos de energia eólica no Nordeste brasi-

leiro. Utilizando a matriz interregional estimada pelo NEREUS-USP de 2011, os autores calcularam os efeitos diretos, indiretos e induzidos dos volumes investidos em CAPEX. Segundo os autores, considerando os valores somados de investimentos executados e previstos entre 2020 e 2024, totalizando R\$ 5,3 Bilhões, o potencial de retorno total para a região Nordeste é R\$ 15 Bilhões. Deste modo, os autores pontuam que o incentivo à instalação de parques eólicos no Nordeste brasileiro é um importante vetor de desenvolvimento socioeconômico local.

Blanco e Rodrigues (2009) analisaram os impactos sobre empregos da implantação de parques eólicos na União Europeia. Os autores destacam que as empresas locais são as principais fornecedoras de mão de obra e serviços das plantas eólicas, evidenciando o impacto local. Neste sentido, os autores apontam que há grandes indícios de concentração local dos impactos e que o principal setor beneficiado é o setor industrial. Contudo, Simas e Pacca (2014) alertam que a maior parte dos empregos gerados é gerado no momento da implantação do projeto.

3 Modelo e dados

Para medir o efeito de um programa ou intervenção, existem diversos métodos/modelos disponíveis [ver, por exemplo, Heckman e Leamer (2007) e Menezes-Filho e Pinto (2017)]. Usualmente, a escolha do método depende de como foi feito o design do programa, ou seja, como foram determinados os grupos de controle e de tratamento. A metodologia de experimento aleatório é, frequentemente, considerada a mais adequada para determinações de inferências causais em estudos de avaliação de impacto. No entanto, esse modelo raramente é empregado para programas ou projetos de infraestrutura, evidentemente, devido aos custos da implementação e das características que determinam os indivíduos em cada grupo (que muitas vezes não podem ser aleatorizados).

A avaliação de impacto de projetos de infraestrutura exige maiores esforços dos avaliadores e dos formuladores de políticas públicas, uma vez que a construção do grupo contrafactual é mais difícil e há um menor número de avaliações, comparado a áreas como saúde e educação (Estache, 2010). Quando há dados em painel (coorte transversal e temporal) para dois períodos, um anterior ao tratamento e outro posterior, o modelo de diferenças em diferenças é utilizado. Esse é, indubitavelmente, um dos modelos mais utilizados na literatura para o setor de infraestrutura devido à sua robustez.

Neste artigo, utiliza-se um modelo mais geral que o diferenças em diferenças, que permite controlar as variáveis de interesse não somente em dois períodos (inicial e final), mas quando há disponibilidade de mais anos. Esse modelo mais geral, conhecido como modelo de Efeitos Fixos, é mais apropriado quando as unidades de tratamento ocorrem de maneira gradual, como é o caso das instalações de usinas eólicas no Nordeste brasileiro. A análise apresentada é, por fim, complementada por um exercício de robustez para se avaliar a intensidade e direção do efeito estimado utilizando-se uma amostra mais restrita e a metodologia de diferenças em diferenças do tipo *staggered*.

3.1 Modelo

Seja y_{mt} uma variável de interesse (emprego, salário ou escolaridade, por exemplo) para o município m ($m = 1, \dots, M$) no ano t ($t = 1, \dots, \tau$). Ao analisar o impacto da existência de pelo menos uma unidade geradora de energia eólica no município sobre a variável y , devemos considerar dois fatores: primeiro, uma variável binária T_{mt} que mede

a presença de uma unidade geradora de energia eólica em m em t ; segundo, um vetor de variáveis \mathbf{x}_{mt} que tenham efeito sobre y_{mt} . Dessa maneira, $y_{mt} = f(\mathbf{x}_{mt}, T_{mt})$. A expansão linear dessa equação é

$$y_{mt} = \alpha + \mathbf{x}_{mt}\boldsymbol{\beta} + \gamma T_{mt} + u_{mt}. \quad (1)$$

Entretanto, a eq. (1) não leva em consideração que as variáveis do vetor \mathbf{x} podem mudar com o tratamento. Dessa maneira, uma expansão linear mais apropriada da expressão $y_{mt} = f(\mathbf{x}_{mt}, T_{mt})$ deve considerar a interação entre esses termos. Essa expansão será

$$y_{mt} = \alpha + \mathbf{x}_{mt}\boldsymbol{\beta} + \gamma T_{mt} + (\mathbf{x}_{mt} \times T_{mt})\boldsymbol{\delta} + u_{mt}. \quad (2)$$

Caso todas as variáveis \mathbf{x}_{mt} estejam disponíveis, a estimação consistente dos parâmetros $\boldsymbol{\beta}$, $\boldsymbol{\delta}$ e γ da eq. (2) pode ser feita pelo método de mínimos quadrados. Entretanto, na presença de alguma variável omitida (que estaria em ε^*) correlacionada com as variáveis independentes, levaria a estimativas tendenciosas dos parâmetros da equação.

