

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS SOBRE A RENDA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES

Assessment of the impacts of the implementation of the wind farms on the income of potiguar municipalities

Evaluación de los impactos de la implementación de parques eólicos en los ingresos de los municipios potiguares

DOI: 10.48075/igepec.v27i2.30902

Fábio Lúcio Rodrigues
Júlia Thaiany de Lucena Figueiredo

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS SOBRE A RENDA DOS MUNICÍPIOS POTIGUARES

Assessment of the impacts of the implementation of the wind farms on the income of potiguar municipalities

Evaluación de los impactos de la implementación de parques eólicos en los ingresos de los municipios potiguares

Fábio Lúcio Rodrigues
Júlia Thaiany de Lucena Figueiredo

Resumo: Este trabalho tem como objetivo analisar o impacto da implantação dos parques eólicos na renda per capita dos municípios do estado do Rio Grande do Norte. Utilizando um modelo de Escore de Propensão para realizar o emparelhamento dos indivíduos semelhantes para o período de 2010 a 2019, os resultados mostram que ao longo do período analisado, os municípios que possuem parques eólicos apresentam uma diferença positiva em sua renda per capita. No entanto, nos anos de 2012 e 2013 não houve diferenças significativas entre as rendas municipais. Já no período de 2016 a 2019, os resultados obtidos por ambos os métodos de pareamento foram semelhantes. Este estudo apresenta uma importante contribuição para o entendimento dos efeitos econômicos diretos da implantação das usinas de energia eólica nos municípios potiguares, sendo o primeiro esforço nesse sentido.

Palavras-chave: Energias Renováveis, Parques Eólicos, Avaliação de Impactos, Pareamento por Escore de Propensão.

Abstract: This study aims to analyze the impact of wind power plants implementation on the per capita income of municipalities in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. Using a Propensity Score model to perform matching of similar individuals for the period from 2010 to 2019, the results show that throughout the analyzed period, municipalities with wind power plants have a positive difference in their per capita income. However, there were no significant differences between municipal incomes in 2012 and 2013. In the period from 2016 to 2019, the results obtained by both matching methods were similar. This study makes an important contribution to understanding the direct economic effects of wind power plant implementation in the municipalities of Rio Grande do Norte and is the first effort in this direction.

Keywords: Renewable Energy, Wind Farms, Impact Assessment, Propensity Score Matching.

Resumen: El objetivo de este trabajo es analizar el impacto de la implementación de parques eólicos en el ingreso per cápita de los municipios del estado de Rio Grande do Norte. Utilizando un modelo de puntuación de propensión para realizar el emparejamiento de individuos similares para el período de 2010 a 2019, los resultados muestran que a lo largo del período analizado, los municipios que tienen parques eólicos presentan una diferencia positiva en su ingreso per cápita. Sin embargo, en los años 2012 y 2013 no hubo diferencias significativas entre los ingresos municipales. En el período de 2016 a 2019, los resultados obtenidos por ambos métodos de emparejamiento fueron similares. Este estudio presenta una importante contribución para la comprensión de los efectos económicos directos de la implementación de parques eólicos en los municipios de Rio Grande do Norte, siendo el primer esfuerzo en este sentido.

Palabras clave: Energías Renovables, Parques Eólicos, Evaluación de Impactos, Emparejamiento por Escore de Propensión.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das nações tem sido fortemente influenciado pela energia e suas respectivas fontes de geração, especialmente quando estas são renováveis. À medida que as questões ambientais ganham destaque nas discussões contemporâneas, essa influência se torna cada vez mais evidente e reconhecida, sendo indispensável que haja conformidade entre energia elétrica e a preservação ambiental, com o intuito de resguardar a população e as futuras gerações (PEREIRA, 2012; SILVA; VIEIRA, 2016).

A expansão territorial acelerada da agropecuária é uma pressão para o aumento do desmatamento e emissão de gases de efeito estufa. A agricultura brasileira busca implementar uma agricultura de baixa emissão de carbono, mas a adoção dessa mudança depende dos benefícios econômicos para os produtores. Evidências apontam que sistemas integrados de energia são mais eficientes e geram maiores retornos econômicos do que os sistemas especializados. Tais fatores tendem a induzir que haja uma mudança de comportamento dos produtores agrícolas a curto e médio prazos, no sentido de priorizar fontes de geração de energia cada vez mais renováveis (RODRIGUES; MELO, 2017). A energia eólica pode beneficiar a agricultura oferecendo aos agricultores uma renda adicional através do aluguel de terras para turbinas eólicas, sendo especialmente útil em anos de baixa produção. Além disso, pode estimular o desenvolvimento rural, mantendo serviços locais e prevenindo o êxodo rural (ARMSTRONG, et al, 2014).

O Brasil possui uma matriz energética diversificada, apesar de ainda depender abundantemente das usinas hidrelétricas. Porém, devido as dificuldades nos períodos de seca é possível evidenciar uma vulnerabilidade na dependência das fontes hídricas (SILVA; VIEIRA, 2016). Com o objetivo de solucionar a dificuldade na produção de energia a partir da força das águas, em 2001, durante um período de forte crise hídrica, foi lançado o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas (PROINFA), abrindo portas para a instalação e implantação de matrizes renováveis, como os parques eólicos (ZANFERDINI, 2016).

O território brasileiro possui grande potencial eólico, em especial na região Nordeste, região que comporta mais da metade dos parques eólicos já instalados até 2018 (TRALDI, 2018). Os estados do Ceará, Bahia e Rio Grande do Norte são as unidades federativas que mais se destacam na produção de energia por meio das fontes eólicas (COSTA, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEOLICA), o Rio Grande do Norte esteve entre os cinco maiores estados produtores de energia eólica do Brasil no ano de 2020. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), até o final de 2021 existiam 345 empreendimentos eólicos no Rio Grande do Norte, sendo 216 parques eólicos em operação, 48 parques em construção e 81 parques em fase de implementação (ANEEL, 2022).

Os investimentos na produção de energia eólica, tem promovido mudanças econômicas, sociais e ambientais nas cidades que possuem parques eólicos instalados. A implantação dos parques nesses municípios parece ser capaz de promover empregos diretos, indiretos e ainda pode proporcionar benefícios para os proprietários que arrendam ou desapropriam as suas terras (COSTA, 2015).

Sampaio (2022) defende que a energia eólica é uma fonte energética com baixo impacto ambiental, possibilitando um desenvolvimento local associado aos

fatores sociais e econômicos, especialmente na empregabilidade temporária. Dantas et al. (2021) ressaltam que, além do potencial notável do Rio Grande do Norte para a produção eólica, a construção de parques eólicos impulsiona a geração de renda local, reforçando assim a atratividade do investimento nesse setor.

Entretanto, a construção e a operação de parques eólicos têm certos impactos ambientais e sociais que devem ser considerados, tais como: impactos à fauna; poluição sonora e visual; uso do solo, com significativa perda de terras agrícolas ou de outros habitats naturais; potenciais conflitos com pequenos proprietários de terras, além de efeitos sobre os recursos hídricos. Para minimizar esses impactos, é importante que a seleção do local para um parque eólico seja feita com cuidado, levando em consideração as características ambientais e sociais da área. Além disso, deve haver uma supervisão rigorosa durante a fase de construção para garantir que os impactos sejam minimizados (CELESTINO; CALILI; LOUZADA, 2018; MONTERO, et al.; 2021).

De acordo com a ABEEOLICA (2021) foi possível identificar nos municípios brasileiros que receberam os parques eólicos um aumento de 21,15% no Produto Interno Bruto (PIB) no período de 1999 à 2017 e um aumento de 20% no Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) entre o período de 2000 à 2010.

Ainda que o foco das discussões sobre a produção de energia eólica seja mais por questões ambientais, é imprescindível que a esfera econômica seja analisada, o que de acordo com Freire e Fontgalland (2022), representa um desafio para os pesquisadores, dado que informações fundamentais, como os custos de implantação de parques eólicos, são frequentemente insuficientes.

Considerando todo esse contexto é perceptível que as implantações dos parques eólicos apresentaram impactos econômicos e sociais, não só no país como um todo, mas especialmente nos estados e nos municípios escolhidos para receber as estruturas de produção. Entretanto, ainda são escassos os estudos em relação aos impactos causados nos municípios que recebem os parques eólicos, especificamente em relação aos efeitos sobre suas rendas estruturais.

Diante desse cenário, este trabalho tem como objetivo central identificar o impacto da implantação dos parques eólicos na renda per capita dos municípios do estado do Rio Grande do Norte contemplados com o investimento, realizando o primeiro esforço de identificação dos efeitos econômicos diretos da implantação das usinas de energia eólica nos municípios potiguares. Para mensurar o impacto que os investimentos na implantação de usinas eólicas têm sobre a renda per capita dos municípios, utilizou-se um modelo de pareamento por escore de propensão, permitindo identificar os possíveis efeitos desses investimentos.

2 – ASPECTOS GERAIS DA MATRIZ ENERGÉTICA BRASILEIRA

Korzeniewicz (2021) defende que existem diversos fatores para que a matriz energética brasileira seja diversificada e para que as fontes de energia renováveis sejam mais procuradas. As políticas ambientais implementadas e os choques do preço do petróleo são dois desses fatores cruciais para a procura de outras fontes, além das não renováveis, que tem relação com a disponibilidade de recursos naturais no país.

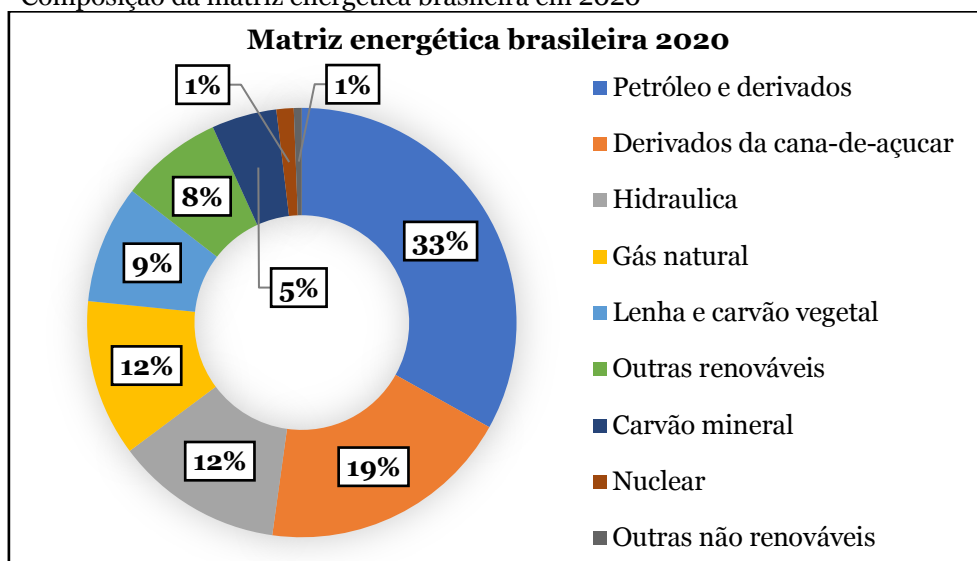
É de conhecimento mundial que a emissão de gases de efeito estufa tem se tornado algo cada vez mais preocupante e o Brasil, em disparidade com restante do mundo, se sobressai no quesito redução da emissão de gases devido ao seu

proeminente desempenho em relação ao oferecimento de energia interna por meio de fontes renováveis (TOLMASQUIM; GUERRERO; GORINI, 2007).

