



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL

MARIA ANALICE DOS SANTOS SAMPAIO

**A IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS**

FORTALEZA

2022

MARIA ANALICE DOS SANTOS SAMPAIO

A IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Edward Martins Costa

Coorientador: Prof. Guilherme Irffi

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S236i Santos Sampaio, Maria Analice dos.
A implementação de parques eólicos e seus impactos sobre os municípios brasileiros / Maria Analice dos Santos Sampaio. – 2022.
75 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, Fortaleza, 2022.

Orientação: Prof. Dr. Edward Martins Costa.
Coorientação: Prof. Dr. Guilherme Dimiz Irffi.

1. energia eólica. 2. impactos. 3. municípios brasileiros. I. Título.

CDD 338.1

MARIA ANALICE DOS SANTOS SAMPAIO

A IMPLEMENTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS E SEUS IMPACTOS SOBRE OS
MUNICÍPIOS BRASILEIROS

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural.

Aprovada em 16/02/2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Edward Martins Costa (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Guilherme Diniz Irffi (Coorientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Elano Ferreira Arruda (Membro Interno)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profª. Solange Ledi Gonçalves (Membro Externo)
Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e por me manter perseverante e com fé de que tudo ocorre no tempo certo.

À minha irmã, Odalice Sampaio, por ser minha parceira da vida e sempre me apoiar. Aos meus pais, Ozileuda e Gilvan, pelas orações e por tanto amor. À toda a minha família por torcerem por mim.

Aos amigos que fiz no mestrado. Agradeço à Ana Cléssia pela amizade, ajuda e parceria nos artigos. Gércia e Gislayne pela amizade e convivência, não só na sala de aula, mas também em casa. Aos amigos que fiz no curso: Cícero, Ediglê, Enoque, Erivelton, Luana e Pedro, pelas conversas, risadas e ajuda.

Ao professor Edward Martins, por ser o melhor orientador da galáxia, pela confiança, paciência e também pelos puxões de orelha. Sou imensamente grata por tudo.

Ao professor Guilherme Irffi, pelos ensinamentos, por acreditar em mim e por ter me dado tantas oportunidades.

Agradeço também à professora Solange Gonçalves e o professor Marcos Falcão pelos comentários enriquecedores no projeto de qualificação, e ao prof. Elano Arruda, por aceitar participar da banca e pelos valiosos comentários.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural, em especial, aos professores Ahmad Saeed, José Lemos e Vitor Miro pelos ensinamentos e por serem bons profissionais e boas pessoas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro recebido durante o período do curso.

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, meus mais sinceros agradecimentos.

RESUMO

A preocupação com questões ambientais, bem como a busca pela mitigação das mudanças climáticas levou a uma corrida pelo desenvolvimento e inserção de tecnologias de energias renováveis na matriz elétrica das nações. Dentre essas fontes, a energia eólica destaca-se por ser uma das fontes renováveis mais promissoras, possuindo uma tecnologia aprimorada, com progressivo aperfeiçoamento. No Brasil, a energia eólica intervém de forma significativa na matriz elétrica do país, respondendo a mais de 9% da capacidade geradora brasileira e a segunda energia renovável mais utilizada. Diante da relevância da energia eólica no Brasil e dado seu elevado crescimento nos últimos anos, essa pesquisa tem por objetivo investigar os impactos da implementação das usinas eólicas nos municípios brasileiros. Faz-se uma análise dos efeitos da implementação dessas usinas nos indicadores econômicos municipais, utilizando uma metodologia de diferenças em diferenças escalonada, considerando: i) vários períodos de tempo; ii) variações no tempo de tratamento; e, iii) efeitos dinâmicos do tratamento, por meio de um projeto de Estudo de Evento. Os resultados mostraram que existem efeitos advindos da implementação de parques eólicos em indicadores econômicos, como PIB per capita e Valor Adicionado da Indústria, indicadores fiscais como a Receita Tributária e o ICMS responderam positivamente a instalação de parques eólicos quando se observa as estimativas para o estudo de evento. Vale ressaltar que foi observado um pequeno incremento no mercado de trabalho local, representado pela massa salarial per capita.

Palavras-chave: energia eólica; impactos; municípios brasileiros.

ABSTRACT

The concern with environmental issues, as well as the search for climate change mitigation, led to a race for the development and insertion of renewable energy technologies in the electric matrix of nations. Among these sources, wind energy stands out for being one of the most promising renewable sources, having an improved technology, with progressive improvement. In Brazil, wind energy plays a significant role in the country's electricity matrix, accounting for more than 9% of the Brazilian generating capacity and the second most used renewable energy. Given the relevance of wind energy in Brazil and given its high growth in recent years, this research aims to investigate the impacts of the implementation of wind farms in Brazilian municipalities. An analysis is made of the effects of the implementation of these plants on the municipal economic indicators, using a staggered differences-in-differences methodology, considering: i) several time periods; ii) variations in treatment time; and iii) dynamic treatment effects, through an Event Study project. The results showed that there are effects from the implementation of wind farms on economic indicators, such as GDP per capita and Added Value of Industry, fiscal indicators such as Tax Revenue and Tax on Goods and Services (ICMS) responded positively to the installation of wind farms when observing the estimates for the study of event. It is worth mentioning that a small increase was observed in the local labor market, represented by the per capita salary mass.

Keywords: wind energy; impacts; brazilian municipalities.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1	– Geração de eletricidade no mundo, em GWh, por tipo de combustível, 1971 a 2017.....	15
Gráfico 2	– Evolução da quantidade de usinas eólicas instaladas no Brasil, 1998 a 2018.....	18
Gráfico 3	– Potência Instalada de energia eólica, em KW.....	24
Gráfico 4	– Potência Acumulada de energia eólica, em KW.....	25
Figura 1	– Municípios com parques eólicos no território brasileiro.....	28
Figura 2	– Divisão dos grupos de controle segundo o critério regional.....	29
Figura 3	– Mapa LISA univariado da velocidade média dos ventos.....	39
Quadro 1	– Informações gerais sobre as fontes dos dados municipais.....	26
Quadro 2	– Covariadas de características municipais.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Matriz Elétrica Brasileira por tipo de geração (2020).....	17
Tabela 2	–	Quantidade de usinas eólicas por Região e Estado (2018).....	18
Tabela 3	–	Características dos municípios tratados e não tratados, em %.....	35
Tabela 4	–	Diferença de média e significância do Teste T por grupo de análise nos anos de 2008 e 2018.....	36
Tabela 5	–	Efeitos sobre o PIB per capita.....	41
Tabela 6	–	Efeitos sobre o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária.....	42
Tabela 7	–	Efeitos sobre o Valor Adicionado Bruto da Indústria.....	43
Tabela 8	–	Efeitos sobre a receita tributária.....	43
Tabela 9	–	Efeitos sobre os impostos.....	44
Tabela 10	–	Efeitos sobre o IPTU.....	45
Tabela 11	–	Efeitos sobre a Cota parte do Imposto sobre Produtos Industrializados - IPI.....	45
Tabela 12	–	Efeitos sobre a Cota parte do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS.....	46
Tabela 13	–	Efeitos sobre a Massa salarial per capita.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABEEÓLICA	Associação Brasileira de Energia Eólica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
DD	Diferenças em Diferenças
FINBRA	Finanças do Brasil
GW	Gigawatt
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IEA	<i>International Energy Agency</i>
ISSQN	Impostos Sobre Serviços de Qualquer Natureza
ITR	Imposto Territorial Rural
KW	Kilowatt
MW	Megawatt
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
PIB	Produto Interno Bruto
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
REN21	Rede de Políticas de Energia Renovável para o século XXI
SIN	Sistema Interligado Nacional
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
VAB	Valor Adicionado Bruto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	MATRIZ ENERGÉTICA E O AVANÇO DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS	14
2.1	Matriz Energética Mundial.....	14
2.2	Matriz elétrica brasileira.....	16
2.3	Funcionamento do sistema elétrico brasileiro.....	19
3	EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE USINAS EÓLICAS NO MUNDO E NO BRASIL.....	21
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	Base de Dados.....	24
4.2	Estratégia de Identificação.....	28
4.3	Estratégia Empírica.....	30
4.3.1	Pré-processamento dos dados.....	30
4.3.2	Modelo de Diferenças em Diferenças escalonado e Estudo de Evento.....	32
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	35
5.1	Análise descritiva.....	35
5.2	Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE).....	38
5.3	Resultados Gerais e Estudo de Evento.....	40
5.4	Avaliação dos efeitos da implementação de usinas eólicas.....	48
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICE A – TESTES DE MÉDIA PARA OS GRUPOS DE ANÁLISE.....	57
	APÊNDICE B – GRÁFICOS DE TENDÊNCIAS PARALELAS.....	61
	APÊNDICE C – RESULTADOS PARA AS VARIÁVEIS QUE NÃO PASSARAM NOS TESTES DE TENDÊNCIAS PARALELAS EM PELO MENOS UM DOS GRUPOS.....	70

1 INTRODUÇÃO

Diante do contexto mundial de mudanças climáticas e escassez de recursos, cresceu o debate sobre a importância das fontes de energia renováveis. Em 2015, foram instituídos, na Cúpula das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável em Nova York, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), um compromisso firmado por 193 líderes mundiais para a Agenda 2030, em que buscavam combater a pobreza, promover prosperidade e bem-estar, proteger o meio ambiente e enfrentar as mudanças climáticas. Um dos ODS abordado é a inserção de energia limpa e acessível na matriz energética das nações para garantir acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável, além de reduzir a emissão dos gases do efeito estufa (GEE) muitas vezes desencadeados pelo aumento no consumo de energias primárias.

As fontes de energia renováveis tiveram um crescimento médio anual de 3,1% de 2000 a 2019, sendo o segundo maior contribuinte para a produção global de eletricidade, respondendo por 25,2% da geração mundial em 2018, depois do carvão e à frente do gás, da energia nuclear e do petróleo (IEA, 2020). Dentre as fontes de energia renováveis, a energia eólica vem se destacando nos últimos anos em diversos países do mundo, como China, Estados Unidos, Índia, Espanha, Brasil, pois além do baixo impacto ambiental esse tipo de energia possui um dos melhores custo-benefício quando se trata de energias renováveis (ABEEÓLICA, 2019). Ademais, a energia eólica é uma das fontes renováveis mais promissoras, destacando-se por possuir uma tecnologia aprimorada, com progressivo aperfeiçoamento e ampliação do tamanho do Sistema de Geração Eólica (aerogeradores), possibilitando uma maior conversão dos ventos em energia cinética e eletricidade (CASTRO, 2009).

O Brasil é um dos países mais competitivos na geração de energia eólica, estando entre os dez maiores produtores do mundo (ABEEÓLICA, 2019). Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), no final de 2018, o país possuía 580 parques eólicos distribuídos em 14 estados. Com mais de 9% da capacidade geradora brasileira, a energia eólica ocupa o segundo lugar dentre as fontes de energia renováveis mais utilizadas no país, ficando atrás apenas das hidrelétricas que compõem a maior parte da matriz elétrica, 63,16%. A Região Nordeste, pelo seu grande potencial de ventos litorâneos, agrega mais de 80% de todo o potencial eólico brasileiro (ANEEL, 2020).