Para estimação consistente do efeito do tratamento, é necessária uma especificação que leve em consideração essas variáveis omitidas correlacionadas. A melhor alternativa é a inclusão de variáveis binárias para município. Essas variáveis captariam os efeitos fixos dos municípios invariantes no tempo. Por essa razão, esse modelo é denominado de Efeitos Fixos (EF) e matematicamente, utilizando a expressão eq. (2), é

$$y_{mt} = \alpha_m + \mathbf{x}_{mt}\boldsymbol{\beta} + \gamma T_{mt} + (\mathbf{x}_{mt} \times T_{mt})\boldsymbol{\delta} + \varepsilon_{mt} \quad (3)$$

Caso o modelo (3) seja especificado incondicionalmente ou com \mathbf{x}_{mt} normalizado como desvios em relação à sua média (o que não modificaria $\boldsymbol{\beta}$), γ é o efeito médio de tratamento (*ATE*, sigla para *Average Treatment Effect*) da presença dos parques geradores de energia eólica. O parâmetro $\boldsymbol{\delta}$ mede como esse efeito varia entre os municípios e ε_{mt} é um termo de erro idiossincrático. Essa equação produz estimativas consistentes para os parâmetros do modelo (desde que não haja variáveis relevantes que variam por município no tempo) e, segundo Wooldridge (2010), é por essa razão que o modelo de Efeitos Fixos é superior a outros para aplicações quando a participação em um programa é determinada por atributos pré-programa que também afetem y . A especificação (3) ainda permite identificar o efeito dos parques eólicos somente para os municípios que receberam o tratamento (*ATT*, sigla para *Average Treatment Effect on the Treated*). Esse efeito é $\gamma + \bar{\mathbf{x}}\boldsymbol{\delta}$, em que $\bar{\mathbf{x}}$ é a média dos controles somente para o grupo de tratados. Na seção de resultados ambas abordagens, do tratamento sobre os tratados e sobre os não tratados, serão analisadas. Evidentemente, na presença de efeitos *spillover* que afetem de maneira igualitária os grupos de controle e tratamento, $ATE = ATT$.

Embora os formuladores de políticas estejam interessados na consistência das estimativas dos parâmetros, caso não exista heterogeneidade entre os municípios, as estimativas do modelo de Efeitos Fixos seriam consistentes, porém ineficientes (i.e. não possuiriam variância mínima). Isso tem implicações para a inferência estatística e um teste de Hausman indicaria se o modelo deve incluir os efeitos fixos ou não (modelo de Efeitos Aleatórios). É claro que a decisão de instalação de parque eólicos nos municípios não é tomada por quesitos aleatórios, pois dependem da intensidade e frequência do vento no município, área disponível, etc. Esse é mais um indicativo que, para projetos de infraestrutura, modelos de Efeitos Fixos são os mais indicados.

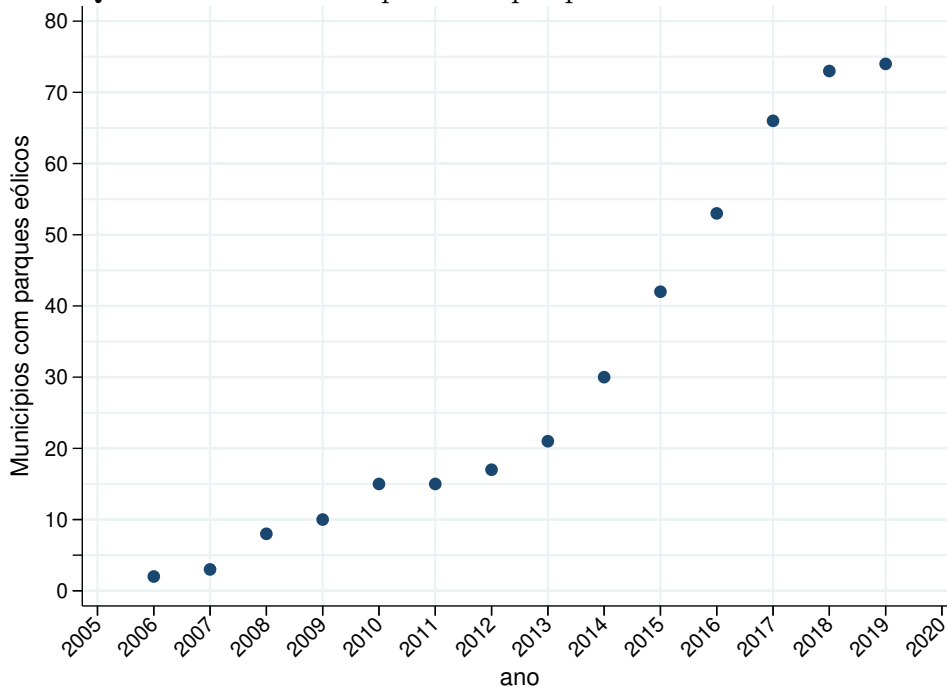
Evidentemente, as variáveis que compõem o vetor \mathbf{x} podem ser gradativamente modificadas para se verificar a robustez dos parâmetros analisados. É comum que esse vetor inclua variáveis binárias para período para captar efeitos fixos de anos (nesse caso, o

modelo se chama *two-way fixed effect*) ou até mesmo uma variável de tendência. Várias dessas especificações serão utilizadas ao longo deste artigo. Para maiores informações sobre a robustez desse método na avaliação de impacto, ver Wooldridge (2010) e Glewwe e Kassouf (2012).