Santos, Rodrigues e Carniello (2021) mostram que na matriz energética mundial, as fontes de energia não renováveis são predominantes, ocupando 86,1% dessa matriz no ano de 2017, diferentemente do Brasil, onde 57,2% correspondia as fontes não renováveis nesse mesmo ano.

Segundo Freire (2014), o Brasil possui um grande potencial para geração de energias renováveis complementares, o que é um ponto extremamente favorável, tendo em vista que dessa forma é possível conciliar o crescimento socioeconômico e um desenvolvimento sustentável. Na Figura 1 pode-se observar que a matriz energética brasileira no ano de 2020 estava realmente bem diversificada, onde cerca de 51,7% da matriz corresponde a fontes de energia não renováveis, e 48,3% a fontes renováveis.

Figura 1 – Composição da matriz energética brasileira em 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Empresa de Pesquisa Energética (2021).

Em 2002 foi lançado o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), objetivando uma certa diversidade e descentralização na produção de energia elétrica, como uma forma de incentivo, de fato, a produção de energias renováveis por meio de parques eólicos e pequenas centrais hidrelétricas.

Leitão e Silva (2018) destacam que, apesar de ainda estarem em estágios iniciais, diversas outras formas de energia limpa estão sendo exploradas no Brasil, incluindo a hidrelétrica, solar, biomassa e biocombustíveis. A produção de suínos é uma atividade que pode gerar grande quantidade de dejetos, tornando-se uma fonte potencialmente poluidora. No entanto, modelos de produção sustentáveis podem transformar essa realidade, permitindo a geração de lucros através do uso do biogás gerado a partir dos dejetos e sua conversão em energia elétrica renovável. Os autores ainda demonstraram a capacidade de geração de energia elétrica através do biogás oriundo do tratamento de dejetos suínos, enfatizando seu grande potencial como nova fonte de renda nas propriedades produtoras de suínos e para garantir a autossuficiência energética dessas propriedades (LEITÃO; SILVA, 2018).

2.1 – CONJUNTURA CONTEMPORÂNEA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

De acordo com Traldi (2018) a busca pela menor dependência dos combustíveis fósseis devido a sua limitação e a busca pela redução de emissão de gases poluentes na atmosfera são duas justificativas para a procura abrangente pelas fontes de energia limpa.

Silva, Alves e Ramalho (2018) destacam que, apesar de o Brasil ser proeminente na produção de energia limpa, especialmente na geração de hidroeletricidade, ainda possui um potencial considerável para a exploração de outras fontes, como solar, biomassa e eólica, que ainda são pouco utilizadas. Segundo os autores, a diversificação da matriz energética pode atenuar os impactos das crises internacionais que afetam os preços dos combustíveis fósseis - petróleo, carvão mineral e gás natural. Ademais, a complementariedade energética surge como uma solução viável para períodos de estiagem, nos quais a produção de hidrelétricas é diretamente comprometida.

De acordo com Fernandes e Arrais Júnior (2017), embora a maior parte da produção de energia no Brasil provenha de hidrelétricas, é importante salientar que as fontes eólicas têm demonstrado um progresso notável, apresentando um crescimento expressivo no panorama energético nacional. De acordo com Silva, Alves e Ramalho (2018), nos períodos de estiagem, onde a produção das hidrelétricas é prejudicada, a geração de energia por meio das eólicas se torna uma opção viável, especialmente na região Nordeste, onde os ventos se tornam mais favoráveis nos períodos de seca.

Por volta do início dos anos 2000 a Europa já gerava cerca de 4.000 Megawatts (MW) de energia/ano por meio das estruturas eólicas. Já o Brasil, neste mesmo período, demonstrando um alto potencial para gerar energia por meio das fontes eólicas, não incentivava a produção energética através dessa fonte alternativa, isso porque a força dos ventos não era a única condição para o crescimento dos parques eólicos, também era necessário um forte direcionamento de investimentos nessa área, especialmente na pesquisa e no desenvolvimento da produção do maquinário necessário à sua implantação (ZANFERDINI, 2016).

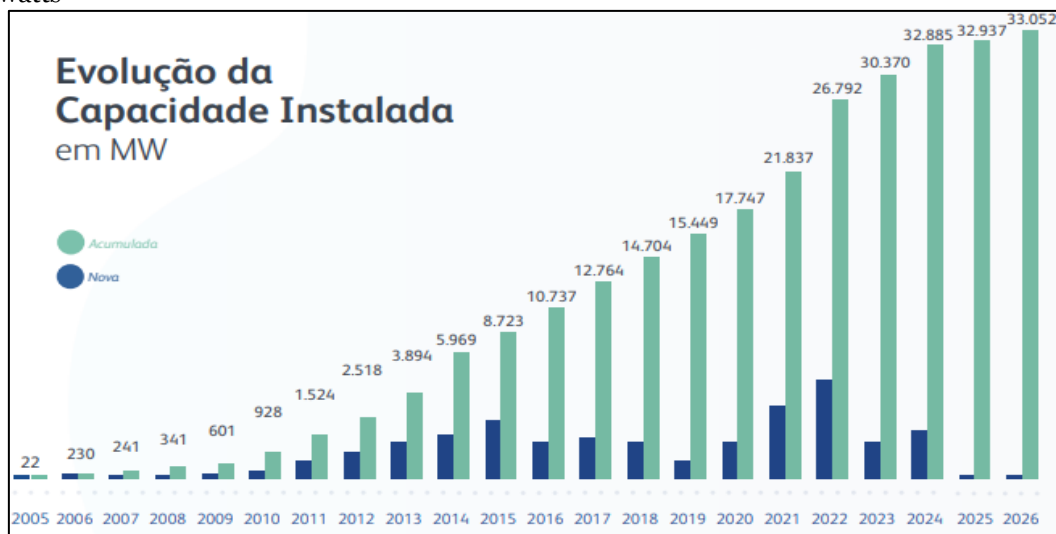
O interesse na produção de energia eólica no Brasil ocorreu após uma série de dificuldades energéticas, como apagões e racionamentos de energia por falta de planejamentos, que resultou em uma reformulação do sistema elétrico a partir de 2003, desde então, a energia eólica passou a ganhar mais espaço na matriz energética nacional (HOFSTAETTER; PESSOA, 2015).

O boletim anual referente ao ano de 2021, divulgado pela Associação Brasileira de Energia Eólica, aponta que o Brasil foi destaque global, ocupando a sexta posição no Ranking de capacidade eólica acumulada, com 21,5 gigawatts (GW) e terceiro lugar no ranking de nova capacidade instalada em 2021, com 3,8 GW. Ambos os rankings foram organizados pelo *Global Wind Energy Council* (GWEC) e também mostram que a China é a maior produtora mundial de energia por meio de usinas eólicas, com uma capacidade de 310,6 GW acumulados (ABEEOLICA, 2021). A Figura 2 mostra a evolução da capacidade instalada no Brasil do período de 2005 à 2021, assim como também apresenta a previsão da mesma evolução até o ano de 2026.

É possível notar que no final do ano de 2021 a capacidade instalada foi de quase 22 megawatts (MW), constatando um grande avanço comparando-se ao ano de 2005.

A Figura 2 expõe uma previsão de aumento da capacidade acumulada entre 2022 e 2026 de aproximadamente 50% adicionais.

Figura 2 – Evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil entre 2005 e 2026 – em megawatts



Fonte: ABBEÓLICA (2021).

O primeiro aerogerador instalado no Brasil foi no ano de 1992, em Fernando de Noronha, no estado do Pernambuco (RODRIGUES; NEPOMUCENO; MORAIS, 2016). Atualmente, de acordo com a ANEEL (2022), o Brasil possui 823 empreendimentos em operação. No Quadro 1, é possível especificar a quantidade de empreendimentos em operação por estado, bem como sua potência outorgada.

Quadro 1 – Quantidade e potência outorgada, por UF, de empreendimentos eólicos em operação no Brasil em 2022

UF	Quantidade de empreendimentos	Potência outorgada (KW)
BA	231	6.035.611
CE	99	2.506.440
MA	16	426.022
MG	1	156
PB	30	628.440
PE	37	899.365
PI	84	2.472.650
PR	1	2.500
RJ	1	28.050
RN	222	6.764.481
RS	81	1.835.892
SC	18	250.600
SE	1	34.500
SP	1	3

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL (2022).

Ao analisar o Quadro 1, constata-se que Bahia e Rio Grande do Norte são os estados que mais se sobressaem no que se refere à quantidade de empreendimentos operacionais e potência concedida, juntos representando aproximadamente 55% dos parques eólicos instalados e 58% da energia concedida no país em 2022. Esta predominância é explicada por uma combinação de fatores, entre eles as condições favoráveis de vento, os investimentos em infraestrutura, as políticas de incentivo e os benefícios que tais empreendimentos proporcionam para o desenvolvimento regional (MACEDO, 2015). Na seção seguinte, serão abordados os aspectos gerais da produção de energia eólica no estado do Rio Grande do Norte.