Diante do apresentado e dada a relevância do setor eólico para o Brasil, o objetivo desta pesquisa é avaliar os efeitos econômicos da implementação de parques eólicos nos municípios brasileiros. Especificamente, busca-se verificar se a instalação de parques eólicos nos municípios afeta indicadores econômicos (Produto Interno Bruto – PIB, Valor Adicionado

Bruto – VAB – e suas desagregações), indicadores fiscais (receitas e impostos municipais) e indicadores referentes ao mercado de trabalho. Assume-se que existem efeitos locais ocasionados pela implementação de parques eólicos, uma vez que é esperado um maior fluxo de capital humano para a construção, instalação e manutenção dos parques, associado à elevação na demanda por serviços, o que pode resultar em maior dinamismo da economia local e, por consequência, maior arrecadação de impostos, taxas e tributos.

Assim, para analisar se instalação de parques eólicos impacta as economias locais, foi considerado um conjunto de dados de diversas fontes (ANEEL, IBGE, FINBRA, RAIS), a partir de uma estrutura longitudinal dos municípios brasileiros durante o período 2004 a 2018. Como a implementação do parque eólico ocorre em determinado período do tempo e o município que recebeu o parque permanece exposto durante todo o período subsequente, optou-se por utilizar um modelo de diferenças em diferenças adaptado, utilizado por Jacobson *et al.* (1993) que considera: i) variação no tempo de tratamento; e, ii) múltiplos períodos de tempo, ou seja, os municípios passam a ser tratados em momentos distintos no tempo, apresentando diferentes fases de tratamento.

Alguns estudos como, por exemplo, Rintzel (2017), Rodrigues *et al.*, (2019) e Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020) analisaram os impactos da implantação de energia eólica no Brasil. Em termos de métodos, os autores utilizam, respectivamente, o método estrutural diferencial, modelos de diferenças e diferenças sem e com escalonamento. Em termos de resultados, verificam-se efeitos positivos sobre os níveis de emprego, salários, receita de impostos, VAB da agropecuária, PIB e PIB *per capita*. Entretanto, Rodrigues (2019) observa que os impostos responderam negativamente à implantação de parques eólicos.

Diante do exposto, esta pesquisa busca contribuir com a literatura sobre os efeitos econômicos de fontes de energia renováveis, especialmente a energia eólica, diferenciando-se dos trabalhos de Rodrigues (2019) e Rintzel (2017) em que foram selecionados apenas os municípios circunvizinhos aos que possuem parques eólicos, bem como o estudo de Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), em que foram considerados apenas os indicadores referentes ao mercado de trabalho.

Além desta introdução, este estudo será dividido em mais cinco seções. Na segunda seção serão abordadas as matrizes energéticas mundial e a brasileira, dando ênfase às fontes renováveis de energia. Posteriormente, na terceira seção, serão apresentadas evidências empíricas acerca do tema desenvolvido. Na quarta, expõe-se a metodologia utilizada, base de dados e estratégia empírica. Os resultados serão apresentados na seção seguinte, e na última seção, serão apresentadas as considerações finais acerca do tema desenvolvido.

2 MATRIZ ENERGÉTICA E O AVANÇO DAS FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS

A evolução da matriz energética mundial, com substituição gradual das fontes primárias e não renováveis é uma preocupação mundial. Os combustíveis fósseis, até então predominantes, estão enfrentando restrições ambientais crescentes, com um esgotamento das reservas disponíveis. As fontes de energia renováveis vêm ganhando mais espaço na matriz energética mundial. Com crescimento de 3,1% ao ano de 2000 a 2019, o que corresponde à 25,2% da produção de eletricidade em 2018 (IEA, 2020). Além de contribuir com o aumento da oferta de energia, as energias renováveis possibilitam a diversificação da matriz elétrica e contribuem com a redução da emissão de gases do efeito estufa¹. Dentre essas fontes, destaca-se, no Brasil, a energia eólica, que tem apresentado um aumento expressivo em sua capacidade instalada, sendo a segunda energia renovável mais utilizada no país.

Essa seção expõe uma breve discussão acerca da evolução da Matriz Energética Mundial destacando o crescimento das fontes de energia renováveis, com ênfase na energia eólica. Discute-se, também, a Matriz Elétrica Brasileira e o funcionamento do sistema elétrico brasileiro atual.

2.1 Matriz Energética Mundial

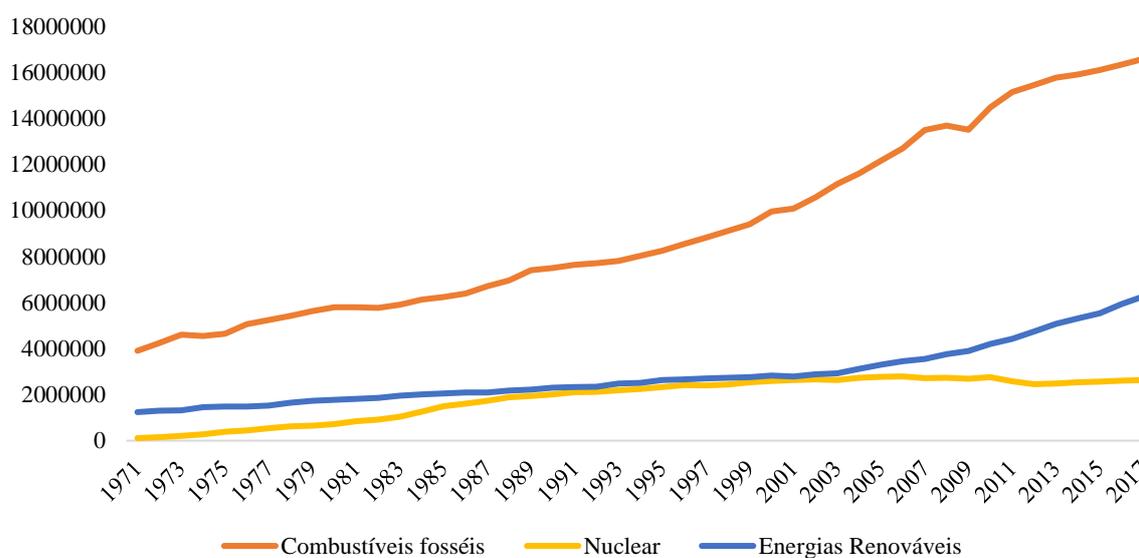
Fontes de energia como água, vento e lenha foram predominantes no início das civilizações. Ao longo dos séculos, essas fontes foram sendo substituídas pelo carvão, gás, urânio – para produção de energia nuclear – e, principalmente, pelo petróleo. O ressurgimento das energias renováveis dá-se a partir dos choques na oferta de petróleo ocorridos na década de 1970, para assegurar a diversidade e segurança no fornecimento de energia, além da preocupação com o meio ambiente (CASTRO, 2005). Dados da Agência Internacional de Energia (IEA) sobre a matriz energética mundial mostram que a demanda por petróleo alcançava 45,6%, em 1973, incluindo as fontes carvão e gás, a dependência dos combustíveis fósseis chegava a 86,7% (IEA, 2016).

O mundo ainda utiliza, majoritariamente, para seu suprimento energético, combustíveis fósseis tais como carvão, petróleo e gás natural, como se vê no Gráfico 1. Esse tipo de padrão de produção e consumo tem gerado, ao longo do tempo, externalidades negativas ao meio ambiente, como a emissão de poluentes e gases do efeito estufa, colocando em risco,

¹ Ver Poole *et al.*, (1998) e Foley (2009).

no longo prazo, a sustentabilidade e suprimento de todo o planeta (VENTURA FILHO, 2009). É notável a elevada dependência de combustíveis fósseis, mas observa-se também um avanço das fontes de energias renováveis nomeadamente energia hídrica, geotérmica, solar, eólica e das marés/ondas/oceano, bem como de biocombustíveis e resíduos renováveis ao longo dos anos, que ultrapassaram a energia nuclear.

Gráfico 1 – Geração de eletricidade no mundo, em GWh, por tipo de combustível, 1971 a 2017.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da IEA (2020).

Desde 1990, o crescimento das fontes de energia renováveis é, em média, 3,8% ao ano, porcentagem maior que a taxa de crescimento de geração total de eletricidade (2,9%). Em 1990, a produção de eletricidade, a partir de fontes de energia renováveis, era de 19,4%. Em 2018, essa parcela aumentou para 25,2%, sendo o segundo maior contribuinte para a geração de eletricidade no mundo (IEA,2020). Esse rápido crescimento no contexto mundial se dá especialmente pelos incrementos no setor elétrico, como a melhora da competitividade, custos das tecnologias, iniciativas de políticas públicas específicas, preocupações ambientais e segurança energética. Estima-se que 147 gigawatts (GW) de capacidade de energia elétrica renováveis foram acrescentadas no ano de 2015, tendo seu maior aumento anual de capacidade de todos os tempos. As energias eólicas e solar fotovoltaica foram as que mais contribuíram com esse aumento, apresentando incrementos recordes em dois anos consecutivos, que responderam a cerca de 77% das novas instalações (REN21, 2016).

Os países europeus foram pioneiros na utilização de energia eólica e concentram grande parte da capacidade instalada mundial, principalmente relacionados aos parques eólicos

offshore. Alemanha e Espanha foram os primeiros e principais fabricantes de aerogeradores, tendo esforços de desenvolvimento tecnológico voltados para esse fim. Outros países como China, Estados Unidos e Índia também aumentaram suas instalações eólicas pelo desenvolvimento de fornecedores de tecnologias próprias. Vale destacar que os esforços tecnológicos mais recentes das indústrias eólicas voltaram-se para as instalações offshore, que têm sido construídas e planejadas sobretudo na China, Dinamarca, Suécia, Irlanda, Alemanha, Reino Unido e Estados Unidos (LAGE; PROCESSI, 2013).

De acordo com a Rede de Políticas de Energia Renovável para o século XXI (2016), o setor de energia renovável configura-se como um grande gerador de empregos, alcançando 8,1 milhões de empregos adicional em 2015, com exceção dos gerados pela energia hidroelétrica, que respondeu por 1,3 milhões de empregos diretos adicionais. Del Río e Burguillo (2008) também destacam a geração de empregos a partir da construção de usinas renováveis, uma vez que há um aumento na demanda por bens e serviços para o total de pessoas envolvidas na obra, como hospedagem e alimentação. Dessa forma, os fornecedores locais podem ser beneficiados, havendo um aumento na renda e os empregos temporários nas comunidades fora das obras. Além disso, podem ocorrer melhorias de infraestrutura das comunidades beneficiadas. Os autores ainda destacam que no caso da energia eólica, por exemplo, os aerogeradores ocupam apenas uma pequena área do total arrendado, podendo ser desenvolvidas outras atividades produtivas naquela área.

De acordo com Blanco e Rodrigues (2009), muitos empregos são gerados a partir da energia eólica, enfatizando que há externalidades positivas entre a localização de parques eólicos e a quantidade de novos empregos. Em concordância, Simas e Pacca (2013) expressam que além de empregos, as energias renováveis, dentre elas a energia eólica, geram também inovação tecnológica e desenvolvimento industrial além de crescimento das receitas fiscais locais.

2.2 Matriz elétrica brasileira

O Brasil é um país que possui uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo, totalizando 82,76% da matriz energética total segundo a agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Dessa quantidade, 63,16% referem-se ao grande potencial hidráulico brasileiro. Entretanto, a escassez hídrica tem comprometido a geração de energia elétrica a partir dessa

fonte, e forçado a busca pela ampliação da produção de energia elétrica, sem se limitar às grandes centrais hidrelétricas (ANEEL, 2020)².