Note que nas eqs. (2) e (3), quando $\tau = 2$, ou seja, dois períodos, e o vetor \mathbf{x} incluir uma binária para período, esse modelo é o diferenças em diferenças tradicional. Por isso o modelo de Efeitos Fixos é mais geral, pois, ao considerar mais períodos de tempo, possibilita o tratamento gradual das unidades analisadas (municípios) e elimina os efeitos fixos de municípios e tempo.

Por fim, para os casos em que o grupo de tratamento é suficientemente grande e possui intervenções bem distribuídas temporalmente, um teste de robustez pode ser aplicado utilizando-se o método de diferença em diferenças do tipo *staggered* (Abadie e Cattaneo, 2018; Goodman-Bacon, 2018). Trata-se de uma abordagem ainda mais criteriosa no que diz respeito da seleção de amostras que são realmente tratáveis do ponto de vista de requisitos técnicos de engenharia. Isso ocorre porque nessa metodologia a estimação do impacto é feita a partir de um único grupo amostral no qual todas as unidades são tratadas em algum instante, mas em momentos distintos do período analisado. Esse escalonamento temporal do tratamento pode ser observado na Figura 1.

Figura 1: Quantidade de municípios com parques eólicos no Nordeste do Brasil.



Fonte: Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica (Sigel/Aneel)

3.2 Dados

Neste artigo é conduzida uma análise para municípios do Nordeste. Este recorte se justifica, pois, é nessa região que existe a maior parte de parques eólicos do país. O recorte temporal é de 2006 a 2019, dado que é a partir de 2010 que se intensifica a presença de parques eólicos entre os municípios nessa região. Em 2019, dos 1.794 municípios do

Nordeste, 74 deles possuíam pelo menos uma unidade aerogeradora de energia eólica. Anterior a 2006, somente no município de Aquiraz (CE) havia um parque eólico que iniciou a operação comercial em fevereiro de 1999, com 20 aerogeradores e 10.000 kW de potência outorgada. Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2020), a produção de energia eólica assume a segunda posição na matriz elétrica e em uma década a capacidade instalada passou de 600MW para 15,45 GW.

A variável mais importante deste artigo é identificação do município e o ano em que um parque eólico entrou em funcionamento. Para essas informações, são coletados dados do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica (Sigel/Aneel). Essa base apresenta a data de início da operação comercial dos parques eólicos nos municípios, além de informações como a capacidade outorgada/instalada, quantidade de aerogeradores e informações georreferenciais dos parques. Além dos parques que já estão em funcionamento, a base também apresenta informações para parques em outros estágio de implementação. Essa informação poderá ser útil para uma agenda futura de pesquisa na área de avaliação de impactos dos projetos de infraestrutura dos parques eólicos.

Diversos artigos na literatura apresentam os controles necessários para a análise de impacto de usinas eólicas [por exemplo, Zhang et al. (2015), Zhao et al (2016) e Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020)]. É importante lembrar que, como o modelo é de efeitos fixos, as variáveis de controle devem variar no tempo para cada unidade de tratamento. Ou seja, não se deve incluir área do município ou outra variável que seja constante.

Uma variável importante para captar influência de investimentos nos municípios é a associação partidária do prefeito com a do presidente. Caso exista a mesma associação partidária, é esperado que haja influência positiva de investimentos no município. Para essa variável, é construída uma binária que assume valor um se o prefeito possui o mesmo partido que o presidente e valor zero caso contrário. Os dados sobre o partido do prefeito eleito foram obtidos no site do Tribunal Superior Eleitoral (TSE) para as eleições de 2004, 2008, 2012 e 2016.

Outra informação de caráter político é nível de despesa do município. Esses dados foram obtidos através das Finanças Municipais da Secretaria do Tesouro Nacional (Finbra/STN). Informações sobre a população dos municípios são disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

São consideradas várias variáveis dependentes relacionadas ao nível de emprego. Elas são variáveis socioeconômicas, como nível de emprego em determinado setor, que são afetadas pela presença dos parques eólicos. Essas variáveis foram construídas a partir da Relação Anual de Informações Sociais (Rais), divulgada pelo Ministério da Economia (ME). Para cada municípios são coletadas informações sobre a quantidade de empregados nos setores da agricultura, indústria, construção e comércio, além da quantidade de ocupados no município. Os setores de atividade são identificados através da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (Cnae 2.0). Também são calculadas três variáveis para níveis de escolaridade. A primeira para que indica o número de trabalhadores com pelo menos ensino elementar completo; outra para ensino médio completo; e, por fim, uma para trabalhadores com ensino superior. Segundo Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), é importante a análise do tamanho dos estabelecimentos, pois, em geral, obras de infraestrutura são feitas por empresas de grande porte. Assim, são incluídos como controles variáveis relacionadas ao tamanho dos estabelecimentos dos empregados, considerando três tamanhos de estabelecimentos: pequenos (até 49 empregados); médios (de 50 a 499); e grandes (500 ou mais). A Rais ainda disponibiliza o rendimento no mês de dezembro

dos trabalhadores.

Como variável explicada também é utilizado o Produto Interno Bruto (PIB) dos municípios, divulgado pelo IBGE. A série de dados do PIB municipal é de 2006 a 2018, pois os dados para 2019 ainda não estão disponíveis. Os valores monetários desse artigo (despesa corrente dos municípios, rendimento dos trabalhadores e PIB municipal) são inflacionados para valores de dezembro de 2019, utilizando o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA/IBGE).