2.2 – ASPECTOS SOBRE A PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE

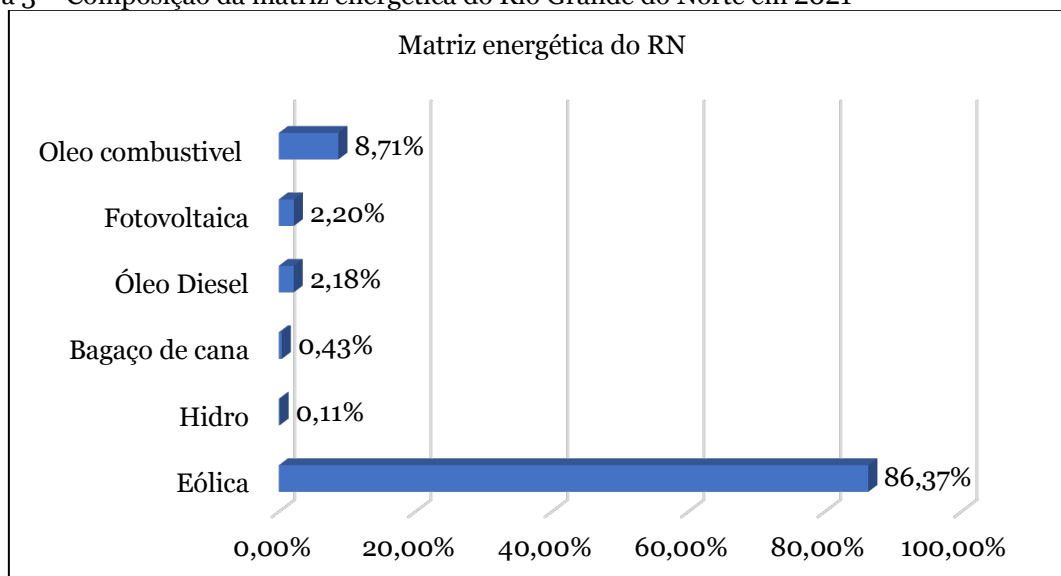
O estado do Rio Grande do Norte está localizado na região Nordeste do Brasil, e sua capital é o município de Natal. De acordo com informações do Censo Demográfico de 2010, divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Rio Grande do Norte possuía uma população de cerca de 3.168.027 de pessoas. Em 2021, dados do IBGE indicam que a população estimada seria de cerca de 3.560.903 pessoas distribuídas em 167 municípios, ocupando uma área territorial de 52.809,599km².

O estado potiguar sempre foi destaque como polo exportador, sobretudo relacionado à fruticultura irrigada. Em 2021, de acordo com o Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte (FIERN), houve um aumento de 50,9% nas exportações em relação a 2020 e entre os produtos que mais se destacaram estão o óleo diesel, seguido por frutas como melão e melancia. O Rio Grande do Norte é destaque nacional na produção de melões frescos na qual foi responsável por 70% do cultivo nacional em 2018 (ANUÁRIO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2018; FIERN, 2022).

Rodrigues, Nepomuceno e Moraes (2016) atestam o Rio Grande do Norte como um estado que possui grande potencial para a produção de energia por meio das usinas eólicas. O início da produção de energia eólica no estado ocorreu em 2004, quando a PETROBRÁS iniciou a instalação de três aerogeradores, porém, apenas em 2009 a produção eólica passou a ser mais significativa com a implantação de 32 novos parques eólicos (AZEVEDO; ARAUJO; SILVA, 2015).

De acordo com a figura 3, é possível perceber que a matriz energética potiguar é bem diversificada, porém, é perceptível o destaque da energia eólica no estado, fonte geradora que representa 86,37% da sua matriz energética (ANEEL, 2021).

Figura 3 – Composição da matriz energética do Rio Grande do Norte em 2021



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL (2021).

Segundo o Balanço Anual do Setor Energético do Rio Grande do Norte realizado no ano de 2021, o estado vem se sobressaindo na geração de energia eólica. Além da produção de energia por meio das eólicas, os projetos fotovoltaicos (implantação de usinas de geração de energia solar) também estão evoluindo e os municípios de Serra do Mel, Areia Branca e Assu são os que mais se destacam. Dados da ANEEL indicam que existem 11.600 projetos de geração distribuída no estado, contabilizando mais de 14,6 MW de potência instalada, sendo uma opção para variadas tipos de consumidores, como projetos residenciais, comerciais, rurais e industriais (BOLETIM ANUAL DO SETOR ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO NORTE, 2021).

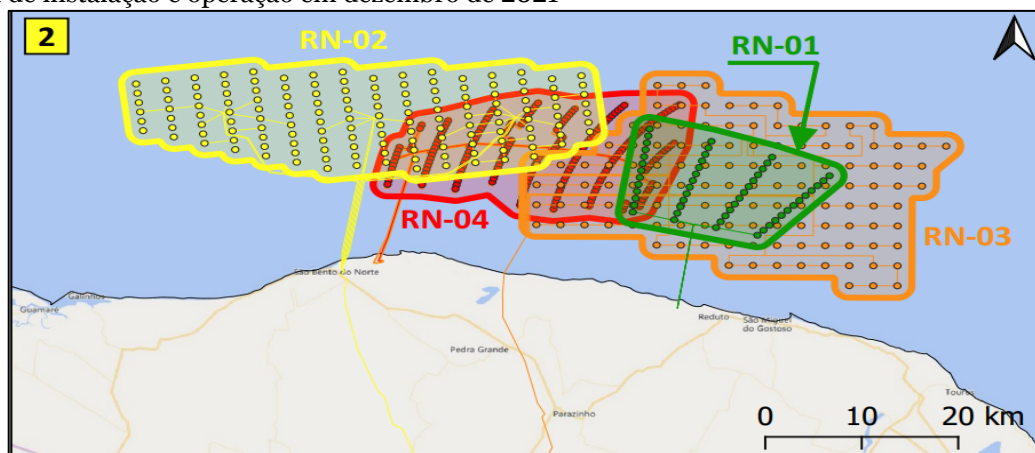
Existem alguns municípios que se destacam na implantação dos parques eólicos, especialmente devido a sua capacidade e potencialidade dos ventos, principalmente Areia Branca, Porto do Mangue, Serra do Mel e João Câmara. O Boletim Anual do Setor Energético do Rio Grande do Norte (2021) aponta que a cidade que se sobressai nesse aspecto é João Câmara, sendo o município que mais foi selecionado pelos empreendedores para as implantações dos parques eólicos.

Ainda de acordo com o Boletim Anual do Setor Energético do Rio Grande do Norte (2021), o estado potiguar é um dos territórios do Brasil que mais possuem um grande potencial para a geração eólica *offshore* (geração de energia eólica que ocorre em alto-mar). A Figura 4, apresenta o mapa dos projetos eólicos *offshore* que foram cadastrados no escritório local do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) afim de obter licenças de instalação e operação. Fato que desponta o Rio Grande do Norte, não só como grande produtor de energia eólica em terra, mas também com grande potencial de produção alternativa a partir de usinas eólicas localizadas em mar aberto.

A Figura 4 também mostra que os projetos *offshore* apresentados estão presentes nas regiões litorâneas onde estão englobados os municípios de São Bento do Norte e São Miguel do Gostoso, municípios que já possuem parques eólicos

onshore, assim como também compõem essa região outras praias menos frequentadas e que ainda não possuem usinas eólicas.

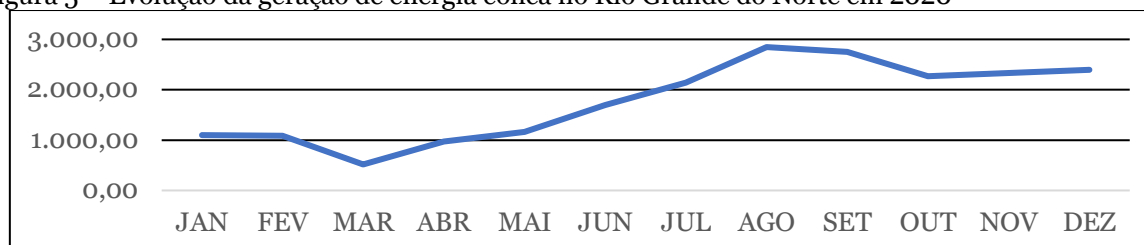
Figura 4 – Projetos eólicos offshore castrados no escritório potiguar do IBAMA para fins de expedição de licença de instalação e operação em dezembro de 2021



Fonte: IBAMA (2021).

A Figura 5 ilustra a geração média de energia em megawatts ao longo de cada mês de 2020 no Rio Grande do Norte. É possível notar que, além de uma produção consideravelmente alta, existe uma sazonalidade na geração de energia eólica. Essa sazonalidade pode ser explicada pela variação da força dos ventos em cada estação do ano. Os dados revelam uma queda na geração de aeroenergia durante o primeiro trimestre de 2020, que se intensifica a partir do segundo trimestre, resultando em um aumento na produção. O pico de produção é alcançado em agosto de 2020.

Figura 5 – Evolução da geração de energia eólica no Rio Grande do Norte em 2020



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ABEEÓLICA (2021).