O total atual é de 8.978 empreendimentos em operação³ de energias, como pode ser observado na Tabela 1, com a geração de 174705324,96 kW de potência. São previstos para os próximos anos, a adição de 33833805,5 kW na capacidade de geração do país, provenientes dos empreendimentos atualmente em construção 266, e mais 628 empreendimentos em construção não iniciada.

Tabela 1 – Matriz Elétrica Brasileira por tipo de geração (2020)

Tipo	Potência Outorgada (kW)	Potência Fiscalizada (kW)	Quantidade	% (Potência Outorgada)
Central Geradora hidrelétrica (CGH)	809378,07	806863,07	733	0,46
Central Geradora undi-elétrica (CGU)	50,00	50,00	1	0,00
Central Geradora Eólica (EOL)	15960603,86	15827532,86	647	9,14
Pequena central hidrelétrica (PHC)	5386040,49	5334108,57	419	3,08
Central geradora solar fotovoltaica (UFV)	2942341,25	2929955,25	3900	1,68
Usina hidrelétrica (UHE)	102999428,00	103026876,00	219	58,96
Usina termelétrica (UTE)	44617483,29	42924985,99	3057	25,54
Usina termonuclear (UTN)	1990000,00	1990000,00	2	1,14
Total	174705324,96	172840371,74	8978	100,00

Fonte: ANEEL/SIGA. Dados de 19 de ago.2020.

Os estados que mais contribuem com a capacidade instalada são, respectivamente, São Paulo, Paraná e Minas Gerais, respondendo a cerca de 46% da geração de energia. A matriz elétrica brasileira é, predominantemente, renovável, dada principalmente pela geração de energia via ciclo das águas. Contudo, estudos alertam para as fragilidades da energia hidráulica, especialmente na concentração em grandes usinas hidrelétricas, uma vez que o sistema se torna vulnerável em períodos de estiagem, faz-se necessária a utilização de outras fontes de energia para que a demanda seja atendida (RODRIGUES et al., 2019).

Depois da crise do abastecimento energético ocorrida no Brasil em 2001, as atenções foram voltadas às energias renováveis. Era preciso diversificar a matriz energética e a energia eólica foi uma das alternativas encontradas. Naquele ano, foi criado o Programa Emergencial de Energia Eólica (Proeólica), que tinha como meta contratar 1050 megawatts

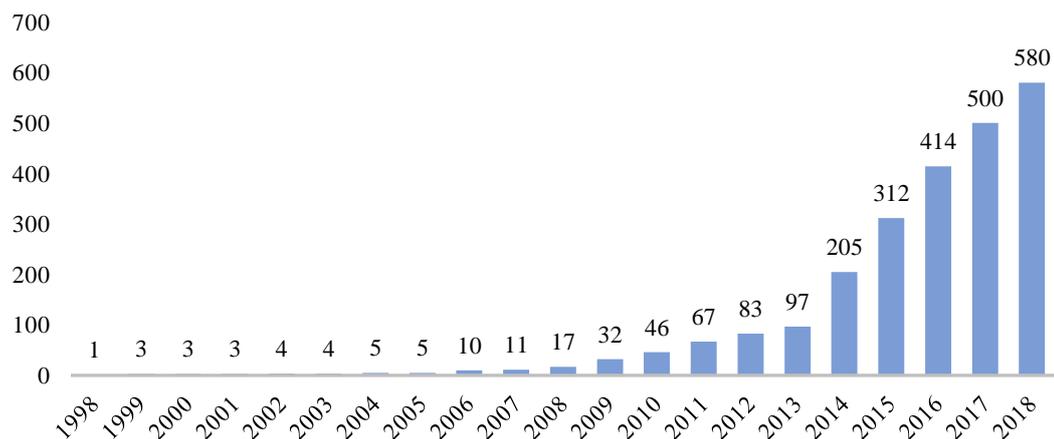
² Dados de 19 de agosto de 2020.

³ Segundo a ANEEL, os empreendimentos em operação são aqueles que iniciaram a operação a partir da primeira unidade geradora; em construção são aqueles empreendimentos que após obtida a licença ambiental de instalação deram início às obras locais e os que correspondem a construção não iniciada são aqueles empreendimentos que recebem o chamado Ato de Outorga, ou seja, concessão, permissão, autorização ou registro, mas que ainda não iniciaram as obras.

(MW) de projetos eólicos até o final de 2003. No entanto, esse programa não foi bem-sucedido (ALVES, 2010).

Em 2002, o governo instituiu o Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia (PROINFA), cujo objetivo era incentivar a indústria nacional para geração de energia limpa, mas a produção local era nova e cara, e ainda não era competitiva nos leilões de energia realizados pela ANEEL. A primeira fase do PROINFA aconteceria entre 2006 e 2008, e o governo garantia a compra da energia eólica que estava sendo gerada por um período de vinte anos (ALVES, 2010). No entanto, no âmbito deste programa, apenas 54 parques eólicos foram criados (GONÇALVES; RODRIGUES; CHAGAS, 2020). O Gráfico 2 mostra a evolução da quantidade de usinas eólicas no Brasil. Como se vê, o crescimento é exponencial a partir de 2014.

Gráfico 2 – Evolução da quantidade de usinas eólicas instaladas no Brasil, 1998 a 2018



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL/SIGA. Dados de 19 de ago.2020

A Região Nordeste é a que tem maior quantidade de usinas eólicas instaladas, representando mais de 80% de todas as usinas implementadas no Brasil. Isso se deve ao fato de que os ventos litorâneos do Nordeste serem propícios pra tal atividade. Vale destacar também que o preço da terra na Região Sul (a segunda região que mais produz energia eólica) é mais valorizado que no Nordeste (GASQUES, BASTOS e VALDES, 2008; CAETANO BACHA, STEGE e HARBS, 2016).

Tabela 2 – Quantidade de usinas eólicas por Região e Estado (2018)

Região	Estado	Quantidade de usinas eólicas
Nordeste	Rio Grande do Norte	142
Nordeste	Bahia	137
Sul	Rio Grande do Sul	81

(continua)

(continuação)

Região	Estado	Quantidade de usinas eólicas
Nordeste	Pernambuco	35
Nordeste	Paraíba	15
Sul	Santa Catarina	15
Nordeste	Maranhão	11
Sudeste	Minas Gerais	1
Sul	Paraná	1
Sudeste	Rio de Janeiro	1
Nordeste	Sergipe	1
Sudeste	São Paulo	1
Total	Brasil	580

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL/SIGA. Dados de 19 de ago.2020.

2.3 Funcionamento do sistema elétrico brasileiro

O modelo para o setor elétrico brasileiro, que vigorou da metade da década de 1990 até 2002, apresentava tendências liberais. Esse modelo mostrou-se ineficaz, não atendendo os principais objetivos do serviço público, tais como confiabilidade de suprimento, modicidade tarifária e universalidade. A ausência de planejamento somada a questões técnicas e ambientais culminaram, em 2001, uma grave crise do setor elétrico brasileiro. Iniciou-se, a partir daí, a implementação de um novo modelo que trouxe a retomada da coordenação e planejamento com atuação mais ativa do Estado. Instaurado em 2004 pelas Leis nº 10.847/2004 e nº 10.848/2004, o novo modelo caracteriza-se por ser mais híbrido, com maior participação estatal através de parcerias público-privada (TOLMASQUIM, 2011).

O novo modelo teve como objetivos garantir a segurança no suprimento, propiciar a modicidade tarifária e promover a inserção social. Uma das principais alterações promovidas foi a criação de dois ambientes de contratação de energia: o Ambiente de Contratação Regulada (ACR), exclusivo para geradoras e distribuidoras; e o Ambiente de Contratação Livre (ACL), do qual participam geradoras, comercializadoras, importadores, exportadores e consumidores livres. Além disso, o vencedor do leilão passou a ser o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das futuras usinas, sendo o critério para a concessão de novos empreendimentos (ANEEL, 2008).

O Novo Modelo do Setor Elétrico preservou o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), responsável por coordenar e supervisionar a operação centralizada do sistema interligado brasileiro; e a Aneel, sendo a agência reguladora. Novos agentes foram criados, como o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME), com o objetivo de acompanhar e avaliar a continuidade e a segurança do suprimento energético em todo o território nacional. Também ligado ao MME, foi instituída a

Empresa de Pesquisa Energética (EPE), incumbida a elaborar novos estudos para o planejamento e expansão do sistema elétrico. Outro órgão criado foi a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), que abriga a negociação da energia no mercado livre (ANEEL, 2008).

Os segmentos que compõem a Cadeia Produtiva de Energia Elétrica são tradicionalmente os de geração, transmissão e distribuição. O setor de transmissão é constituído de uma rede de linhas de transmissão que se espalha por todo o território com função de levar energia elétrica das fontes geradoras até as empresas distribuidoras. A transmissão e distribuição de energia elétrica brasileira é realizada por meio do Sistema Interligado Nacional (SIN); esse sistema é formado pelos subsistemas Sul, Norte, Sudeste/Centro-Oeste e Nordeste – abrange todos os estados do Nordeste, exceto Maranhão. A integração constituída por extensas redes de transmissão confere maior segurança ao SIN, garantindo um sistema em que independentemente da fonte de energia ou localização, contribui para atender a carga de energia em todo o sistema, por exemplo, a insuficiência de água para a geração de energia no Nordeste pode ser compensada pelas usinas de outras regiões do país e vice-versa (BEZERRA, 2018).

3 EVIDÊNCIAS EMPÍRICAS DOS IMPACTOS ECONÔMICOS DA IMPLEMENTAÇÃO DE USINAS EÓLICAS NO MUNDO E NO BRASIL

Diante do contexto mundial de mudanças climáticas e escassez de recursos surge o debate acerca do potencial da energia eólica, que é uma fonte de energia renovável e de baixo impacto ambiental. A literatura indica que a implantação de usinas eólicas pode ser um importante canal de desenvolvimento local em diferentes aspectos socioeconômicos, principalmente relacionados ao mercado de trabalho.

Brown *et al.*, (2012) analisaram o impacto do desenvolvimento da energia eólica na renda pessoal e empregos nos condados dos EUA. Em uma grande região rica em ventos do país, via análise econométrica ex-post, verificaram o impacto local do desenvolvimento real da instalação de energia eólica no período de 2000 a 2008. Os autores encontraram evidências de relação positiva entre a instalação de energia eólica e essas variáveis, observando um aumento na renda agregada pessoal e no emprego de aproximadamente U\$\$ 11000 e 0,5 empregos por megawatt (MW) de energia eólica instalada. Além disso, foi observado um aumento médio de 0,2% na renda pessoal e 0,4% nos empregos para condados tratados no período analisado.

Ejdemo e Söderholm (2015) fizeram um levantamento da literatura empírica existente a fim de investigar o impacto do desenvolvimento regional relacionado aos empregos influenciados por projetos de energia eólica, avaliaram os impactos potenciais no emprego de um investimento em parque eólico em curso no norte da Suécia em diferentes cenários de repartição de benefícios. Os autores utilizaram um modelo denominado rAps, que avalia impactos regionais, desenvolvido pela Agência Sueca para o Crescimento Econômico e Regional, com o intuito de estimar os potenciais impactos econômicos de um investimento contínuo em um parque eólico no condado sueco de Norrbotten sob diferentes benefícios. Os resultados corroboraram com muitas pesquisas anteriores, evidenciando impactos significativos de obras de construção, especialmente na presença de fabricação local, a análise mostra que, na ausência de mecanismos de repartição de benefícios, os impactos do emprego para Norrbotten durante a fase de operação será modesto, com o multiplicador de emprego de 1,4. No entanto, mesmo em um cenário de baixa das receitas de energia eólica, assume-se que isso geraria impactos positivos significativos nas taxas de emprego.