A concatenação dos dados disponíveis por todas essas bases de dados possibilita a análise de um longo painel (grande amostra) com 14 anos ($\tau = 14$) e 1.794 municípios ($M = 1.794$).

4 Resultados e discussões

Nesta seção são feitas análises de várias especificações. Antes, é importante ressaltar a diferença entre as taxas de variação do crescimento do emprego nas regiões que receberam tratamento e as que não receberam. A diferença nessas taxas resalta a importância da avaliação do efeito do programa sobre o emprego. Para os municípios no grupo de tratamento (74), a taxa de variação média anual do emprego foi de 3,62%, enquanto que para os municípios no grupo de controle (1.720) essa taxa foi de 3,28%. Para todo o período (2006-2019), a variação do emprego é de 61% para o tratamento e 39,9% para o controle.

A primeira especificação é apresentada na Tabela 1. O primeiro modelo é o Efeito Fixo incondicional, quando são considerados efeitos fixos para municípios e a variável dependente é o logaritmo do número de empregados em cada setor, além do emprego total.

Tabela 1: Estimativa do tratamento no logaritmo do emprego total e setorial

	Total	Agropecuária	Indústria	Construção	Comércio
Tratamento	0,237*** (0,026)	0,061 (0,078)	0,407*** (0,090)	0,350*** (0,099)	0,218*** (0,023)
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
R-quadrado	0,0034	0,0001	0,0032	0,0010	0,0024
Observações	25.106	18.748	19.545	13.875	25.104

Notas: *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses; Controle: 1.720; Tratamento: 74.

Como na especificação da Tabela 1 a variável dependente está em logaritmo, o coeficiente do tratamento mede a semi-elasticidade*. O efeito do tratamento é de 26,8% sobre o nível de emprego total. Em 2006, somente para os municípios que em algum momento implementaram parques eólicos, o nível de emprego era de 146,5 mil. Os impactos estimados para essa variável são um crescimento de 26,8%, o que representa quase 39,3 mil empregos criados. Por mês, o rendimento médio dos trabalhadores nesses municípios era de R\$ 1.213,68. Em valores mensais, esse aumento no número de empregos representa R\$ 47,6 milhões (R\$ 572 milhões por ano). É importante ressaltar a magnitude do efeito

*Nessa situação, em que γ é a semi-elasticidade, o efeito do tratamento, sobre o nível de emprego em porcentagem, é $[\exp(\gamma) - 1] \cdot 100\%$.

sobre o emprego na construção (41,9%) e indústria (50,3%). Esses são os setores, principalmente a indústria, que se espera que tenha maior impacto a implementação de um parque eólico. A instalação e manutenção de parques desse tipo demandam mão de obra especializada, de maneira que os municípios passam a concentrar mão de obra em setores mais especializados/industriais. Note que o efeito sobre o emprego na agropecuária é positivo, porém não significativo. É importante notar que não era esperado sinal negativo para esse parâmetro. A instalação de aerogeradores em áreas rurais não impossibilita a continuidade de atividades agropecuárias. Pelo contrário, ao arrendar a terra para instalação do aerogerador, o proprietário rural usualmente continua com suas atividades. Dessa maneira, embora não tenha efeito sobre o nível de emprego no setor agropecuário, o rendimento desses proprietários aumenta devido ao aluguel das terras.

É importante estabelecer um exercício de robustez que justifica a utilização do modelo de Efeitos Fixos, conforme estimado na Tabela 1. Caso não fossem consideradas as heterogeneidades municipais, o modelo poderia ser estimado por regressão linear simples com os dados para município e ano empilhados (Tabela 2). Esse modelo (conhecido como *pooled*), indicaria efeito do tratamento de 135,2% sobre o emprego (quando não são consideradas as heterogeneidades municipais). É uma diferença de mais de 108 pontos percentuais (p.p.) em relação ao modelo que considera heterogeneidades, indicando, portanto, a importância da utilização do modelo de efeitos fixos para esse tipo de análise.

Tabela 2: Estimativa do efeito do tratamento no logaritmo do emprego - *Pooled Data*

	Total	Agropecuária	Indústria	Construção	Comércio
Tratamento	0,855*** (0,056)	1,097*** (0,102)	1,221*** (0,096)	0,887*** (0,114)	0,764*** (0,053)
Constante	6,798*** (0,008)	3,386*** (0,015)	3,862*** (0,017)	3,013*** (0,018)	6,599*** (0,008)
R-quadrado	0,0072	0,0061	0,0055	0,0043	0,0065
Observações	25.106	18.748	19.545	13.875	25.104

Notas: *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses; Controle: 1.720; Tratamento: 74.

A Tabela 3 apresenta a estimação dos modelos da eq. (3), com os controles sendo introduzidos gradativamente, cuja variável dependente é o logaritmo do emprego total.