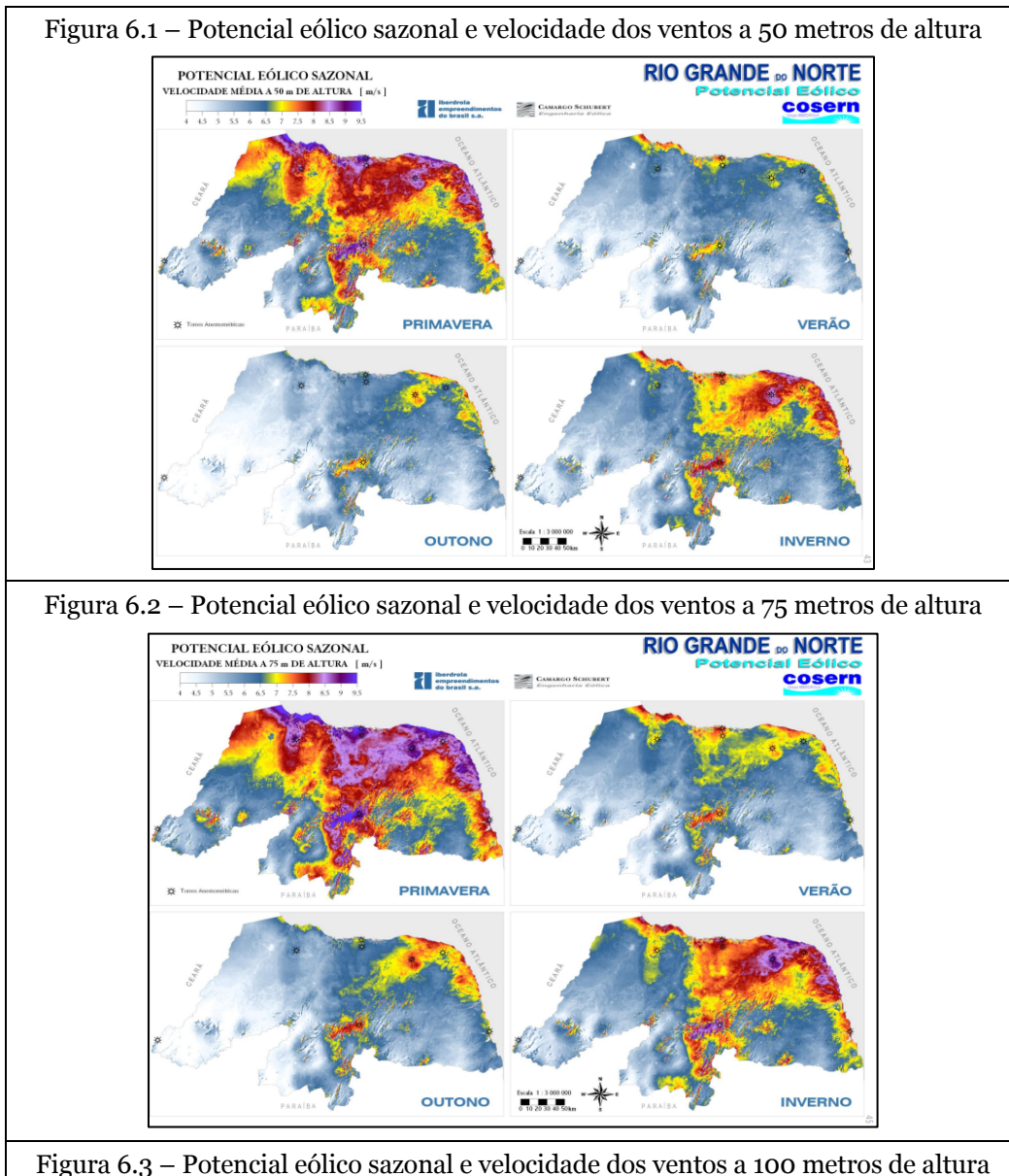
A Figura 6 retrata a sazonalidade na geração de energia eólica no Rio Grande do Norte, baseando-se na velocidade dos ventos a 50, 75 e 100 metros de altura, nas quatro estações do ano.

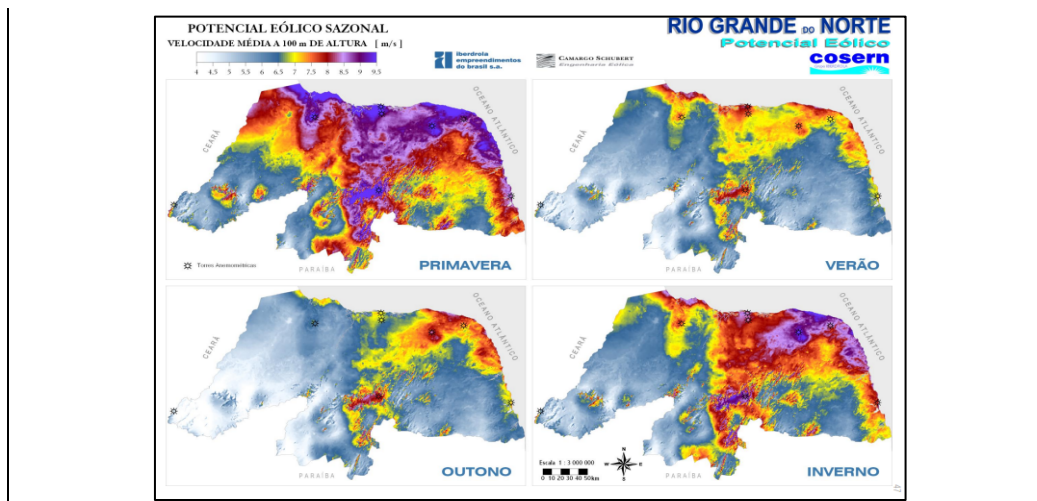
Na Figura 6 é possível identificar que a velocidade dos ventos é mais intensa na primavera, que ocorre de setembro a dezembro no hemisfério sul, e no inverno, que ocorre de junho a setembro. Essas informações justificam a geração mais elevada entre os meses de junho a dezembro, conforme exposto na Figura 5.

Outro ponto a ser observado na Figuras 6 é de que o potencial dos ventos aumenta de acordo com a elevação da altura, pois na figura 6.3, referente ao potencial eólico a 100 metros de altura, é possível perceber que na primavera, a estação do ano

com ventos mais favoráveis, quase todo território potiguar possui considerável potencial e que, por outro lado, no verão o potencial é apenas mediano.

Figura 6 – Potencial eólico sazonal e velocidade média dos ventos no estado Rio Grande do Norte em 2003





Fonte: COSERN NEOENERGIA (2003).

No Quadro 2 é possível verificar alguns dos empreendimentos que coletam o potencial norte-rio-grandense e suas respectivas produções em megawatts. Em destaque estão as empresas Casa dos Ventos com 2164,2 MW, a EDP Renováveis Brasil com 1118,9 MW e a Voltália com 916,3 MW (BOLETIM ANUAL DO SETOR ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO NORTE, 2021).

Quadro 2 – Empresas eólicas potiguares e as suas respectivas quantidades produzidas em megawatts em 2021

EMPRESA	MW
2W	138,6
AES TIETÊ	187,0
ALIANÇA ENERGIA	109,2
ALUPAR	58,8
ATLANTIC	60,0
BIOENERGY	28,8
BROOKFIELD	150,0
CASA DOS VENTOS	2164,2
HOLDING CHESF / VOLTALIA / ENCALSO	93,0
CONTOUR GLOBAL	160,0
COPEL	680,6
CPFL RENOVÁVEIS	790,0
CUBICO	50,4
ECHOENERGIA	729,0
EDP RENOVÁVEIS BRASIL	1118,9
ELAWAN	52,0
ELECNOR/ ENEFRIN	256,4
ENEL GREEN POWER	178,2
ENGIE	434,0
FORÇA EÓLICA DO BRASIL	331,3
GESTAMP	106,0
J. MALUCELLI	117,3
NEW EENERGY	151,7

PETROBRÁS	1,8
PETROBRAS/ ALUBAR	26,0
PETROBRAS/ ELETROBRAS	26,0
PETROBRAS/ WOBLEN WINDPOWER	52,0
POLIMIX	72,8
QAIR BRASIL	58,8
QUADRAN BRASIL	100,8
QUEIROZ GALVÃO ENERGIA	145,8
SERVENG	295,1
SETA ENGENHARIA	180,6
TODA ENERGIA	27,7
TOTAL EREN	99,4
VOLTALIA	916,3
TOTAL GERADO	10.148,4

Fonte: Boletim anual do setor energético do Rio Grande do Norte (2021).

De acordo com o ANEEL (2021), há uma estimativa de que os empreendimentos eólicos instalados no Rio Grande do Norte geraram cerca de 171.711 empregos até 2021 e o valor total investimento, já deflacionado pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA) foi de R\$ 37.045.680.098.

2.3 – IMPACTOS ECONÔMICOS E SOCIAIS RELACIONADOS À IMPLANTAÇÃO DAS USINAS EÓLICAS

A ampliação da matriz energética brasileira tem potencial para impulsionar transformações não só no setor energético, mas também nas esferas econômica e social. Enquanto o avanço das fontes renováveis é crucial para o enfrentamento de questões ambientais, a busca pela evolução tecnológica do país se apresenta como uma necessidade paralela. Investimentos em tecnologias avançadas catalisam o desenvolvimento econômico e regional, especialmente por contribuírem para a redução das disparidades entre as diferentes regiões do país (COSTA, 2015; RINTZEL, 2017).

Para Traldi (2018) a implantação dos parques eólicos no semiárido brasileiro tem colaborado de forma direta para o seu desenvolvimento, principalmente pela contribuição para o desenvolvimento socioeconômico local e regional. Já Rintzel (2017), em análise comparativa entre os municípios que possuem parques eólicos e os que não possuem no período compreendido entre 1998 e 2012, constatou que oito estados brasileiros apresentam vantagem locacional devido à existência de parques eólicos em seus territórios. Rintzel (2017) ainda apresenta evidências que apontam para o aumento no emprego, sobretudo temporário, nos municípios que possuem parques eólicos, enquanto nos que não possuem, observou-se uma queda acentuada nos postos de trabalho.

Durante a fase de implantação dos parques eólicos, é notável a geração de empregos para diversos profissionais, que podem ser tanto dos municípios onde os parques estão sendo instalados quanto de outras localidades. No entanto, essa taxa elevada de empregabilidade é observada somente durante um período limitado, uma vez que, durante a operação dos parques, não são necessários tantos profissionais (COSTA, 2015).

Para quantificar o número de empregos relacionados à energia eólica no Brasil, Simas (2012) conduziu entrevistas com 18 empresas que atuam no setor, abrangendo diversas atividades produtivas. A partir da análise dos índices de fabricação de equipamentos, construção de parques e operação e manutenção dos mesmos, a autora concluiu que o setor eólico tem potencial para gerar cerca de 330 mil empregos diretos e indiretos até o ano de 2020.

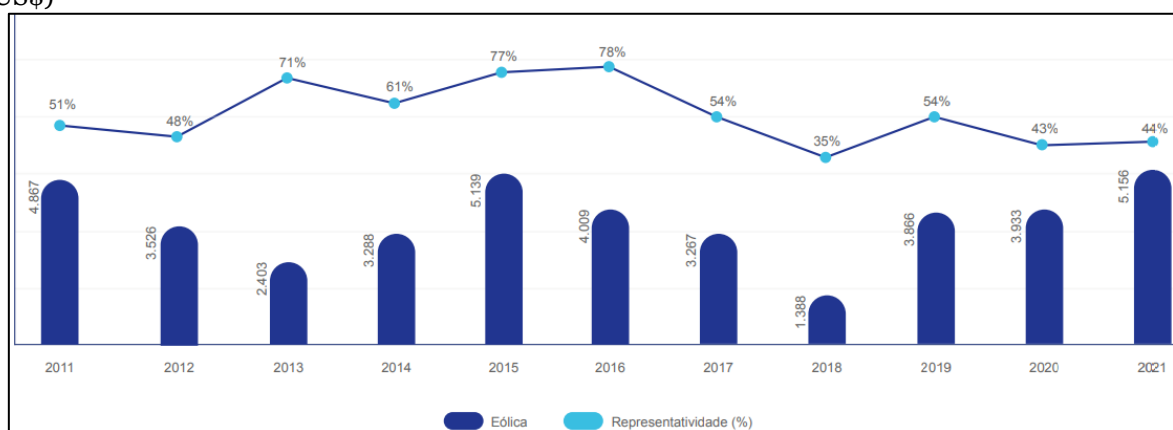
Como os empregos gerados na construção dos parques são temporários, de acordo com Traldi (2018), é difícil definir até que ponto os parques eólicos são geradores de empregos, visto que a maior empregabilidade está na etapa da fabricação e no transporte dos equipamentos. Como uma parte dos profissionais vem de outras regiões devido à escassez de mão-de-obra especializada nos municípios que recebem as estruturas industriais, a chegada e acomodação temporária dos funcionários das empresas do setor eólico, no município de João Câmara, no Rio Grande do Norte, contribuiu, por exemplo, para aumentar o número e o porte das pousadas na cidade, colaborando para o aumento dos empregos indiretos, principalmente nos segmentos de serviços de alimentação e hotelaria (garçom, auxiliar de cozinha, camareiro, recepcionista, etc.) (TRALDI, 2018).