Com base nos dados de 2005 e 2011 e um modelo econométrico ex-post, Xia e Song (2017) analisam o impacto da instalação de energia eólica na economia local da China. Os autores verificaram que a capacidade instalada de energia eólica tem um pequeno e estável efeito positivo estatisticamente significativo sobre o PIB, indicando que 1MW (*per capita*)

traria um aumento de 2246 RMB no PIB *per capita* durante os anos analisados. Mas foram encontrados resultados negativos com relação à receita fiscal local.

Uma questão mal compreendida quando se trata de investimento em energia eólica é se a comunidade local é beneficiada. Mauritzen (2020) investigou se a presença de parques eólicos, normalmente presentes na zona rural das comunidades, exercia influência direta, permanente e mensurável sobre o bem-estar econômico dos residentes locais dessa comunidade, medida pelos salários médios. Para isto, analisou os condados nos EUA com usinas eólicas com capacidade acima de 1 megawatt (MW) utilizando um modelo multinível bayesiano. Foi observado um efeito positivo significativo com um aumento de 2% nos salários após o investimento em um grande parque eólico de 400 MW. No entanto, o efeito tem variação geográfica e socioeconômica uma vez que municípios com baixo emprego tendem a ter pouco impacto nos salários de energia eólica, potencialmente devido à folga no mercado de trabalho que impede o aumento dos salários.

Em relação ao Brasil, alguns estudos (Simas, 2012; Rintzel, 2017; Martini, Jordão e Grimaldi, 2018; Rodrigues, Gonçalves e Chagas, 2019; Rodrigues *et al.* 2019; e, Gonçalves, Rodrigues e Chagas, 2020) analisam o impacto da energia eólica sobre os municípios brasileiros. Simas (2012) quantifica o potencial de geração de empregos pela energia eólica no Brasil, analisando os empregos, diretos e indiretos, em até 330 mil empregos gerados por ano até 2020 devido a demanda por insumos a partir da matriz de insumo-produto e por meio da elaboração de cenários. A maior contribuição para a geração de empregos diretos é o setor de construção, respondendo por cerca de 70% dos empregos gerados, mostrando grande potencial para a criação de empregos em diversas áreas rurais.

A partir do Método Estrutural Diferencial, com dados de emprego, arrecadação fiscal e valor adicionados de municípios para o período de 1998 a 2012, Rintzel (2017) observou que os municípios que possuem parques eólicos – em comparação com os seus circunvizinhos – obtiveram maior incremento, principalmente no emprego. Exibiram, também, embora menos expressivas, variações positivas na receita de impostos e no valor adicionado bruto, indicando que a presença de parque eólico, em determinado município, impacta positivamente nos fatores econômicos do município.

Martini, Jordão e Grimaldi (2018) analisaram os possíveis impactos da política de construção de usinas eólicas nos municípios brasileiros no período de 2008 a 2014 a partir da metodologia de controle sintético e observa que os resultados são heterogêneos, mas com efeitos medianos positivos sobre o PIB *per capita*. Os efeitos compilados são mais favoráveis em 2 anos após as construções e em parques eólicos com investimentos mais elevados.

Tendo como base o ano de 2013, Rodrigues, Gonçalves e Chagas (2019) analisaram o impacto da construção de usinas eólicas nos municípios do Nordeste brasileiro por meio do método de *Propensity Score Matching* (PSM) espacial. Os autores relacionaram a implementação de parques eólicos e a mão de obra do mercado de trabalho dos municípios, fazendo o cálculo do efeito médio do tratamento sobre os tratados e considerando os efeitos espaciais. Os resultados sugerem que nos municípios que possuem usinas eólicas em operação, ou construção, o nível total de salários nos setores de construção, transporte e logística é maior, e esses municípios apresentam 48% empresas a mais do setor agrícola, sugerindo assim que a presença de usinas eólicas leva à transferência de recursos para o setor agrícola, impulsionando essa atividade na economia local.

Contribuindo para as discussões acerca da temática de causalidade de efeitos dos parques eólicos, Rodrigues *et al.*, (2019) analisaram os impactos da implementação de parques eólicos em indicadores econômicos e fiscais dos municípios brasileiros de 2005 a 2015. De acordo com os resultados do modelo de DD, pode-se inferir que a instalação dos parques possui impacto positivo sobre o VAB da agropecuária, PIB e PIB per capita, mas, apresentam uma realidade diferenciada da comumente encontrada na literatura quando se refere aos VAB da indústria e serviços que mostraram efeitos negativos. No que se refere à parte fiscal, os impostos também responderam negativamente à implantação de parques eólicos.

Para analisar os impactos diretos e indiretos da implementação de parques eólicos, Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020) consideraram os níveis de emprego e salários da economia brasileira com respeito aos anos de 2004 a 2016. Ao estimar o modelo de DD escalonada, por considerar variações no tratamento, variação no tempo de tratamento, efeitos de tratamento dinâmico, observaram que a expansão da energia eólica pode gerar impactos sociais relevantes podendo durar até dois anos após a implantação de parques eólicos nos municípios. Os autores identificaram efeitos positivos sobre os empregos e salários, principalmente para os trabalhadores com menor escolaridade e de pequena e média empresas.

4 METODOLOGIA

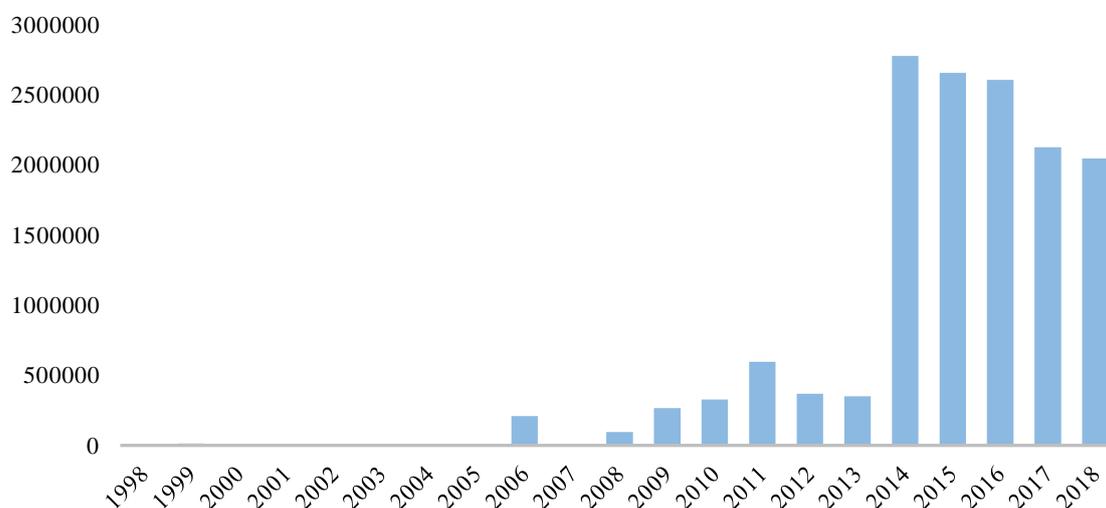
Nesta seção são apresentadas as fontes de dados, a estratégia de identificação dos grupos de tratamento e controle, assim como a estratégia empírica adotada para alcançar o objetivo proposto.

4.1 Base de Dados

A base de dados utilizada nessa pesquisa foi construída a partir de dados anuais dos municípios brasileiros no período de 2004 a 2018, considerando variáveis provenientes de 6 (seis) fontes, a saber: ANEEL, IBGE, FINBRA, RAIS. A quantidade de parques, que indica o tratamento, e a potência instalada foram obtidas junto ao Sistema de Informações de Geração da ANEEL (SIGA). Essa base contém informações sobre a data de implementação, localização das usinas e a capacidade instalada. Vale ressaltar que foram excluídas do tratamento usinas com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), pois essas usinas não são construídas com finalidade comercial (ANEEL, 2014; GONÇALVES, RODRIGUES E CHAGAS, 2020).

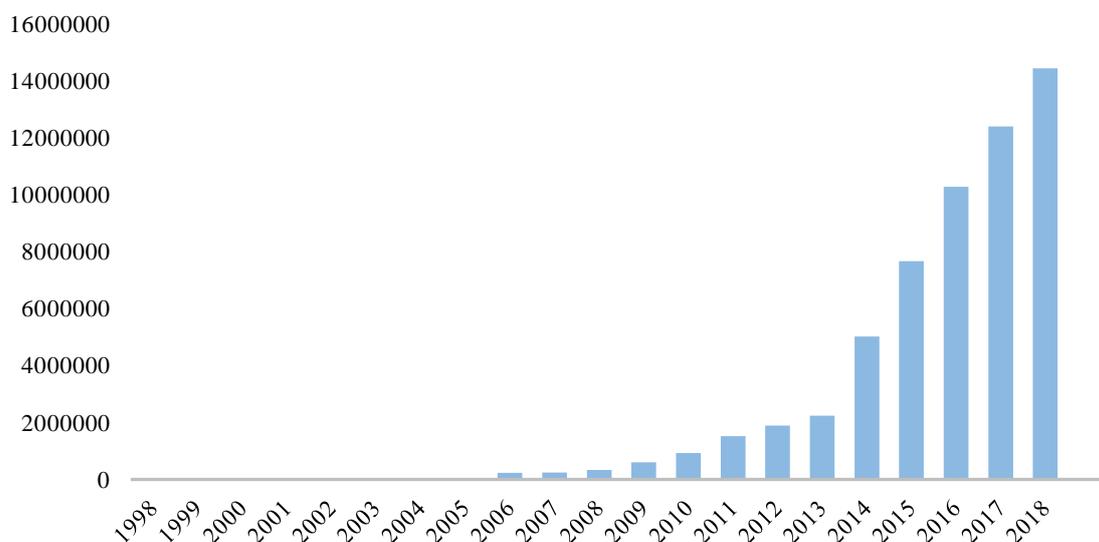
O período de análise é de 2004 a 2018. A partir de 2009, o potencial de geração de energia eólica teve uma tendência de crescimento, como pode ser observado nos Gráficos 3 e 4. A Potência Instalada é apresentada no Gráfico 3 e representa a nova potência implementada em cada ano e a Potência Acumulada, mostrada no Gráfico 4, é o total de potência em cada ano.

Gráfico 3 – Potência Instalada de energia eólica, em KW



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL/SIGA. Dados de 19 de ago.2020.

Gráfico 4 – Potência Acumulada de energia eólica, em KW



Fonte: Elaboração própria com base nos dados da ANEEL/SIGA. Dados de 19 de ago.2020.

Como as informações sobre a construção não estão disponíveis, considera-se o momento de implementação do parque eólico para que ele seja tratado. No entanto, a literatura afirma que pode haver impactos também no processo de construção das usinas (COSTA *et al.*, 2009; Brown *et al.*, 2012). De acordo com Montezano (2012), o tempo de construção de uma usina eólica é de 12 a 24 meses. Assim sendo, o estudo considera o tempo de construção de até dois anos, para avaliar o efeito do pré-tratamento.