Com a inclusão dos controles, o efeito de tratamento (ATE) pouco varia. Entretanto, o efeito do tratamento sobre os tratados (ATT), varia substancialmente. Isso é esperado, pois com a introdução dos controles (e a respectiva interação), são capturadas as heterogeneidades de cada variável para os municípios. No modelo da Tabela 1, em que não há controles, o efeito do tratamento e sobre os tratados são iguais ($ATE = ATT$). No modelo (1), em que há somente a inclusão de um controle, o efeito de tratamento e sobre os tratado são quase os mesmos. Com a inclusão gradual de controles são capturados as heterogeneidades dos controles. Por fim, na especificação mais completa, o modelo (5), o efeito de tratamento é 31,3% e o tratamento sobre os tratados é de 7,6%. Dora-vante, far-se-á a análise dos efeitos de tratamento denominando-os apenas por tratamento, capturado pelo parâmetro γ na eq. (3).

Ao analisar o efeito de projetos de infraestrutura sobre variáveis socioeconômicas, especialmente emprego, é importante diferenciar dois efeitos: o primeiro derivado da construção do projeto e, o segundo, da operação do projeto. Essa análise deve ser feita porque, em geral, projetos de infraestrutura têm gasto de Capex (*capital expenditure*)

Tabela 3: Efeito do tratamento no logaritmo do emprego - com controles

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
<i>ATE</i>	0,242***	0,230***	0,216***	0,390***	0,272*
	(0,025)	(0,025)	(0,026)	(0,051)	(0,108)
<i>ATT</i> ⁽¹⁾	0,237	0,222	0,229	0,262	0,073
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Controles					
Partido	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
População	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
Despesa	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM
Tam. estab.	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
EF ano	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
R-quadrado	0,0048	0,0117	0,0155	0,0274	0,1774
Observações	25.106	25.106	24.097	24.097	24.097

Notas: * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses; Controle: 1.720; Tratamento: 74; ⁽¹⁾A inferência estatística da estimativa do *ATT* é complexa; Por isso, somente é apresentada sua estimativa, e não seu desvio-padrão. As estimativas incluem a interação do respectivo controle com o tratamento.

altos nos períodos de construção anteriores ao início da operação. Grande parte deste gasto é em mão de obra. Após o fim da construção do projeto e início da operação, este contingente de trabalhadores é realocado em outras regiões. Portanto, momentaneamente, durante o período de construção do projeto, há um aumento do emprego na região devido à construção do projeto. Porém, após o fim da construção, há emigração de trabalhadores. Uma maneira de medir esse efeito é incluir controle para a construção do projeto, conforme equação a seguir.

$$y_{mt} = \alpha_m + \mathbf{x}_{mt}\boldsymbol{\beta} + \gamma T_{mt} + \theta \text{construção}_{mt} + (\mathbf{x}_{mt} \times T_{mt})\boldsymbol{\delta} + \varepsilon_{mt} \quad (4)$$

Conforme Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), em geral, a implementação de um projeto de geração eólica dura dois anos. Desse modo, como na base de dados é indicada apenas a data de início da operação do parque eólico, a variável *construção_{mt}* é uma aproximação para o período de construção do projeto. Essa é uma variável binária que assume valor 1 para os dois anos anteriores à operação do parque eólico e 0 para os demais períodos (para 3 anos ou mais antes da operação e a partir do ano de operação). Naturalmente, como não há data para início da operação de 2020 e 2021, não é possível definir o valor da variável *construção* para 2018 e 2019 de modo que as observações para esse ano não estão incluídos nas estimativas. A Tabela 4 apresenta os resultados da estimativa da eq. (4), com a inclusão progressiva de controles.

Verifica-se na Tabela 4 que, mesmo após a inclusão do controle para construção dos parques eólicos no emprego, o efeito dos parques permanece significativo e consistente com os resultados da Tabela 3. Assim, verifica-se aumento no emprego dos parques eólicos, mesmo após o fim do período de construção. No período de construção, verificou-se efeito médio de 9,5%.

No modelo de diferenças em diferenças, para que se obtenham estimativas não tendenciosas, é necessário que os grupos de tratamento e controle possuam tendências paralelas

Tabela 4: Efeito do tratamento e construção no logaritmo do emprego - com controles

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tratamento	0,301*** (0,034)	0,284*** (0,035)	0,280*** (0,036)	0,457*** (0,053)	0,283* (0,113)
Construção	0,216*** (0,044)	0,211*** (0,043)	0,226*** (0,044)	0,232*** (0,044)	0,091* (0,043)
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Controles					
Partido	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
População	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
Despesa	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM
Tam. estab.	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
EF ano	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
R-quadrado	0,0060	0,0125	0,0173	0,0291	0,1619
Observações	21.518	21.518	20.634	20.634	20.634

Notas: * $p < 0,05$; *** $p < 0,001$ Desvios-padrão robustos entre parênteses.