Quanto à arrecadação de impostos, é possível notar que durante a construção dos parques, o Imposto Sobre Serviços (ISS) aumenta, proporcionando um benefício temporário para a receita dos municípios produtores. Em contrapartida, o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços e Transporte Interestadual e Intermunicipal (ICMS) também pode ser considerado um benefício para os municípios, embora não haja evidências claras de que essa arrecadação seja destinada aos estados onde a produção de energia eólica ocorre (TRALDI, 2018).

Em sua pesquisa realizada na cidade de Lagoa Nova (RN), Fialho (2019) constatou que a chegada dos parques eólicos resultou em alterações positivas na arrecadação do ICMS e do ISS. O aumento mais significativo foi observado durante o período de implantação do projeto. No entanto, mesmo considerando o período anterior e posterior à implantação, a chegada desse investimento trouxe melhorias para o município, principalmente quanto à melhoria da qualidade de vida e aumento da renda per capita.

No ano de 2021, o investimento total na energia eólica alcançou US\$ 5,15 bilhões (R\$ 27,81 bilhões). Esse valor representa 44% dos investimentos em energias renováveis, evidenciando a relevância desse setor em comparação a outros setores energéticos. A Figura 7 ilustra a evolução dos investimentos no setor de energia eólica para a construção de novos parques eólicos, no período de 2011 a 2021. Nesse intervalo, foram destinados cerca de US\$ 40,8 bilhões para a realização de novos projetos (ABEEOLICA, 2021).

Figura 7 – Investimentos em novos projetos no setor eólico do Brasil entre 2011 e 2021 (em milhões de US\$)



Fonte: ABEEÓLICA (2021).

No período de 2021 a 2022, o setor eólico brasileiro injetou cerca de R\$ 321 bilhões na economia, sendo R\$ 110,5 bilhões em investimentos diretos e R\$ 210,5 bilhões em efeitos indiretos. Estudos realizados também indicam que, para cada R\$ 1,00 investido nos parques eólicos, foi possível elevar em R\$ 2,90 o PIB do país (ABEEOLICA, 2021).

Parece evidente que a análise sobre os impactos econômicos advindos com a instalação das usinas eólicas realizada até o momento é bastante abrangente, porém pouco especificada. As consequências econômicas para os municípios produtores são pouco avaliadas, principalmente no que se refere aos impactos na renda local. Portanto, torna-se crucial verificar os reais efeitos da implantação dos parques eólicos sobre a renda desses municípios, dado os claros impactos que esses investimentos têm sobre as condições econômicas locais. É nesse contexto que este trabalho se insere, buscando contribuir empiricamente para a identificação desses efeitos.

3 – ESTRATÉGIA EMPÍRICA

Este estudo tem como objetivo analisar o efeito da instalação dos parques eólicos na renda per capita dos municípios do estado do Rio Grande do Norte que receberam investimentos na instalação e operação de plantas industriais de geração de energia eólica.

A amostra deste estudo inclui todos os 167 municípios do Rio Grande do Norte. Entre esses municípios, 37 possuem parques eólicos, sendo 28 deles em operação. No entanto, apenas 21 municípios foram analisados devido à disponibilidade dos dados para todas as variáveis durante o período de 2010 a 2019.

Com o objetivo de fornecer um estudo mais completo sobre o assunto, serão coletadas informações essenciais do âmbito econômico e social, tanto dos municípios produtores como dos municípios não produtores, para que possa ser feita uma comparação no comportamento desses dados em um determinado período. Ao realizar uma análise completa, os resultados serão avaliados e os impactos serão ilustrados descritivamente.

O Quadro 3 apresenta as variáveis que serão utilizadas para avaliar os impactos propostos neste trabalho. Dada a complexidade da análise, foram coletadas informações econômicas e sociais tanto dos municípios produtores quanto dos não

produtores, para permitir uma comparação ao longo de todo o período compreendido entre os anos de 2010 e 2019. Para maximizar a eficácia do método, é necessário obter uma ampla base de informações, e, portanto, foram utilizadas diversas bases públicas, incluindo o Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), a Base de Dados Macroeconômicos, Financeiros e Regionais do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEADATA), o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) e o IBGE, além do Portal Eletrônico Base dos Dados.

Quadro 3 – Descrições das variáveis

Tipo	Variável	Descrição
dependente	<i>pib per capita</i>	PIB <i>per capita</i> por município
impacto	parque eólico	Assume valor 1 se o município tem parque eólico em implantação ou instalado e 0, caso contrário
controles	ideb.ai	Valor do índice de desenvolvimento da educação básica dos anos iniciais do ensino fundamental
	ideb.af	Valor do índice de desenvolvimento da educação básica dos anos finais do ensino fundamental
	óbitos	Número de óbitos naturais por município e ano
	mortes negras	Valor percentual de pessoas negras mortas em acidentes em relação ao total de óbitos
	alunos por turma (ai)	Quantidade média de alunos por turma nos anos iniciais do ensino fundamental
	alunos por turma (af)	Quantidade média de alunos por turma nos anos finais do ensino fundamental
	horas-aula (ai)	Quantidade média de horas-aula diária nos anos iniciais do ensino fundamental
	horas-aula (af)	Quantidade média de horas-aula diária nos anos finais do ensino fundamental
	distorção (ai)	Taxa de distorção idade-série nos anos iniciais do ensino fundamental
	distorção (af)	Taxa de distorção idade-série nos anos finais do ensino fundamental
	aprovação (ai)	Taxa de aprovação nos anos iniciais do ensino fundamental
	docentes	Valor percentual de docentes com curso superior no ensino fundamental
	eleitores	Tamanho do eleitorado por município
	enfermagem	Valor médio da carga horária de enfermagem na atenção básica tradicional
	esf	Quantidade de equipes na estratégia saúde da família
proporção esf	Proporção de cobertura da estratégia saúde da família em relação à população	

Fonte: Elaboração própria

3.1 – MODELOS EMPÍRICOS E MÉTODOS DE ESTIMAÇÃO

Considerando a dificuldade em encontrar dados precisos para períodos variados, optou-se pelo método de Pareamento por Escore de Propensão (*Propensity Score Matching – PSM*, na sigla em inglês) para avaliar os impactos da implantação dos parques eólicos. Segundo Malbouisson e Tiryaki (2017), o PSM é um método de correspondência utilizado para agrupar indivíduos com características semelhantes e verificar como se comportam diante de determinado tratamento. O PSM será utilizado para comparar as variáveis dos municípios que receberam investimento na instalação dos parques eólicos com os municípios que não receberam, a fim de obter uma avaliação mais precisa dos impactos na renda per capita.

O modelo de escore de propensão criado por Rosenbaum e Rubin (1983) é adequado para situações em que as propriedades observadas influenciam a participação no tratamento. O objetivo da técnica é verificar as consequências de variáveis distintas sobre um único escore de propensão. Por causa da dificuldade em encontrar dados para diferentes períodos, o método de *Propensity Score Matching* (PSM) foi escolhido para avaliar os impactos da implantação dos parques eólicos.

Ainda de acordo com Malbouisson e Tiryaki (2017), para analisarmos o impacto do tratamento, é necessário estimar o Efeito Médio do Tratamento nos Tratados (*ATT – Average Treatment Effect on the Treated*, na sigla em inglês). Conceitualmente, o *ATT* é obtido por:

$$ATT = E[Y_{1,i} - Y_{0,i} | T_i = 1] = E[Y_{1,i} | T_i = 1] - E[Y_{0,i} | T_i = 1] \quad (1)$$

Considerando que o termo $E[Y_{0,i} | T = 1]$ não pode ser observado, o modelo de escore de propensão busca desenvolver um grupo de controle com elementos contrafactuais que permitem uma estimativa consistente para a equação. Esse grupo é composto por indivíduos que não receberam o tratamento (parques eólicos) e têm características semelhantes.

O modelo PSM cria um grupo de controle com base nas características observadas dos elementos amostrais. Dessa forma, o escore de propensão pode ser definido como:

$$p(X) = Pr(T = 1 | X) \quad (2)$$

Para garantir a eficácia do modelo PSM, é importante considerar a hipótese de independência condicional e a hipótese de suporte comum. A hipótese de independência condicional sugere que deve haver independência tanto no grupo de tratamento quanto nos impactos potenciais do programa em que as condições observadas não comprometem a participação. Além disso, a adesão ao modelo deve ser respaldada pelas características observadas, pois caso contrário, o PSM pode se tornar um método inadequado (MALBOUISSON; TIRYAKI, 2017).

A hipótese de suporte comum é uma das premissas fundamentais do método PSM e será testada no presente trabalho. Essa hipótese exige que haja observações correspondentes na distribuição do escore de propensão para que se possa comparar adequadamente as observações tratadas e não tratadas. Para utilizá-la, é necessário ter um grande conjunto de referências coletadas de tratados e controles, em que as mesmas informações são utilizadas para ambos os grupos. Com uma grande

quantidade de referências, é possível criar uma rede de suporte comum, permitindo uma comparação adequada entre os grupos tratados e não tratados. (SCORZAFAVE et al., 2015).

Existem vários algoritmos de correspondência que podem ser utilizados nos métodos de pareamento. Nesta pesquisa, optou-se pelo método *Nearest-Neighbor Matching* (correspondência do vizinho mais próximo - NN), que compara os elementos tratados e não tratados que possuem o mesmo escore de propensão. Para testar a robustez dos resultados, utilizaremos o método *Kernel*.