Em relação aos indicadores de resultado considerados para verificar o problema deste estudo, são empregados o PIB e VAB da Agropecuária, Indústria e Serviços obtidos junto ao IBGE e RAIS, referentes aos postos de trabalho no mercado formal, do Ministério do Trabalho e Emprego. Em relação aos indicadores tributários, arrecadação de impostos e receitas, dentre outros fiscos, foram extraídos da Secretaria de Informações Contábeis e Fiscais do Setor Público Brasileiro (FINBRA/SICOFIN).

As características socioeconômicas municipais são consideradas como covariadas, que captam o tamanho dos municípios, a população. Além do mais, foram incluídas informações sobre o porte populacional do município, tipologia e se o município está localizado no semiárido ou não.

Quadro 1 – Informações Gerais sobre a fonte de dados municipais

Variável	Descrição	Unidade de medida	Fonte
Parques	Número de parques eólicos implementados nos municípios em cada ano; representa as novas instalações por ano (Unidade)	Unidade	SIGA/ANEEL
Acumulado parques	Acumulado de parques, representa a soma dos parques eólicos já existentes com os novos parques implantados, por ano nos municípios. (Unidade)	Unidade	SIGA/ANEEL
Potência instalada	Potência Instalada das usinas em operação; representa a capacidade de geração de energia. (KW)	KW	SIGA/ANEEL
Potência acumulada	Potência Acumulada, é a soma da potência instalada nova com a potência instalada dos anos anteriores em cada município com instalações eólicas. (KW)	KW	SIGA/ANEEL
Área	Área municipal em km ²	Km ²	IBGE
População	Quantidade de habitantes no município por ano (Unidade)- População residente estimada	População	IBGE
Densidade populacional	A densidade populacional é calculada pela divisão da população pela área. Representa a quantidade de habitantes por quilometro quadrado. (hab/km ²)	Quantidade de habitantes/quilometro quadrado	IBGE
PIB	Produto Interno Bruto	R\$	IBGE
PIB per capita	PIB per capita é calculado pela divisão do PIB pelo número de habitantes (PIB/população).	PIB/população	IBGE
Vab Agro	Valor Adicionado Bruto da Agropecuária	R\$	IBGE
Vab Ind	Valor Adicionado Bruto da Indústria	R\$	IBGE
Vab Serv	Valor Adicionado Bruto dos Serviços	R\$	IBGE
Receita orçamentária	Receita Orçamentária=- total de receitas arrecadadas	R\$	FINBRA/Sicofin
Receita corrente	Receita Corrente	R\$	FINBRA/Sicofin
Receita tributária	Receita Tributária	R\$	FINBRA/Sicofin
Impostos	Impostos= Total de impostos arrecadados	R\$	FINBRA/Sicofin
IPTU	Imposto sobre Propriedade Territorial Urbana	R\$	FINBRA/Sicofin
ISSQN	Impostos sobre serviços de qualquer natureza	R\$	FINBRA/Sicofin
Taxas	Taxas = Taxas de prestação de serviços + taxas de poder de polícia.	R\$	FINBRA/Sicofin

(continua)

(continuação)

Variável	Descrição	Unidade de medida	Fonte
Cota IRT	Cota parte do Imposto sobre Propriedade Territorial Rural.	R\$	FINBRA/Sicofin
Cota de IPI	Cota parte do Imposto sobre Produtos Industrializados	R\$	FINBRA/Sicofin
Cota de ICMS	Cota parte do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços.	R\$	FINBRA/Sicofin
Vento	Velocidade média dos ventos nos municípios	m/s	
Vínculos	Quantidade de vínculos ativos	Unidade	RAIS
Massa Salarial	Massa salarial (soma de todos os salários)	Salários mínimos (SM)	RAIS
Salário per capita	Massa salarial <i>per capita</i>	Massa salarial/população	RAIS
Tipo município	Tipo	Tipologia municipal 1 Intermediário Adjacente 2 Intermediário Remoto 3 Rural Adjacente 4 Rural Remoto 5 Urbano	IBGE
Perfil município	Perfil do município	O município pertence: 1 20% mais pobres 2 G100 3 Capital 4 Região Metropolitana 5 Demais localidades	FIOCRUZ
Porte populacional	Porte populacional do município	1 até 5000 2 5000 a 10000 3 10000 a 20000 4 20000 a 50000 5 50000 a 100000 6 100000 ou mais	FIOCRUZ
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano por faixa	1 Muito baixo 2 Baixo 3 Médio 4 Alto 5 Muito Alto 6 Não Classificado	FIOCRUZ

Fonte: Elaboração própria

4.2 Estratégia de Identificação

A Figura 1 mostra a distribuição de usinas eólicas no território brasileiro. Embora até 2018 o número de usinas tenha sido de 580 já instaladas, apenas 88 municípios brasileiros são beneficiados com a intervenção. Note, que a Região Nordeste concentra a maior parte das usinas.

Para analisar os efeitos causais da implementação de parques eólicos, são considerados quatro grupos de comparação. Como critério de seleção, utiliza-se a distribuição de municípios tratados entre as regiões em três dos quatros grupos. Outra estratégia de construir o grupo de controle é por meio da análise exploratória dos dados espaciais, considerando a velocidade média dos ventos, onde foram selecionados os municípios autocorrelacionados com velocidade dos ventos alta e se encontravam próximos de municípios com velocidade dos ventos também alta⁴.

Figura 1 – Municípios com parques eólicos no território brasileiro



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do SIGA/ANEEL

A Figura 2 mostra a divisão dos 3 primeiros grupos de controle para fins de avaliação, a seleção foi feita considerando a quantidade de parques eólicos distribuídos

⁴ Mais informações sobre a seleção do grupo estão dispostas na seção de resultados.

regionalmente. Com o primeiro grupo de controle, pretende-se analisar os municípios brasileiros não tratados, mas agora retira-se da amostra os municípios da Região Norte. Esta região tem a menor velocidade média anual de ventos no Brasil e nenhum parque eólico havia sido instalado até 2017 (GONÇALVES, RODRIGUES E CHAGAS, 2020).

Considerando o segundo grupo de controle, além da Região Norte, foram excluídos os municípios do Centro-Oeste. Essas regiões, até o último ano de análise, não possuíam nenhum município com parque eólico instalado (ANEEL, 2020).

Por fim, no terceiro grupo de análise, toma-se como controle somente os municípios da Região Nordeste, já que essa região é a que mais contribui com a geração de energia eólica no Brasil, representando mais de 80% de todo o potencial eólico brasileiro (ANEEL, 2020).

Figura 2 – Divisão dos grupos de controle segundo o critério regional.

Grupo 1: Todos os municípios que não possuem parques eólicos exceto os da Região Norte.

Grupo 2: Todos os municípios que não possuem parques eólicos exceto os das Regiões Norte e Centro-Oeste.



Grupo 3: Somente Nordeste



4.3 Estratégia Empírica

Esta subseção, que trata da estratégia empírica, divide-se em duas partes, na primeira apresenta-se o pré-processamento dos dados, onde são mostrados como os dados foram tratados antes da aplicação dos modelos escalonados. Já na segunda parte, expõe-se os modelos utilizados para captar os efeitos da implementação de usinas eólicas sobre os indicadores econômicos municipais.

4.3.1 Pré-processamento dos dados

De acordo com Caliendo e Kopeinig (2008), todo estudo de avaliação de impacto deve superar o problema de eventuais incidências de viés de seleção. Dessa forma, para estimar o efeito da implementação de parques eólicos sobre as variáveis de interesse, a distribuição das covariáveis no grupo de controle necessita ser ajustada para torná-la semelhante à distribuição no grupo de tratamento. Dentre os métodos de pré-processamento de dados, o pareamento por escore de propensão é um dos mais utilizados (Imbens, 2004; Rubin, 2006; Ho *et al.*, 2007; Sekhon, 2009; Iacus *et al.*, 2011). O objetivo desse método é encontrar, entre o grupo de não tratados, aquela amostra similar aos tratados em todas as suas características de pré-tratamento observáveis.

Contudo, um problema associado a essa técnica é o seu fraco desempenho em encontrar grupos de comparação equilibrados, podendo gerar perda de observações, em função da ausência de suporte comum. De acordo com Heckman *et al.*, (1997), violar a condição de suporte comum, ou seja, comparar o incomparável, é a principal fonte de viés na avaliação. Assim, se o status de tratamento é influenciado por características não observáveis, quebra do pressuposto de independência condicional, o que torna os impactos estimados viesados, limitando o método de pareamento por escore de propensão.

Para encontrar grupos de comparação equilibrados, isto é, uma amostra com unidades de controle mais próximas possíveis das unidades de tratamento com base nas características observáveis, Hainmueller (2012) propõe o método de Balanceamento por Entropia que apresenta a vantagem na obtenção de um maior grau de equilíbrio entre as covariáveis. Essa técnica permite a ponderação de um conjunto de dados, tais que as distribuições das variáveis observadas são reponderadas, satisfazendo um conjunto de condições especiais em três momentos, de forma que exista equilíbrio exato sobre média,

variância e assimetria das distribuições de variáveis independentes nos grupos de tratamento e controle.

De modo a demonstrar o procedimento de ponderamento proposto por Hainmueller (2012), considere que exista um conjunto de observações onde n_1 apresenta os tratados e n_0 as unidades de controle escolhidas de uma população de tamanho N_1 e N_0 , respectivamente ($n_1 < N_1$ e $n_0 < N_0$). Seja $D_i \in \{0,1\}$ uma variável de tratamento binária, que assume 1 caso a unidade i seja do grupo de tratamento, e 0 caso seja do grupo de controle. Considere ainda uma matriz X que contém observações de J variáveis exógenas de pré-tratamento, e $X_{i,j}$ o valor da j -ésima covariada da unidade i , tais que $X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{iJ}]$ refere-se ao vetor de características observáveis da unidade i e X_j refere-se ao vetor coluna com j -ésima covariada. A densidade das covariadas, nas amostras de tratamento e controle, são dadas por $f_{X|D=1}(x)$ e $f_{X|D=0}(x)$, respectivamente. De modo que o resultado potencial $Y_i(D_i)$ corresponde ao par de resultados para a unidade i dadas as condições de tratado e controle, assim, o resultado observado é dado por $Y = Y(1)D + (1 - D)Y(0)$ (HAINMUELLER E XU, 2013).

Especificamente, o peso do balanceamento por entropia escolhido para cada unidade de controle, w_i , é determinado pelo seguinte esquema de reponderação que minimiza a distância métrica de entropia:

$$\min_{w_i} H(w) = \sum_{\{i|D=0\}} w_i \log(w_i/q_i) \quad (1)$$

Sujeito às restrições de equilíbrio e normalização:

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i C_{ri}(X_i) = m_r \quad \text{com } r \in 1, \dots, R$$

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i = 1$$

$$w_i \geq 0 \text{ para todo } i, \text{ tal que } D = 0$$

Em que $q_i = 1/n$ é um peso base, n é o tamanho da amostra das unidades de controle, e $C_{ri}(X_i) = m_r$ descreve um conjunto de R restrições referentes aos momentos das covariadas no grupo de controle reponderados. Inicialmente, escolhe-se a covariada que será incluída na reponderação, e para cada uma especifica-se um conjunto de restrições de balanceamento (Equação 1) para equiparar os momentos das distribuições das covariadas entre os grupos de tratamento e controles reponderados.