Controle: 1.720; Tratamento: 74.

nas variáveis analisadas antes do tratamento. Uma maneira de avaliar essa hipótese é estimar um modelo que considera as diferenças entre os grupos de tratamento e controle, ano a ano, antes do tratamento. A equação a seguir é o modelo estimado para avaliar se os municípios controles possuem tendência similares aos tratados considerando 5 períodos antes da operação dos parques eólicos.

$$y_{mt} = \alpha_m + \mathbf{ano}_t \boldsymbol{\kappa} + \sum_{\tau=-4}^0 \beta_{\tau-1} T_{m,t-\tau-1} + \varepsilon_{mt} \quad (5)$$

Na eq. (5), a variável $T_{m,t-\tau-1}$ é igual a 1 para os municípios tratados no ano $\tau - 1$ antes do início da operação do parque eólico. Se os municípios controles possuem tendência similares aos tratados antes da do início da operação dos parques, então os coeficientes estimados de β_{-1} , β_{-2} , β_{-3} , β_{-4} e β_{-5} serão estatisticamente não significativos. Isto significa que as variáveis de resultados não eram diferentes entre o grupo controle e tratamento nos anos antes da operação dos parques eólicos. \mathbf{ano}_t representa os efeitos fixos de ano. Tabela 5 apresenta a estimativa da eq. (5) para as variáveis de emprego total e emprego nos setores de atividade agropecuária, indústria, construção e comércio.

A Tabela 6 apresenta os resultados do teste de robustez realizado por meio da metodologia de diferença em diferença do tipo *staggered*. Observa-se que mesmo utilizando-se um número reduzido de observações, os resultados apontam para uma mesma direção dos efeitos verificados anteriormente na Tabela 4. Verifica-se ainda que a intensidade do efeito estimado pelo modelo completo (5) na Tabela 6, além de ser estatisticamente significativo ($p < 0,01$), possui um desvio de menos de 5% do valor estimado pelo modelo de efeitos fixos, o que demonstra robustez da metodologia adotada.

Na Tabela 7 são apresentadas as estimativas do efeito, para várias especificações, considerando como variável dependente o PIB dos municípios.

Verifica-se que a inclusão dos controles, com exceção dos temporais, tem pouco efeito sobre o efeito do tratamento. Para a especificação (5), por exemplo, o tratamento teve efeito de 68,8%. Esse será o modelo *baseline* para um exercício de avaliação de retorno

Tabela 5: Efeito do tratamento no logaritmo do emprego - com controles

	Total	Agropecuária	Indústria	Construção	Comércio
$\hat{\beta}_{-5}$	-0,038 (0,042)	-0,088 (0,144)	-0,172* (0,080)	0,189 (0,266)	-0,036 (0,045)
$\hat{\beta}_{-4}$	-0,011 (0,029)	-0,095 (0,132)	0,138* (0,068)	-0,162 (0,194)	-0,005 (0,033)
$\hat{\beta}_{-3}$	0,099* (0,045)	0,059 (0,081)	0,126 (0,104)	0,200 (0,254)	0,058 (0,043)
$\hat{\beta}_{-2}$	-0,029 (0,039)	-0,156 (0,122)	-0,048 (0,073)	0,367 (0,293)	-0,061 ⁺ (0,034)
$\hat{\beta}_{-1}$	-0,034 (0,040)	-0,057 (0,116)	0,079 (0,076)	0,018 (0,290)	-0,009 (0,037)
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
EF ano	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
R-quadrado	0,1332	0,0189	0,0801	0,0811	0,1126
Observações	16.120	11.795	12.222	8.252	16.118

Notas: ⁺ $p < 0,10$, * $p < 0,05$. Desvios-padrão robustos entre parênteses;

Tabela 6: Efeito do tratamento no logaritmo do emprego - diferenças em diferenças do tipo *staggered*

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Tratamento	0,305*** (0,037)	0,238*** (0,043)	0,205*** (0,039)	0,038 (0,066)	0,270** (0,086)
Construção	0,231*** (0,050)	0,201*** (0,049)	0,187*** (0,048)	0,185*** (0,042)	0,047 (0,033)
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Controles					
Partido	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
População	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
Despesa	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM
Tam. estab.	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
EF ano	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
R-quadrado	0,1502	0,1638	0,2099	0,3688	0,4267
Observações	888	888	841	841	841

Notas: ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses;

Controle: 1.720; Tratamento: 74.

Tabela 7: Efeito do tratamento no PIB municipal

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Tratamento	0,514*** (0,059)	0,509*** (0,061)	0,493*** (0,061)	0,496*** (0,055)	0,417*** (0,115)	0,523** (0,170)	0,315* (0,159)	0,034 (0,157)
EF município	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Controles								
Partido	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
População	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Despesa	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
Part. agro.	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
Tam. estab.	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM	SIM
EF ano	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM	SIM
ano×tratamento	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	NÃO	SIM
R-quadrado	0,0361	0,0469	0,0770	0,0954	0,1315	0,1353	0,5938	0,5981
Observações	23.311	23.311	23.311	22.400	22.400	22.400	22.400	22.400

Notas: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses; Dados de 2006 a 2018; Controle: 1.721; Tratamento: 73.

econômico proposto na próxima seção. Ao incluir efeitos fixos de tempo [modelo (7)], o efeito dos parques eólicos ainda é alto e significativo (37%).

Além das estimativas apresentadas, nível de emprego e PIB municipal, outra importante variável socioeconômica é o nível educacional dos trabalhadores. Devido à limitação de páginas deste artigo, os resultados da Tabela 8 são apresentados para como análise inicial, para dar subsídios iniciais à importância da instalação de parques eólicos e seu efeito sobre o nível educacional dos trabalhadores.