Na implementação do modelo PSM, é importante destacar a realização dos testes *P-test* e *Rosenbaum Bounds (R-Bounds)* para a verificação das variáveis. O *P-test* tem como finalidade analisar se as características observadas foram pareadas corretamente, apresentando os valores médios tanto do grupo de tratamento quanto do grupo de controle. Já o *R-Bounds* examina se existem variáveis excedentes ou insuficientes, uma vez que essas irregularidades podem afetar os resultados dos efeitos estimados. É fundamental realizar esses testes para garantir a validade do método e a confiabilidade dos resultados obtidos.

Para iniciar a execução do PSM, é necessário utilizar um modelo de probabilidades binárias, como PROBIT ou LOGIT, para estimar o escore de propensão $p(X)$ – neste trabalho é aplicado o método LOGIT. Com base nas covariáveis que podem afetar X , é possível identificar o escore de propensão de cada indivíduo. Na segunda etapa, busca-se observar os indivíduos com escores de propensão semelhantes. Por fim, na terceira etapa, o objetivo é identificar o efeito do tratamento, comparando o desempenho de médias e proporções entre os indivíduos tratados e não tratados.

4 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O objetivo deste trabalho é analisar o impacto da implementação de parques eólicos na renda *per capita* dos municípios do Rio Grande do Norte entre 2010 e 2019, usando um método de pareamento com escore de propensão. Para isso, foi necessário criar um grupo de controle através de um método de seleção binária. A fim de minimizar os erros nas estimativas de pareamento, o modelo LOGIT foi escolhido para a primeira etapa, considerando que a amostra utilizada não segue uma distribuição normal.

As estimativas geradas pelo modelo LOGIT permitem calcular as probabilidades de um município receber a implantação de um parque eólico com base nas variáveis expostas no Quadro 3. Em seguida, é calculado o Efeito Médio de Tratamento Sobre os Tratados (*Average Treatment Effect on the Treated – ATT*, na sigla em inglês) por meio de dois métodos de pareamento: Kernel e vizinho mais próximo. Esses métodos visam testar a robustez dos resultados obtidos, sendo que para este estudo, é usado sempre o pareamento com os dois vizinhos mais próximos para calcular o escore de propensão. Isso ocorre porque as estimativas obtidas pelo método de pareamento do vizinho mais próximo são semelhantes às obtidas pelo método Kernel, mas com menor desvio-padrão na maioria dos resultados. O grupo de tratamento consiste nos municípios que possuem parques eólicos, enquanto o grupo de controle é formado pelos municípios que não possuem estruturas eólicas.

A Tabela 1 apresenta os resultados do efeito do tratamento sobre os municípios que receberam parques eólicos no Rio Grande do Norte. A partir dos resultados

mostrados na Tabela 1, é possível observar que o método de pareamento do vizinho mais próximo apresenta estimativas do ATT com desvio-padrão menor na maioria dos anos. Além disso, como os resultados parecem convergir para valores similares, a análise será realizada somente com o pareamento realizado através dos dois vizinhos mais próximos.

Um ponto interessante a ser observado nos resultados apresentados na Tabela 1 é o aumento do número de unidades tratadas ao longo do período analisado, o que indica que mais municípios receberam investimentos em energia eólica entre 2010 e 2019. Essa variação na quantidade total de municípios utilizados é uma característica da construção dos métodos de pareamento, que procuram garantir a maior similaridade possível entre as unidades tratadas e de controle em cada período. Isso explica também a redução no número de unidades utilizadas nos anos de 2018 e 2019.

Ao analisar a Tabela 1, percebe-se que o ATT obtido para os anos de 2012 e 2013 não apresenta diferença estatisticamente significativa em relação a zero, considerando um nível de significância de 5%. Isso pode ser explicado pelo fato de que, nesse período, os parques eólicos estavam sendo construídos em mais municípios, com grande parte dos equipamentos importados da Europa e dos Estados Unidos. Além disso, o pouco tempo transcorrido desde o início dos investimentos pode não ter sido suficiente para capturar a variação da renda *per capita* nos municípios que iniciaram os investimentos em energia eólica a partir de 2012. No entanto, a partir de 2014, é possível sugerir que os ganhos na renda *per capita* são significativos, principalmente quando o número de municípios contemplados com os parques eólicos aumenta.

De acordo com as estimativas realizadas para o efeito médio sobre os municípios contemplados com os parques eólicos, é possível observar que a renda *per capita* desses municípios foi positivamente impactada pela implementação desses empreendimentos em seus territórios. Como resultado, houve uma elevação significativa da renda média por habitante no período analisado.

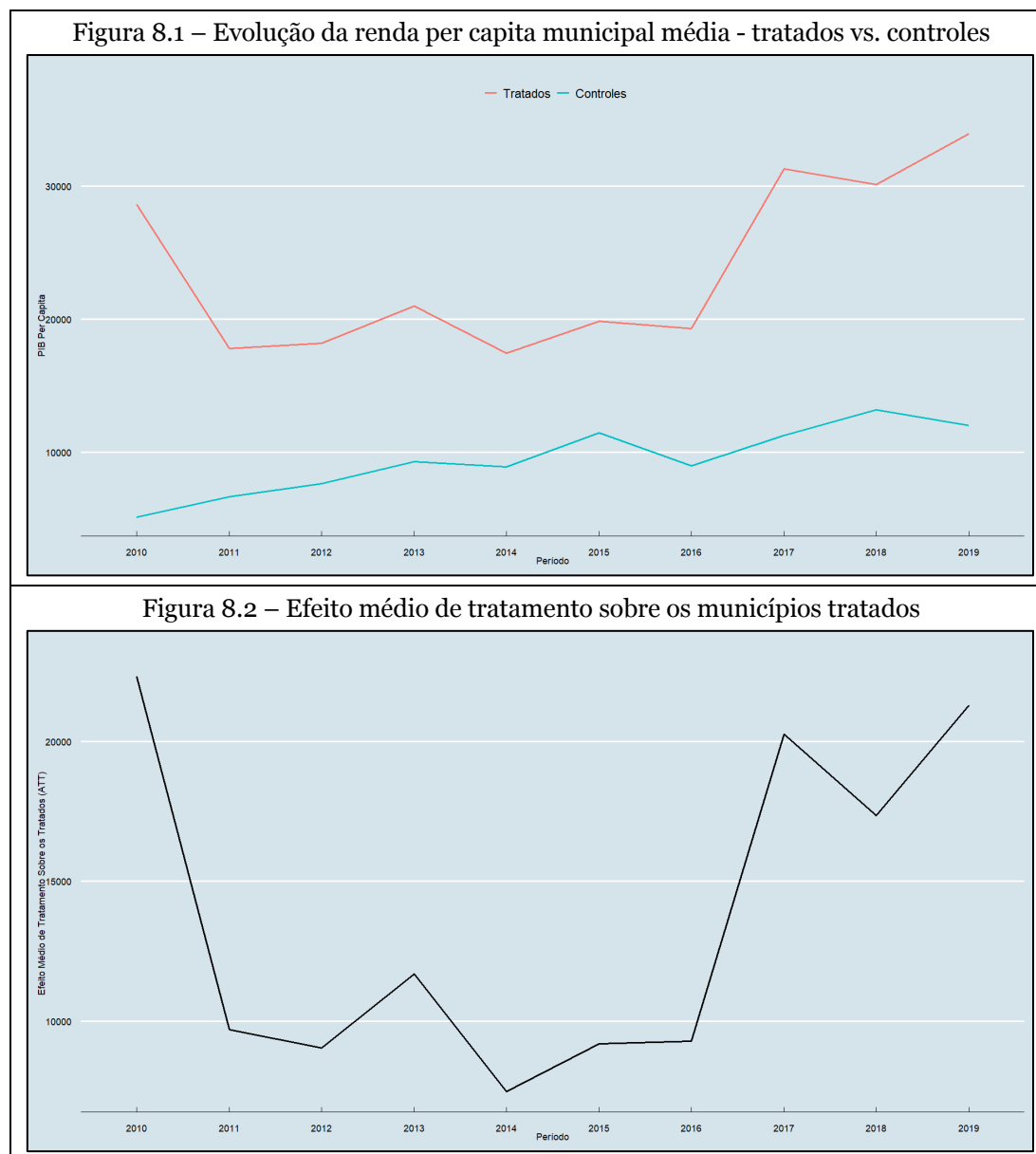
Tabela 1 – Efeito médio de tratamento dos parques eólicos sobre a renda *per capita* dos municípios potiguares tratados entre 2010 e 2019

Estimativas	Período									
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Método de Pareamento: Kernel										
<i>ATT</i>	22.329,99	9.697,74	9.041,41	11.695,39	7.487,46	9.185,76	9.292,53	20.262,79	17.348,65	21.293,72
PIB <i>per-capita</i> tratados	28.646,71	17.793,53	18.214,45	21.014,53	17.467,11	19.867,06	19.303,86	31.312,45	30.122,03	33.937,92
PIB <i>per-capita</i> controles	6.316,74	8.095,78	9.173,05	9.319,14	9.979,65	10.681,30	10.011,34	11.049,67	12.773,38	12.644,20
Erro-padrão	10.780,97	4.737,33	8.719,43	6.280,13	4.035,26	3.456,28	3.634,66	6.033,13	7.026,20	8.686,69
Estatística <i>t</i>	2,07	2,05	1,04	1,86	1,86	2,66	2,56	3,33	2,47	2,45
Unidades tratadas	4	5	6	6	10	15	16	20	16	17
Unidades controles	119	131	115	123	106	117	107	129	91	96
Total	123	136	121	129	116	132	123	149	107	113
Método de Pareamento: Vizinhos mais próximos (2 vizinhos)										
<i>ATT</i>	23.506,92	11.127,74	10.555,33	11.729,95	8.568,43	8.380,51	10.315,90	20.040,11	16.938,04	21.935,04
PIB <i>per-capita</i> tratados	28.646,73	17.793,52	18.214,46	21.014,53	17.467,11	19.867,07	19.303,86	31.312,45	30.122,03	33.937,92
PIB <i>per-capita</i> controles	5.139,80	6.665,79	7.659,12	9.284,78	8.898,68	11.486,56	8.987,94	11.272,35	13.183,99	12.002,87
Erro-padrão	10.712,08	4.560,49	8.647,29	6.311,30	3.698,27	3.537,15	3.590,63	6.097,86	7.097,78	8.676,18
Estatística <i>t</i>	2,19	2,44	1,22	1,86	2,32	2,37	2,87	3,29	2,39	2,53
Unidades tratadas	4	5	6	7	10	15	16	20	16	17
Unidades controles	119	131	115	123	106	117	107	129	91	96
Total	123	136	121	130	116	132	123	149	107	113

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das estimações.