Os modelos de pareamento de dados citados acima podem ser combinados com outros métodos de avaliação. Nessa pesquisa eles serão aplicados com o modelo de diferenças em diferenças escalonado, com o intuito apenas de ponderar as covariadas de forma a encontrar

os melhores controles para os tratados, minimizando os desequilíbrios entre esses grupos, de modo a ter estimativas mais robustas.

O Quadro 4 apresenta as características municipais utilizadas como covariadas⁵, tanto para o pareamento por escore de propensão quanto para o balanceamento por entropia. Essas variáveis representam indicadores socioeconômicos importantes medindo, por exemplo, o nível de desenvolvimento dos municípios (IDH municipal), a qualidade de vida da população (medido pela renda). Além disso, a velocidade dos ventos representa fator determinante para a seleção do município como beneficiário do parque eólico. A hipótese é que os municípios beneficiados apresentavam características similares antes da implementação. Assim, pode-se inferir que as variáveis utilizadas para o pareamento e balanceamento podem estar diretamente associadas à seleção dos municípios onde os parques eólicos foram implementados.

Quadro 2 – Covariadas de características municipais

Variável	Fonte
Subíndice de escolaridade fundamental da população adulta - IDHM Educação	Atlas Brasil 2000
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Educação	Atlas Brasil 2000
Esperança de vida ao nascer	Atlas Brasil 2000
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Longevidade	Atlas Brasil 2000
Renda <i>per capita</i> média	Atlas Brasil 2000
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - Dimensão Renda	Atlas Brasil 2000
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal	Atlas Brasil 2000
Velocidade média dos ventos	INPE

Fonte: Elaboração própria

4.3.2 Modelo de Diferenças em Diferenças escalonado e Estudo de Evento

Como a implementação de usinas eólicas ocorre em diferentes fases, há diferentes durações de tratamento. Em suma, observamos tratamentos com inícios e durações de tratamento individuais, ou seja, as unidades passam a ser tratadas em momentos distintos no tempo. Logo, precisamos de uma abordagem flexível para lidar com as características dos dados.

A abordagem metodológica para alcançar os objetivos propostos trata de uma adaptação do modelo de diferenças em diferenças. O modelo de diferenças em diferenças convencional é um dos mais utilizados para avaliar efeitos causais de intervenções. Se na ausência de tratamento, os resultados médios para os grupos tratados e de controle tivessem seguido caminhos paralelos ao longo do tempo, poder-se-ia estimar o Efeito Médio do

⁵ Vale ressaltar que as covariadas utilizadas são do ano 2000. Ainda não existiam municípios tratados, dessa forma, é possível captar as características municipais sem o viés intervencionista.

Tratamento sobre os Tratados (ATE) comparando a variação média nos resultados experimentados pelo grupo tratado com a variação média nos resultados experimentados pelo grupo de controle. Essa metodologia concentra-se basicamente no padrão de dois períodos, tal como abordado por Heckman *et al.*, (1997, 1998), Abadie (2005), Athey e Imbens (2006), entre outros autores.

Entretanto, esta metodologia canônica não considera múltiplos períodos de tratamento, como proposto nesta análise. Dessa forma, muitos estudos empíricos desviam da abordagem tradicional do estimador de DD e consideram múltiplos períodos de tempo e diferentes durações de tratamento tais como: Jacobson *et al.*, (1993), Callaway e Sant'Anna (2021).

Assim, com base no estudo de Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), consideramos a identificação e estimativa dos parâmetros para o efeito do tratamento utilizando um modelo de DD escalonado com: i) múltiplos períodos de tempo; ii) variações no tempo de tratamento e; iii) suposição de tendências paralelas mantidas após o condicionamento das covariadas. Primeiro, estima-se um modelo permitindo a heterogeneidade no efeito do tratamento, sem considerar o tratamento dinâmico, depois, no estudo de evento, estima-se uma equação considerando um período pré e pós-intervenção.

A especificação descrita na Equação (2) segue uma equação de diferenças em diferenças padrão, conforme apresentada por Callaway e Sant'Anna (2018) e Goodman-Bacon (2018):

$$Y_{m,t} = \alpha + \beta WF_{m,t} + \gamma X_{m,t} + \theta_m + \mu_t + \varepsilon_{m,t} \quad (2)$$

Sendo que $Y_{m,t}$ mostra a variável de resultado do município m no ano t . $WF_{m,t}$ é uma variável fictícia que identifica se o município tem pelo menos um parque eólico; $X_{m,t}$ é um vetor de características municipais; θ_m é o efeito fixo do município; μ_t é um efeito fixo de ano; $\varepsilon_{m,t}$ é um termo aleatório; e α , β e γ são parâmetros.

Na segunda aplicação do DD escalonado, considera-se os efeitos do tratamento dinâmico, que permite pré e pós-tratamento juntamente com a estimativa do Efeito Médio do Tratamento. A Equação (3) descreve o estudo de evento implementado:

$$Y_{m,t} = \alpha + \sum_{i=1}^I \beta_{pre,i} WF_{m,t+1} + \sum_{j=0}^J \beta_j WF_{m,t-j} + \gamma X_{m,t} + \theta_m + \mu_t + \varepsilon_{m,t} \quad (3)$$

Em que $WF_{m,t-j}$ são indicadores específicos do ano que denotam se o município m no ano $t-j$ tem pelo menos um parque eólico implementado; e $WF_{m,t+i}$ indica se o município m terá parques eólicos implementados em i anos em períodos futuros. Seguindo a estratégia usual no evento na análise do estudo, testamos a significância dos coeficientes $\beta_{pre,i}$, como lá podem ser tendências pré-existentes nas variáveis de resposta. A inclusão de β_j permite um atraso nos efeitos da implementação do parque eólico e a heterogeneidade do tratamento por tempo de exposição.

O Estudo de Evento é uma técnica para estimativa do efeito do tratamento em um cenário onde as unidades recebem o tratamento em momentos distintos no tempo. Para a realização desse estudo, é necessário que seja respeitado o pressuposto de tendências paralelas. Esse pressuposto capta se na ausência do tratamento os resultados médios para grupos tratados e de controle teriam seguido caminhos paralelos ao longo do tempo. Uma vez definido isso, pode-se estimar o efeito médio do tratamento para a população tratada comparando a mudança média nos resultados experimentados pelo grupo tratado com a mudança média nos resultados experimentados pelo grupo de controle.

Assim como Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), pretende-se estimar um modelo de regressão considerando a construção do primeiro parque eólico de um município como evento de intervenção. Em outros termos, não foi considerado um tratamento contínuo, ou seja, a implementação de outros parques no futuro em municípios que já possuem parques, ou a ampliação da capacidade dos mesmos.

O modelo para captar os efeitos dinâmicos no tratamento considera um período de pré e pós intervenção. A característica dos dados não permite ter esse período de pós tratamento para todos os municípios, pois alguns são tratados somente nos últimos anos da amostra. Assim, como na base de dados contêm parques implementados até o último ano, não é possível captar o efeito da implementação desses parques no período seguinte à implementação, somente o efeito antes e exatamente no ano em que a usina é instalada.

Para evitar problemas de má interpretação dos resultados, a base de dados foi restringida apenas para os municípios que foram tratados até o ano de 2015, como uma forma de identificar os efeitos de pós tratamento, sem gerar problemas de má especificação do modelo. Portanto, temos que o tratamento é formado pelos municípios que receberam instalações eólicas entre 2009 e 2015.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção serão expostas as estatísticas descritivas, a análise exploratória dos dados espaciais (utilizada para a definição do Grupo 4 de análise), os resultados dos modelos estimados e uma breve discussão avaliando os efeitos da implementação de usinas eólicas nos municípios brasileiros.

5.1 Análise descritiva

A Tabela 3 apresenta as características dos grupos de análise segundo a tipologia, porte populacional, perfil e faixa de IDH correspondente. Independentemente do Grupo, é possível notar que a maioria dos municípios brasileiros é de pequeno porte.

Cabe destacar que nos dois primeiros grupos, o grupo de municípios tratados não se altera, uma vez que a exclusão das Regiões Norte e Centro-Oeste (Grupos 1 e 2) não interfere na quantidade de municípios tratados, já que os municípios dessas regiões não possuem instalações eólicas.

Com relação a tipologia municipal, verifica-se que mais da metade dos municípios brasileiros são considerados rurais, com ênfase nos municípios tratados, onde essa porcentagem chega a mais de 50% nos 2 primeiros grupos e mais de 60% quando considerado o Grupo 3.

Tabela 3 – Características dos municípios tratados e não tratados, em %.

Características	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Tratados	Não tratados						
Porte populacional								
até 5000	8,77	23,19	8,77	22,53	9,30	13,14	11,63	21,74
5000 a 10000	10,53	22,57	10,53	22,51	9,30	20,47	6,98	20,91
10000 a 20000	17,54	25,02	17,54	25,12	18,60	32,79	16,28	26,61
20000 a 50000	36,84	18,58	36,84	18,87	37,21	24,36	39,53	21,32
50000 a 100000	19,30	5,47	19,30	5,66	20,93	5,93	20,93	6,20
100000 ou mais	7,02	5,17	7,02	5,30	4,65	3,31	4,65	3,22
Tipo								
Intermediário Adjacente	17,54	12,65	17,54	12,89	23,26	13,55	18,60	12,73
Intermediário Remoto	1,75	0,52	1,75	0,22	0,00	0,41	2,33	0,08
Rural Adjacente	45,61	56,09	45,61	57,41	51,16	63,31	48,84	65,87
Rural Remoto	1,75	3,96	1,75	2,74	2,33	5,76	0,00	0,33
Urbano	33,33	26,79	33,33	26,74	23,26	16,98	30,23	20,99
Perfil do município								
20% mais pobres	52,63	27,82	52,63	29,90	62,79	71,80	58,14	49,75
G100	3,51	1,63	3,51	1,60	2,33	2,21	2,33	1,57
Capital	0,00	0,40	0,00	0,35	0,00	0,52	0,00	0,50
Região Metropolitana	21,05	9,76	21,05	10,03	11,63	3,66	23,26	9,24

(continua)

(continuação)

Características	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3		Grupo 4	
	Tratados	Não tratados						
Demais localidades	22,81	60,39	22,81	58,12	23,26	21,80	16,28	38,94
IDH Faixa								
Muito baixo	0,00	0,28	0,00	0,31	0,00	0,81	0,00	0,50
Baixo	35,09	22,81	35,09	24,93	46,51	61,63	37,21	41,34
Médio	45,61	39,13	45,61	37,33	53,49	35,58	48,84	38,20
Alto	19,30	36,82	19,30	36,43	0,00	1,98	13,95	19,64
Muito Alto	0,00	0,95	0,00	1,01	0,00	0,00	0,00	0,33
Observações	57	5032	57	4565	43	1720	43	1212

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da Fiocruz e IBGE. Acesso em 29 de abril de 2021.

Nota: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

A Tabela 4 apresenta as médias das variáveis para todos os grupos de análise, de acordo com a participação ou não no tratamento. Considera-se o ano anterior ao início do tratamento (2008) e o último ano de análise (2018) como referência para a comparabilidade entre os grupos. Dessa forma, estão dispostas na tabela as diferenças de médias dos grupos de tratamento e controle, acompanhadas pela significância estatística do Teste t de Student de 18 indicadores. As estatísticas completas encontram-se no APÊNDICE A.