Tabela 8: Efeito do tratamento no logaritmo número de trabalhadores por escolaridade

	Elementar	Médio	Superior
Tratamento	-0,148** (0,055)	0,302*** (0,054)	0,703*** (0,067)
EF município	SIM	SIM	SIM
R-quadrado	0,0007	0,0032	0,0058
Observações	25.034	25.103	24.946

Notas: *** $p < 0,001$; Desvios-padrão robustos entre parênteses; Controle: 1.720; Tratamento: 74.

O primeiro modelo, apresentado na Tabela 8, mostra que o efeito da implementação de parque eólicos é negativo sobre o número de trabalhadores com ensino elementar. Ainda, Há efeito positivo sobre o número de trabalhadores com ensino médio e superior. Esse resultado mostra como a implementação de parques tem efeitos estruturais importantes de longo prazo, uma vez que a alteração do capital humano das regiões impactam diretamente outras variáveis como renda, saúde etc., além do crescimento e desenvolvimento econômico (Romer, 1990).

5 Considerações para políticas públicas

O planejamento energético no Brasil é significativamente determinado por ferramentas computacionais como o Modelo de Decisão de Investimento (MDI) e o Modelo Newave, que buscam projetar cenários ideais de expansão da geração e transmissão para atendimento das projeções de demanda por energia elétrica (EPE, 2022). De maneira geral, o planejamento é feito a partir de um cronograma de expansão indicativo gerado pelo MDI que é, posteriormente, avaliado do ponto de vista operativo pelo Modelo Newave e, finalmente, verificado do ponto de vista de balanço de potência e critérios de acoplamento entre os modelos. Esse cronograma de expansão indicativo gerado pelo MDI representa a estratégia de expansão da oferta de geração e transmissão de energia elétrica calculada a partir da otimização do menor custo total de investimentos de expansão e operação do sistema (EPE, 2022).

Desse modo, torna-se claro que tais modelos determinantes para decisões estratégicas relacionadas a expansão da geração ainda não consideram explicitamente os custos e benefícios socioeconômicos, bem como os impactos indiretos e externalidades provocados por tais investimentos. No entanto, são muitos os desdobramentos dos efeitos de projetos de infraestrutura sobre a dinâmica de desenvolvimento regional. Por exemplo, conforme demonstrado no presente artigo, a implementação de projetos de geração de energia eólica tiveram impactos significativos na geração de emprego e renda. Conseqüentemente, há efeitos sobre educação e saúde, pois indivíduos com maiores rendas têm acesso a serviços de saúde de melhor qualidade e a melhores condições educacionais para eles e seus filhos.

Argumenta-se ainda que o aumento da renda e emprego está também relacionado à diminuição da pobreza e das desigualdades. É importante notar que o aumento de renda em regiões com parques eólicos se dá por duas vias: primeiro, pelo aumento no número de trabalhadores empregados e, segundo, pelo arrendamento das terras para instalação dos aerogeradores. Segundo ABEEólica (2020), os tributos oriundos desse arrendamento contribuem de forma significativa para o poder público dessas localidades. Ainda, esse modelo de parque possibilita que os proprietários da terra continuem com suas atividades de agropecuária.

De fato, muitos dos impactos dos projetos de infraestrutura são difíceis de mensuração quantitativa. Porém, não há dúvidas que efeitos sobre a educação, por exemplo, são mais duradouros. A mudança na estrutura do capital humano tem efeito sobre a produtividade dos indivíduos, o que os tornam mais competitivos e muda a disponibilidades dos fatores de mercado (efeitos sobre produção e competitividade). As evidências empíricas mostram a forte relação existente entre o capital humano e o desenvolvimento/crescimento das regiões e nações (Romer, 1990).

Nesse contexto, recomenda-se uma atualização dos modelos utilizados para fundamentar as decisões estratégicas relativas a expansão dos investimentos em geração de energia elétrica no Brasil. Essa revisão deve levar em conta não apenas melhores critérios de impactos ambientais (e.g. emissões de gases de efeito estufa), mas também critérios de impactos socioeconômicos mais abrangentes, como o incremento no PIB local provocado por cada empreendimento. A avaliação socioeconômica de projetos de infraestrutura, à exemplo da metodologia proposta pelo Ministério da Economia no Guia ACB (Brasil, 2021) possibilitaria uma priorização de projetos a partir de critérios mais abrangentes de maximização do retorno para a sociedade.

Os resultados da avaliação de impacto da implementação de parques eólicos sobre o PIB municipal, apresentados na seção anterior, permitem uma estimativa, embora prelimi-

nar, de um importante atributo a ser avaliado em uma análise de viabilidade econômica desses projetos. Ademais, atributos dessa natureza são igualmente úteis na discussão de novas políticas públicas relacionadas a essa fonte e de suas variações menos regulamentadas, como parques eólicos instalados em mar aberto (*offshore*). Ressalta-se que o potencial energético de instalação de novos parques eólicos *offshores* no Brasil é estimado em 1,78 Tera Watts, ou seja, mais de 120 vezes a potência instalada na usina de Itaipu (Brasil, 2022). Apesar de ter características técnicas e uma dinâmica econômica um pouco distinta, a discussão sobre políticas públicas sobre parques eólicos em mar aberto também pode se beneficiar das metodologias e parâmetros apresentados neste artigo.