A Figura 8 ilustra os impactos da implantação dos parques eólicos sobre a renda dos municípios tratados em comparação àqueles não tratados.

Figura 8 – Comparação dos impactos da implantação dos parques eólicos sobre a renda dos municípios do Rio Grande do Norte entre 2010 e 2019



Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das estimações.

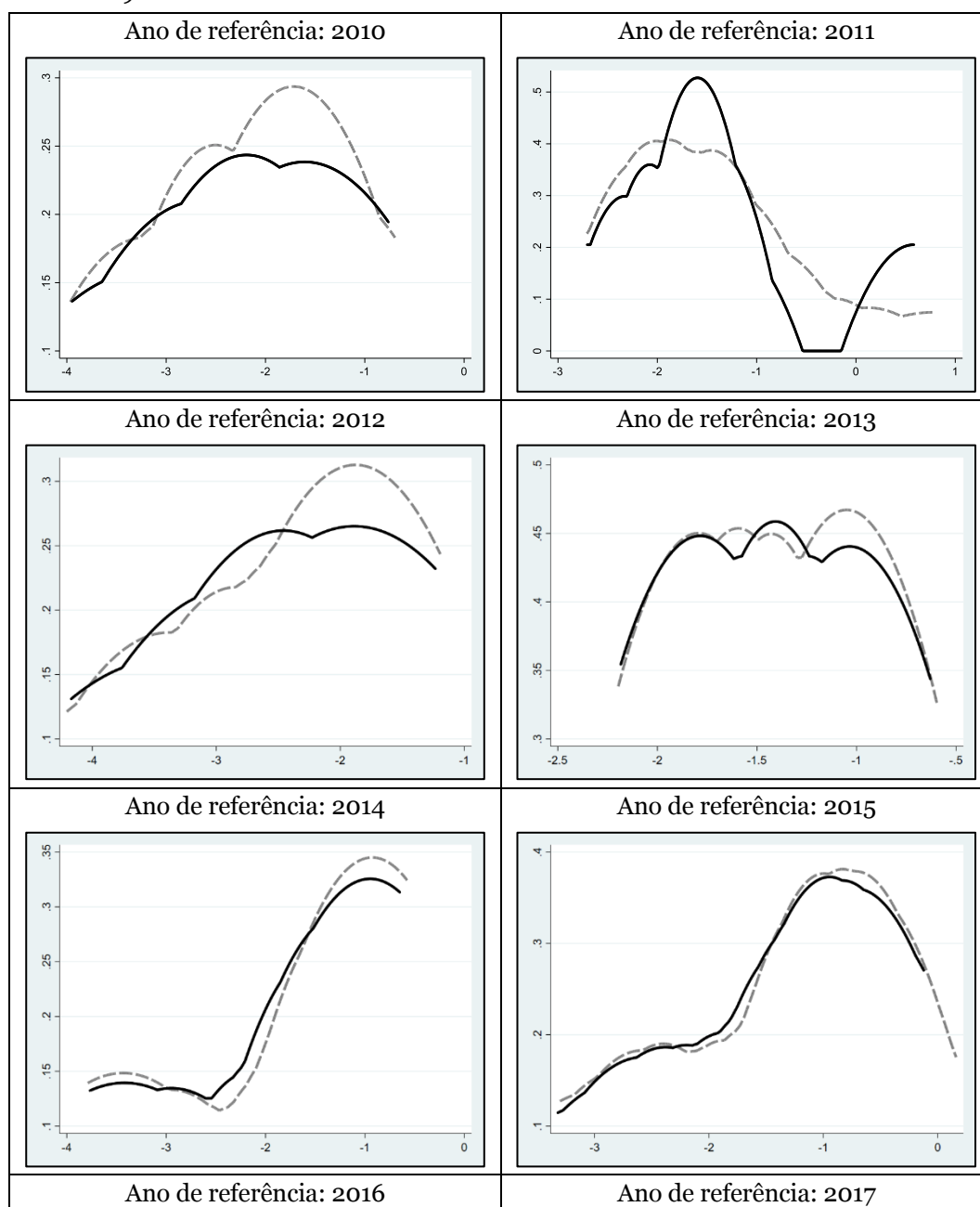
Através da Figura 8.a, é possível perceber a diferença entre os produtos *per capita* dos municípios que receberam investimentos em parques eólicos (em vermelho) e os que não foram contemplados (em azul). É notável que os municípios com parques eólicos apresentam uma renda *per capita* significativamente superior aos demais, e essa diferença aumenta a partir de 2016, possivelmente devido ao aumento do número de cidades com parques em construção.

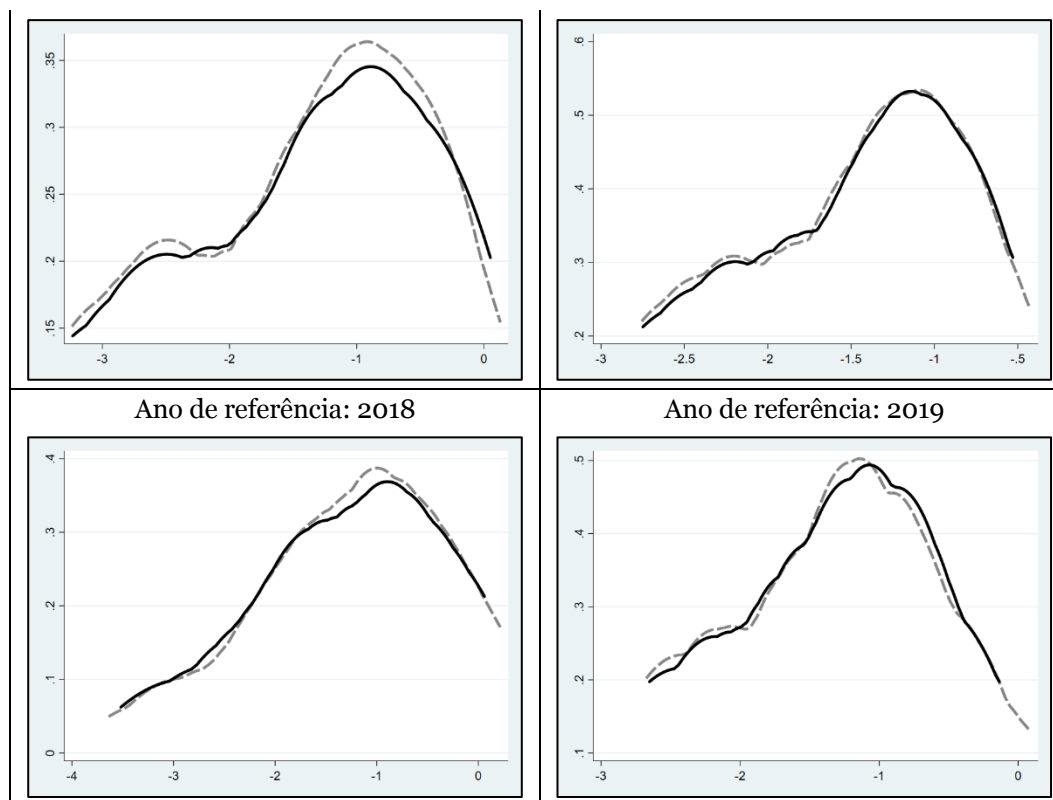
A Figura 8.b apresenta a variação média da diferença no produto *per capita* entre os municípios tratados e os controles ao longo do tempo. Os resultados evidenciam uma queda de mais de 50% no efeito médio de tratamento entre 2010 e 2012. Entretanto, é importante destacar que o efeito ainda é positivo e superior a R\$

10.000 nesse período. As estimativas indicam que não há diferenças significativas em 2013 e 2014, mas a partir de então, o efeito dos parques eólicos nas rendas municipais segue uma tendência crescente, alcançando quase R\$ 22.000 em 2019.

A hipótese de sobreposição, também conhecida como suporte comum, é importante para garantir que os municípios tratados tenham correspondentes adequados no grupo de comparação. Essa hipótese implica que sempre exista, ao longo da distribuição dos escores de propensão, observações próximas o suficiente para comparar os municípios tratados e não tratados, neste caso, aqueles que foram contemplados com a implantação de parques eólicos. Na Figura 9, são apresentados os resultados dos testes da hipótese de suporte comum para cada ano do período analisado, utilizando o método de pareamento dos dois vizinhos mais próximos.

Figura 9 – Testes da hipótese de suporte comum para o pareamento dos municípios tratados e controles entre 2010 e 2019





Fonte: Elaboração própria com base nos resultados das estimações.

A Figura 9 apresenta a distribuição dos escores de propensão para os municípios tratados e controles em cada ano do período analisado, considerando o pareamento pelo método dos dois vizinhos mais próximos. A linha tracejada representa a distribuição dos escores de propensão dos municípios controles, enquanto que a linha sólida representa a distribuição de probabilidades dos escores de propensão dos municípios que possuem os parques eólicos (ou seja, os municípios tratados). Ao analisar as curvas apresentadas, é possível verificar que a hipótese de suporte comum é respeitada para todos os anos de análise. No entanto, o ajuste parece ser melhor no período entre 2014 e 2019, possivelmente em decorrência do aumento do número de usinas que entraram em operação a partir de 2014.

Para verificar a robustez da especificação do modelo estimado, foram aplicados testes sobre o valor obtido para o ATT por cada ano. O Teste P tem como objetivo verificar se as características observadas e utilizadas para o pareamento estão pareadas corretamente. Os resultados indicaram que, antes do pareamento, as médias de algumas variáveis eram consideravelmente diferentes, porém, após o pareamento, a hipótese nula de igualdade das médias nestes mesmos grupos não foi rejeitada, demonstrando que o pareamento realizado melhorou o pareamento (*matching*) entre as variáveis dos municípios tratados e controles.