Tabela 4 – Diferença de média entre tratados e controles e significância do Teste T por grupo de análise nos anos de 2008 e 2018

Variáveis	Grupo 1		Grupo 2	
	2008	2018	2008	2018
PIB <i>per capita</i>	-1,01	3,92	-0,34	4,92
VAB da Agropecuária	3.685,33	22,64	8.527,94	8.694,07
VAB da Indústria	-29.986,80	100.910,20	-40.127,70	95.426,40
VAB dos Serviços	-204.342,40	-194.853,30	-207.081,20	-194.634,40
Receitas Totais	-60,75	13.273,40	-2.692,67	10.687,70
Receita Corrente	2.368,72	15.210,90	-346,47	12.890,10
Receita Tributária	-7.822,94	-7.603,35	-8.697,86	-8577,26
Impostos	-7.485,49	-7.615,36	-8.301,94	-8.532,63
IPTU	-2.498,17	-4.170,76	-2.796,41	-4.499,01
ISSQN	-3.660,22	-2.585,35	-4.123,54	-3161,33
Taxas	-361,52	-253,99	-428,85	-332,63
Cota-parte ITR	22,54	-66,44	36,88	35,51
Cota-parte IPI	-8,75	-30,63	-25,69	-38,82
Cota-parte ICMS	-2.009,09	7.468,46	-2433,80	7.201,33
Vínculos Ativos	-2.746,23	-2.485,96	-2.793,23	-2455,49
Massa salarial <i>per capita</i>	-0,05	-0,02	-0,06	-0,02
densidade populacional	-45,76	-46,81	-54,83	-56,39
	Grupo 3		Grupo 4	
	2008	2018	2008	2018
PIB <i>per capita</i>	5,63*	13,64*	3,04	10,35*
VAB da Agropecuária	1.632,83	2.016,61	-1.478,04	-2.865,28
VAB da Indústria	96.199,93	207.066,48*	69.240,80	214.935,50*
VAB dos Serviços	-32.268,50	26.304,40	-18.796,30	51.793,10
Receitas Totais	16.284,83	33.290,32	22.891,95	38.576,70
Receita Corrente	16.722,15	33.715,39	24.676,21	39.559,10

(continua)

(continuação)

Variáveis	Grupo 3		Grupo 4	
	2008	2018	2008	2018
Receita Tributária	-194,36	3.581,15	1.409,65	6.477,53
Impostos	-75,70	3.731,30	1.295,62	5.882,33
IPTU	-114,15	-691,09	765,50	1.259,74
ISSQN	188,49	3.739,36	759,37	3.847,84
Taxas	-165,31	-375,87	84,43	463,59
Cota-parte ITR	13,54	-16,33	21,11	94,32*
Cota-parte IPI	-23,03	27,54	15,58	9,76
Cota-parte ICMS	3.172,65	13.508,48*	4.169,61	13.813,73*
Vínculos Ativos	-826,26	-585,64	-873,58	-305,76
Massa salarial <i>per capita</i>	0,05*	0,07*	0,02	0,05
densidade populacional	-25,61	-24,05	-20,40	-17,09

Fonte: Elaboração própria.

Nota1: Diferença de média= (Média dos Tratados – Média dos Controles). Significância do Test -T: < 0.05:*

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Analisando as estatísticas expostas na Tabela 4, é possível notar que a maioria das variáveis apresentavam médias superiores para o grupo de controle antes da intervenção, evidenciado pelo sinal negativo da diferença de média, principalmente nos grupos 1 e 2. No entanto, quando observamos o último ano de análise, essa diferença se reduz e em alguns casos os municípios tratados passam a apresentar médias superiores aos não tratados.

Para os grupos 3 e 4, no último ano de análise, existe uma acentuação nas variáveis PIB *per capita*, Valor Adicionado da Indústria e Cota parte do ICMS onde a diferença entre tratados e controles mostrou-se significativa e, embora antes do tratamento essas variáveis já apresentassem médias superiores para o grupo de tratamento, há uma possível melhora nesses indicadores, uma vez que a diferença de média é ainda maior no ano de 2018.

Em relação aos fiscos municipais, as receitas totais para os grupos 1 e 2 evidenciam que antes do tratamento, as médias para os grupos de controle eram maiores do que as do grupo de tratados. Já em 2018, há uma melhora na média dos tratados, chegando a serem superiores às do grupo de controle. Para os grupos 3 e 4, apesar da média dos tratados ser maior antes mesmo do tratamento, há uma possível melhora nesses indicadores para o grupo de municípios com instalações eólicas, uma vez que a diferença de média entre tratados e controles é ainda maior em 2018.

Com relação às variáveis referentes ao mercado de trabalho, é possível notar que a quantidade de empregos, representada pelos vínculos ativos, é superior para os municípios não tratados em todos os grupos nos dois anos analisados, embora essa diferença tenha sido menor no ano de 2018. Nota-se também que a diferença é maior nos grupos 1 e 2. No que se refere a massa salarial *per capita*, ela é maior para os não tratados nos grupos 1 e 2 nos 2 anos

analisados, por outro lado, é maior para os municípios com parques eólicos nos grupos 3 e 4 nos dois anos.

5.2 Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE)

Através da Análise Exploratória de Dados Espaciais é possível detectar efeitos espaciais de especificação dos dados, ou na estrutura espacial para esses tipos de dados, provocados pela heterogeneidade espacial. Essa técnica é fundamentada pelo Índice de Moran (I de Moran) que identifica a coincidência de valores similares em regiões vizinhas em termos globais, e o indicador local de associação espacial (*local indicator of spatial association* – Lisa), que detecta a dependência espacial em nível local (ANSELIN, 1996).

Para a realização de uma AEDE, deve-se primeiro definir uma matriz de pesos espaciais (W). A matriz W de pesos espaciais é quadrada de dimensão n por n, no qual os pesos espaciais (W_{ij}) representam o grau de conexão entre duas localidades de acordo com algum critério de vizinhança, mostrando a influência da região j sobre a região i. Dessa forma, esta análise é útil para analisar a correlação que as regiões exercem entre si (ALMEIDA, 2012).

Nesse estudo, a matriz de contiguidade utilizada é do tipo rainha (queen) 6. A matriz é do tipo contígua quando duas regiões são consideradas vizinhas se partilham uma fronteira física comum. Dessa forma, para o conceito de contiguidade, é atribuído o valor 1 na matriz de duas regiões vizinhas e 0 caso contrário.

A estatística I de Moran é utilizada para identificar a existência de padrões espaciais de interação. Essa estatística fornece três informações: a significância estatística diz se os dados estão distribuídos aleatoriamente ou não; o sinal positivo e significativo da estatística I de Moran indica autocorrelação espacial positiva, revelando similaridade entre os valores do atributo estudado e de sua localização espacial. O sinal negativo e significativo também indica a concentração nas regiões, mas com valores não similares, ou seja, que altos valores da variável tendem a ser rodeados por baixos valores e vice-versa. A magnitude da estatística mostra a força de autocorrelação espacial, pois quanto mais próximo de 1 ou -1 mais forte será a autocorrelação; não obstante, quanto mais próximo de zero mais dispersos estarão os dados (ALMEIDA, 2012).

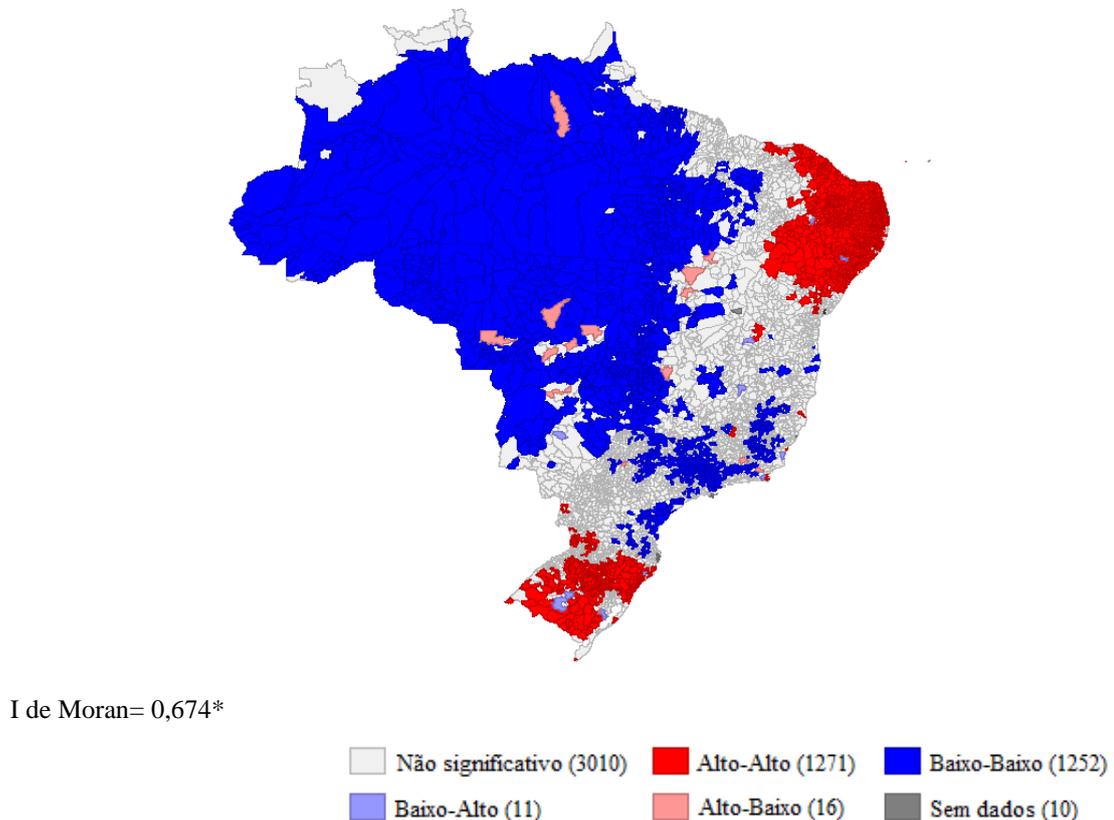
Tendo em vista as questões mencionadas anteriormente, foi realizado o teste para detectar se existe autocorrelação espacial da velocidade média dos ventos nos municípios

⁶ Ver mais sobre os tipos de matrizes de contiguidade em Almeida (2012).

brasileiros, uma vez que essa velocidade dos ventos é fator determinante para implementação de parques eólicos nos municípios.

A Figura 3 apresenta o mapa de clusters LISA univariado para a velocidade média dos ventos no período de 2004 a 2018. Observe que existe autocorrelação espacial na velocidade média dos ventos nos municípios brasileiros, ou seja, os municípios com alta velocidade média dos ventos são próximos aos municípios também com alta velocidade média dos ventos. O mesmo ocorre para os municípios com baixa velocidade dos ventos que estão próximos de municípios com velocidade média dos ventos baixas.

Figura 3 – Mapa LISA univariado da velocidade média dos ventos



Fonte: Elaboração própria.

Nota: Pseudo-significância empírica baseada em 999 permutações aleatórias. * significante a 5%.