Esses elementos apresentados são também condizentes com a Agenda ESG das empresas, municípios e países[†]. A sociedade já identifica empresas e países que têm as melhores práticas relacionadas a essa agenda. Empresas comprometidas com o tripé ESG constataram valorização da imagem e valor de mercado das instituições, fruto da benefício socioeconômico dessas ações para a sociedade.

É importante ressaltar que a análise da relação custo/benefício socioeconômico da implementação dos projetos de infraestrutura se faz necessária porque podem existir benefícios que extrapolem a finalidade principal do projeto. Sobretudo se o benefício é sobre o capital humano. Alterações no capital humano causam profundas mudanças nos municípios, e essa é uma das vertentes que se alinham com os aspectos de impacto social da agenda ESG.

Ressalta-se que a discussão apresentada por Feyrer, Mansur e Sacerdote (2017) pode ser utilizada para estabelecer o choque da instalação dos parques eólicos e sua propagação devido a efeitos espaciais (zona de influência). Não espera-se, com essa discussão, exaurir a agenda de pesquisa sobre o impacto em variáveis socioeconômicas da instalação de parques eólicos. Os resultados apresentados nesse artigo, no entanto, lançam luz sobre métodos aplicáveis a avaliação *ex post* de projetos desse setor e também trazem parâmetros robustos que podem ser incorporados em análises socioeconômicas *ex ante* de futuros empreendimentos de geração eólica.

Referências

- ABADIE, A.; CATTANEO, M.D. Econometric methods for program Evaluation. *Annual Review of Economics*, v. 10, p. 465-503, 2018.
- ABEEólica - Associação Brasileira de Energia Eólica. *Boletim Anual de Geração Eólica 2019*. Associação Brasileira de Energia Eólica, 2020.
- BLANCO, M.I.; RODRIGUES, G. Direct Employment in the wind energy sector: An EU study. *Energy Policy*, 2009.
- BRASIL. Ministério da Economia. *Guia Geral de Análise Socioeconômica de Custo-Benefício de Projetos de Investimento em Infraestrutura*. Brasília: SDI/SEPEC/ME, 2021.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. *Da Comissão de serviços de infraestrutura, em decisão terminativa, sobre o Projeto de Lei nº 576, de 2021*, 2022.
- EPE - Empresa de Planejamento Energético. *Balanço Energético Nacional 2020*, 2020.
- EPE - Empresa de Planejamento Energético. *Plano Decenal de Expansão da Energia - PDE 2031*, 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2031>.

[†]A análise do efeito ambiental é mais complexa e não é feita neste trabalho.

- ESTACHE, A. *A survey of impact evaluations of infrastructure projects, programs and policies*. Working Papers ECARES 2010-005, 2010.
- FEYRER, J.; MANSUR, E.T.; SACERDOTE, B. Geographic Dispersion of Economic Shocks: Evidence from the Fracking Revolution. *American Economic Review* 107(4):1313–1334, 2017.
- GLEWWE, P.; KASSOUF, A.L. The impact of the Bolsa Escola/Familia conditional cash transfer program on enrollment, dropout rates and grade promotion in Brazil. *Journal of Development Economics*, 97(2):505–517, 2012.
- GONÇALVES, S.; RODRIGUES, T.P.; CHAGAS, A.L.S. The impact of wind power on the Brazilian labor market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 128:109887, 2020.
- GOODMAN-BACON, A. Difference-in-differences with variation in treatment timing. National Bureau of Economic Research Working Paper Series, n. 25018, 2018.
- GREENE, J.S.; GEISKEN, M. Socioeconomic impacts of wind farm development: a case study of Weatherford, Oklahoma. *Sustainability and Society*, 2013.
- HECKMAN, J.J.; LEAMER, E.E. *Handbook of Econometrics, vol 6B*. Amsterdam: North Holland, 2007.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. 2022.
- IFC - Banco Mundial. *Who cares wins*, 2014.
- MENEZES-FILHO, N.A.; PINTO, C.C. de X. *Avaliação Econômica de Projetos Sociais*. São Paulo: Fundação Itaú Social, 2017.
- ONU - Organização das Nações Unidas. Pacto Global da ONU. *A evolução do ESG no Brasil*, 2021.
- RITCHIE, H.; ROSER, M.; ROSADO, P. *CO₂ and Greenhouse Gas Emissions. Our World in Data*, 2020.
- ROMER, P.M. Human capital and growth: Theory and evidence. *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 23:251–286, 1990.
- SAMPAIO, K.R.A.; BATISTA, V. O atual cenário da produção de energia eólica no Brasil: Uma revisão de literatura. *Research, Society and Development*, 2021.
- SIMAS, M; PACCA, S. Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2014.
- SWISS RE INSTITUTE. *The economics of climate change: no action not an option*, 2021.
- VASCONCELLOS, H.A.S; COUTO, L.C. Estimation of socioeconomics impacts of wind power projects in Brazil Northeast region using Interregional Input-Output Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2021.
- WOOLDRIDGE, J.M. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge-MA: MIT, 2010.
- ZHANG, S; WANG, W; WANG, L.; ZHAO, X. Review of China’s wind power firms internationalization: Status quo, determinants, prospects and policy implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 43:1333–1342, 2015.
- ZHAO, X.; LI, S.; ZHANG, S.; YANG, R; LIU, S. The effectiveness of China’s wind power policy: An empirical analysis. *Energy Policy*, 95:269–279, 2016.