Também foram realizados testes de sensibilidade baseados nos Limites de Rosenbaum (*Rosenbaum Bounds*) para verificar se o pareamento realizado é robusto a vieses ocultos causados por variáveis não observáveis. A hipótese nula do teste dos Limites de Rosenbaum é que os resultados do modelo não são sensíveis a variáveis não observáveis, e segundo Malbouisson e Tiryaki (2017), um modelo é considerado robusto se a hipótese nula é rejeitada pelo menos para valores de *gamma* inferiores a 2. As estimativas obtidas indicam que o resultado alcançado com o ATT é considerado sem viés e significativo para descrever o impacto da implantação dos parques eólicos na renda *per capita* dos municípios potiguares no período de 2010 a 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa analisou os efeitos da instalação de parques eólicos na renda *per capita* dos municípios do Rio Grande do Norte que abrigam tais instalações. Foram investigados 21 municípios, cuja escolha se deu em função da disponibilidade de dados referentes ao período de 2010 a 2019. Utilizando uma estratégia empírica baseada em escores de propensão a análise se concentrou na produção de energia eólica no estado do Rio Grande do Norte, onde a predominância desta forma de energia é crescente, tornando-o um dos principais produtores de energia eólica do país.

Para realizar o pareamento pelo escore de propensão, foram selecionados dois métodos: a correspondência de Kernel e o *Nearest-Neighbor Matching* (vizinho mais próximo correspondente). Esses métodos foram escolhidos para que fosse possível comparar os resultados obtidos e obter uma conclusão mais precisa.

Os resultados indicam que, ao longo de todo o período analisado (2010 a 2019), os municípios que possuem parques eólicos apresentam uma diferença positiva em sua renda *per capita*. No entanto, nos anos de 2012 e 2013, os resultados sugerem que não houve diferenças significativas entre as rendas municipais. Já no período de 2016 a 2019, os resultados obtidos por ambos os métodos de pareamento foram semelhantes.

É notável que, entre 2011 e 2014, houve uma aparente diminuição no número de construções de parques eólicos. Através da análise de dados e revisão bibliográfica, percebe-se que durante os períodos de construção desses empreendimentos, a economia tende a ser mais dinâmica, resultando em um aumento mais significativo na renda per capita. Os parques eólicos têm potencial para contribuir de diversas maneiras para o desenvolvimento regional e melhorias na qualidade de vida. Alguns destes benefícios incluem a criação de empregos, impulso ao desenvolvimento de infraestruturas, redução da poluição, fomento ao desenvolvimento sustentável, diminuição dos custos de energia, incentivo ao investimento na economia local, e também podem abrir portas para oportunidades de educação e pesquisa (VASCONCELLOS; COUTO, 2021).

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Sistema de Informações de Gerações da ANEEL SIGA**. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZCooYjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtNDZhMio5MmQoLWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOjR9>. Acesso em: 25 fev. 2022.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2018. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2018.

ARMSTRONG, A. et al. Wind farm and solar park effects on plant–soil carbon cycling: uncertain impacts of changes in ground-level microclimate. **Global change biology**, v. 20, n. 6, p. 1699-1706, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim de Dados Jan. 2021**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/dados-abeeolica>. Acesso em: 20 nov. 2022.

AZEVEDO, F. F.; ARAÚJO, M. A. A.; SILVA, R. P. Novas estratégias de geração de energia no estado do Rio Grande do Norte – Brasil: O caso do setor eólico energético. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE HISTORIA DE LA ELECTRIFICACIÓN, 3., 2015, Cidade do México. **Anais** [...] Cidade do México: [s.n.], 2015.

BOLETIM ANUAL DO SETOR ENERGÉTICO DO RIO GRANDE DO NORTE – 2021. Boletim: gestão 2019/2022. Mossoró/RN, 2021.

ELESTINO, N. M.; CALILI, R. F.; LOUZADA, D. R. Método AHP para avaliação e escolha de fontes de geração para a segurança da expansão de energia - análise do caso do Nordeste Brasileiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA OPERACIONAL, 50., 2018, Rio de Janeiro. **Anais** [...]. Rio de Janeiro: SOBRAPO, 2018. v. 1.

COMPANHIA ENERGÉTICA DO RIO GRANDE DO NORTE. **Potencial eólico do estado do Rio Grande do Norte.** 47 f. Brasília – DF: COSERN/ANEEL, 2003.

COSTA, R.F. **Ventos que transformam?** Um estudo sobre o impacto econômico e social da instalação dos parques eólicos no Rio Grande do Norte/Brasil. 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado em Estudos Urbanos e Regionais) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

DANTAS, G. C. B.; RODRIGUES, M. V. S.; SILVA, L. M. X.; AQUINO, M. D. D.; THOMAZ, A. C. F. Panorama do setor eólico no estado do Rio Grande do Norte no período 2004-2017. **Estudos Avançados**, v. 35, p. 79-94, 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Expansão da geração – Fontes.** 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/areas-de-atuacao/energia-eletrica/expansao-da-geracao/fontes>. Acesso em: 07 set. 2022.

FERNANDES, B.; ARRAIS JUNIOR, E. A. Impactos ambientais dos Parques Eólicos na região da Costa Branca Potiguar. In: ENCONTRO DE COMPUTAÇÃO DO OESTE POTIGUAR, 2., 2017, Pau dos Ferros. **Anais...** Pau dos Ferros: UFERSA, 2017.

FIALHO, M. S. B. **Efeito do tempo da moagem de alta energia na obtenção da liga Al-2%Nb.** 2019. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, 2019.

FIERN. **Dados Estatísticos do Comércio Exterior.** Rio Grande do Norte: Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte, 2022. Disponível em: <https://www.fiern.org.br/dados-estatisticos-comercio-exterior/>. Acesso em: 07 set. 2022.

FREIRE, A. Í.; FONTGALLAND, I. L. Perspectivas e desafios econômicos da geração de energia eólica na região Nordeste do Brasil. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, 2022.

FREIRE, L. **Energias renováveis complementares: benefícios e desafios.** São Paulo: FGV, 2014.

HOFSTAETTER, M.; PESSOA, Z. S. Impactos socioambientais e regionais da energia eólica no Rio Grande do Norte. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE, 7., 2015, Brasília. **Anais...** Brasília: ANPPAS, 2015.

LEITÃO, F. O.; SILVA, W. H. Geração de energia e renda a partir do tratamento dos resíduos da suinocultura. **Informe Gepec**, v. 22, n. 1, p. 116-132, 2018.

MACEDO, L. D. **Produção de energia elétrica por fonte eólica no Brasil e aspectos de seu impacto na região Nordeste e Rio Grande do Norte**. 2015. 374f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2015.

MALBOUISSON, C.; TIRYAKI, G. F. **ECONOMETRIA NA PRÁTICA**. 1 ed. Rio de Janeiro: Alta Books, 2017.

MONTERO, L. R R. *et al.* **Proposta do aproveitamento do potencial da microgeração eólica na zona rural, urbana e litorânea brasileira**. In: CIÊNCIA SE FAZ COM PESQUISA. 1. ed. [S.l.]: Editora Realize, 2021. v. 1. p. 875-893.

ORZENIEWICZ, M. B. D. V. **Análise da matriz energética brasileira e a participação das energias renováveis a partir das políticas ambientais energéticas**. 2021. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) - Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

PEREIRA, M.V.R. **Estudo comparativo entre o potencial eólico e a energia efetivamente gerada para o complexo eólico de Osório**. 2012. 26f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

RINTZEL, L. T. **Análise dos impactos econômicos decorrentes das instalações dos parques eólicos nos municípios brasileiros**. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) - Programa de Pós-Graduação em Economia. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

RODRIGUES, M. V. S.; NEPOMUCENO, A. F.; MORAIS, E. Uma breve descrição do setor de energia eólica no estado do Rio Grande do Norte. 2017. In: **Brazil Windpower Conference & Exhibition**. Disponível em: <http://abeeolica.org.br>. Acesso em 18 fev. 2022.

RODRIGUES, W.; MELO, J. A. Avaliação econômica de tecnologias de agricultura de baixo carbono em regiões de Cerrado. **Informe Gepec**, v. 21, n. 1, p. 82-100, 2017.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41-55, 1983.

SAMPAIO, M. A. S. **A implementação de parques eólicos e seus impactos sobre os municípios brasileiros**. 2022. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, R. M.; RODRIGUES, M. S.; CARNIELLO, M. F. Energia e sustentabilidade: Panorama da matriz energética brasileira. **Revista Scientia**, v. 6, n. 1, p. 13-33, 2021.

SCORZAFAVE, L. G.; SOARES, M. K.; DORIGAN, T. A. Vale a Pena Pagar para Desarmar? Uma Avaliação do Impacto da Campanha de Entrega Voluntária de Armas sobre as Mortes com Armas de Fogo. **Estudos Econômicos**, v. 45, n. 3, p. 475-497, 2015.

SILVA, A. M.; VIEIRA, R. M. F. Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira. **Revista Direito Ambiental e sociedade**, v. 6, n. 2, p. 53-76, 2016.

SILVA, S. S. F.; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C. Energia eólica e complementaridade energética: Estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na região Nordeste do Brasil. **Qualitas Revista Eletrônica**, ISSN 1677 4280, v.19, n.3, p.53-72, 2018.

SIMAS, M. S. **Energia eólica e desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada.** 2012. Tese (Doutorado em Energia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

TOLMASQUIM, M. T; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. **Novos Estudos CEBRAP**, São Paulo, v. 3, n. 79, p. 47-69, 2007.

TRALDI, M. Os impactos socioeconômicos e territoriais resultantes da implantação e operação de parques eólicos no semiárido brasileiro. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, vol. XXII, n 589, maio, 2018.

VASCONCELLOS, H. A. S.; COUTO, L. Caiado. Estimation of socioeconomic impacts of wind power projects in Brazil's Northeast region using Interregional Input-Output Analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 149, p. 111376, 2021.

ZANFERDINI, R. S. **Impactos dos parques eólicos no mercado de trabalho nas cidades onde foram implementadas no Estado do Rio Grande do Norte.** 2016. 100 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

Recebido em 06/04/2023.
Aceito em 30/07/2023.

AUTORES

Fábio Lúcio Rodrigues. Doutor em Economia Aplicada pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Professor do Programa de Pós-Graduação em Economia (PPE) e do curso de Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), campus Central. Avenida Francisco Mota, 4222, Mossoró, RN, Brasil. CEP: 59.626-105. E-mail: prof.fabiolucio@gmail.com.

Júlia Thaiany de Lucena Figueiredo. Bacharela em Ciências Econômicas pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN). Avenida Mossoró, 525, Mossoró, RN, Brasil. CEP: 59.643-310. E-mail: julia.alulucena@gmail.com.