Vale destacar que a autocorrelação do tipo alto-alto é observada com maior destaque nas Regiões Nordeste e Sul, sendo essas regiões as que concentram quase a totalidade dos parques eólicos brasileiros, ao passo que a autocorrelação do tipo baixo-baixo se localiza em sua maior parte nas regiões que não possuem parques eólicos instalados (Norte e Centro-Oeste). O sinal positivo do I de Moran indica que a velocidade média dos ventos está concentrada no território brasileiro, possuindo assim vários pontos de aglomeração (clusters).

Em vista do apresentado anteriormente, e supondo que os municípios tratados, ou seja, aqueles que possuem usinas eólicas instaladas estão incluídos no grupo em que a velocidade dos ventos é alta, pode-se inferir que, observados os municípios vizinhos – selecionados a partir da matriz de contiguidade do tipo *Queen* – estes também possuem velocidade média dos ventos alta e, portanto, são candidatos à implementação de usinas eólicas.

Com efeito, foi definido o quarto grupo de análise, sendo os controles todos os municípios com velocidade dos ventos alta que se concentram próximos a municípios com velocidade dos ventos também alta e que não sejam tratados.

5.3 Resultados Gerais e Estudo de Evento

Na parte dos primeiros resultados, observam-se as estimações do modelo de diferenças em diferenças escalonado. Analisamos os efeitos da heterogeneidade no tratamento das covariadas no tempo, conforme a Equação (2) descrita na estratégia empírica. Na segunda parte dos resultados, foi estimado o modelo de diferenças em diferenças, considerando os efeitos dinâmicos da implementação de usinas eólicas. Para tanto, adotou-se o estudo de evento estimado pela Equação (3).⁷ O objetivo dessa técnica é testar a duração e efetividade dos efeitos da instalação de parques eólicos sobre indicadores socioeconômicos nos municípios brasileiros e captar efeitos pré-existentes no período de construção das usinas. Importa ressaltar a utilização de dois testes distintos para a chamada suposição de tendências paralelas⁸, sendo uma condição necessária de identificação dos efeitos casuais, pois para que os resultados sejam considerados válidos, as variáveis devem passar em pelo menos um dos testes.

A Tabela 5 mostra o impacto no PIB *per capita* municipal na presença do tratamento. É possível notar que o efeito geral da implementação de usinas eólicas foi positivo e estatisticamente significativo para todos os grupos analisados, com efeitos maiores nos Grupos 3 e 4, que representam os municípios do Nordeste, e os selecionados com base na velocidade média dos ventos. O incremento no PIB *per capita* nesses grupos foi de 4,07% e 3,87%, respectivamente. Esses resultados corroboram com os apresentados por Martini, Jordão e Grimaldi (2018) e Rodrigues *et al.*, (2019), que encontraram efeitos positivos da implementação de usinas eólicas sobre o PIB.

⁷ Cabe destacar que para a estimação das Equações 1 e 2 são consideradas além da inclusão das covariadas o peso da Entropia para um melhor ajuste do modelo.

⁸ Ver Cerulli e Ventura (2019).

Com relação aos efeitos dinâmicos do tratamento, é possível notar que o efeito ocorre em um período anterior à instalação do parque. Tem-se também impactos exatamente no ano de construção e três anos após a construção (os gráficos das tendências paralelas estão dispostos no APÊNDICE B).

Tabela 5 – Efeitos sobre o PIB *per capita*

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	2,9836* (0,1393)	3,1003* (0,1456)	4,0713* (0,1933)	3,8684* (0,2396)
Estudo de Evento				
-3	2,1738* (0,9410)	2,1744* (0,9410)	2,4142* (1,0472)	2,6415* (1,1191)
-2	2,1138 (1,3882)	2,1152 (1,3884)	2,2511 (1,8131)	2,4794 (1,8296)
-1	-0,4454 (1,0510)	-0,4450 (1,0509)	-0,9488 (1,3463)	-0,9117 (1,3530)
0	1,7935* (0,7217)	1,7939* (0,7217)	1,7400* (0,8868)	2,1639* (0,9182)
1	-0,5782 (2,0932)	-0,5771 (2,0933)	0,5997 (2,5900)	-0,3817 (2,5748)
2	-2,7030 (1,9012)	-2,7021 (1,9012)	-3,7012 (2,3045)	-3,7225 (2,2102)
3	3,9816* (1,0270)	3,9820* (1,0271)	3,5191* (1,1654)	3,8116* (1,1228)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Sim	Sim	Sim	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Ainda tratando dos indicadores econômicos, o VAB da Agropecuária respondeu positivamente a implementação de usinas eólicas nos quatro grupos, quando consideramos o modelo geral. Entretanto, no estudo de evento, observa-se um efeito negativo dois anos antes da instalação do parque, acompanhado por um efeito positivo um ano antes da implementação (Tabela 6). Assim, evidenciam-se que os efeitos da construção das usinas têm primeiro um impacto negativo, que pode ser ocasionado pela adaptação da terra ao novo empreendimento. Contudo, ao passo que a adaptação está realizada, a mesma pode ser utilizada para práticas agrícolas e pecuárias, influenciando no incremento do VAB da Agropecuária.

Note que o efeito negativo é maior no Grupo 3, onde há uma redução de cerca de 15,35% no VAB da Agropecuária. É onde ocorre também o menor incremento no ano seguinte, aproximadamente 7,66%.

Tabela 6 – Efeitos sobre o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0424* (0,0042)	0,0546* (0,0043)	0,0639* (0,0700)	0,1083* (0,0078)
Estudo de Evento				
-3	-0,0093 (0,0391)	-0,0093 (0,0391)	0,0027 (0,0471)	0,0377 (0,0428)
-2	-0,0835* (0,0391)	-0,0834* (0,0391)	-0,1535* (0,0441)	-0,1071* (0,0420)
-1	0,0972* (0,0332)	0,0973* (0,0332)	0,0766* (0,0391)	0,0875* (0,0342)
0	0,0403 (0,0353)	0,0403 (0,0353)	0,0677 (0,0431)	0,0363 (0,0309)
1	0,0174 (0,0330)	0,0175 (0,0330)	0,0316 (0,0382)	0,0435 (0,0333)
2	0,0328 (0,0411)	0,0329 (0,0410)	-0,0172 (0,0454)	0,0193 (0,0458)
3	0,0844 (0,0531)	0,0844 (0,0531)	0,0629 (0,0661)	0,0784 (0,0707)
Tendências paralelas 1	Não	Sim	Não	Não
Tendências paralelas 2	Sim	Sim	Sim	Sim
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota 1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

A variável VAB da Indústria, apresentada na Tabela 7, evidenciou resultados bastante expressivos, com efeitos elevados em todos os grupos quando foi analisado o efeito geral da participação no tratamento. Em ordem decrescente temos um incremento de 78,54%, 76,92%, 62,89%, 62,69% na participação no tratamento, nos Grupos 4, 3, 2 e 1, respectivamente.

Os Grupos 1 e 2 apresentaram efeitos positivos para três anos antes da implementação das usinas eólicas, um ano antes, assim como no ano em que os parques começam a operar. Em termos de magnitude, pode-se inferir que três anos antes o impacto é de 31,55% e 31,57%, respectivamente. Não obstante, um ano antes o efeito nos grupos citados é de 15,31% e 15,32%, respectivamente. Em relação ao tratamento, pode-se dizer que o efeito nos dois grupos é de aproximadamente 33,60%.

No Grupo 3, representado pelos municípios da Região Nordeste, é observado um efeito maior no tratamento e três anos antes do tratamento do que os Grupos 1 e 2. O incremento no VAB da Indústria no ano em que os parques começam a operar é 42,31%.

Tabela 7 – Efeitos sobre o Valor Adicionado Bruto da Indústria

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,6269* (0,0088)	0,6289* (0,0092)	0,7692* (0,0159)	0,7854* (0,0191)
Estudo de Evento				
-3	0,3155* (0,1157)	0,3157* (0,1157)	0,3811* (0,1444)	0,3020* (0,1454)
-2	0,0501 (0,0670)	0,0503 (0,0670)	0,0295 (0,0830)	0,1022 (0,0718)
-1	0,1531* (0,0685)	0,1532* (0,0685)	0,1662 (0,0889)	0,0805 (0,0454)
0	0,3360* (0,1145)	0,3361* (0,1145)	0,4231* (0,1488)	0,4329* (0,1477)
1	0,2285 (0,1543)	0,2287 (0,1543)	0,2996 (0,1947)	0,2834 (0,1833)
2	-0,1396 (0,1338)	-0,1394 (0,1337)	-0,1675 (0,1698)	-0,1357 (0,1613)
3	0,1432 (0,1020)	0,1433 (0,1020)	0,1601 (0,1306)	0,1782 (0,1315)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Sim	Sim	Sim	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota 1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

A Tabela 8 mostra os resultados para a receita tributária. Nota-se impactos positivos no período anterior à implementação das usinas eólicas e esse efeito permanece até o ano de construção das usinas. Os impactos no período de construção no Grupo 3 são de 35,44%, dois anos antes do tratamento, e 27,32% um ano antes; já o efeito no ano de implementação é de 22,51%.

Tabela 8 – Efeitos sobre a receita tributária

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,4279* (0,0066)	0,4329* (0,0068)	0,5346* (0,0122)	0,3498* (0,0123)
Estudo de Evento				
-3	0,3084* (0,0828)	0,3085* (0,0828)	0,3214* (0,1076)	0,3722* (0,1023)
-2	0,2754* (0,0930)	0,2756* (0,0930)	0,3544* (0,1258)	0,2172* (0,0990)
-1	0,2638* (0,0726)	0,2638* (0,0726)	0,2732* (0,0918)	0,2115* (0,0798)
0	0,2127* (0,0740)	0,2127* (0,0740)	0,2251* (0,0959)	0,1374 (0,0798)
1	-0,0243 (0,1004)	-0,0241 (0,1004)	-0,0213 (0,1282)	0,0825 (0,0996)
2	-0,0616 (0,0712)	-0,0615 (0,0712)	-0,0341 (0,0884)	-0,0105 (0,0834)
3	0,0577 (0,0666)	0,0578 (0,0666)	0,0652 (0,0912)	0,0554 (0,0864)

(continua)

(continuação)

Estudo de Evento	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Sim	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

A receita tributária é composta pelas arrecadações de impostos, taxas e contribuições de melhoria. Como parte da receita tributária, a arrecadação de impostos de maneira geral teve um resultado similar ao apresentado para a receita tributária, como pode ser observado na Tabela 9.

O impacto da implementação de parques eólicos sobre os impostos municipais foi positivo e estatisticamente significativo no período de construção das usinas e esse impacto se estende até o ano da instalação, onde o efeito observado foi de aproximadamente 22,35%.

Tabela 9 – Efeitos sobre os impostos

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,4208* (0,0067)	0,4329* (0,0068)	0,5333* (0,0126)	0,3441* (0,0126)
Estudo de Evento				
-3	0,3150* (0,0840)	0,3085* (0,0828)	0,3124* (0,1091)	0,3715* (0,1039)
-2	0,2623* (0,0943)	0,2756* (0,0930)	0,3628* (0,1268)	0,2012* (0,1005)
-1	0,2747* (0,0735)	0,2638* (0,0740)	0,2819* (0,0925)	0,2236* (0,0807)
0	0,2120* (0,0782)	0,2127* (0,0740)	0,2235* (0,1014)	0,1357 (0,0846)
1	-0,0316 (0,1029)	-0,0241 (0,1000)	-0,0215 (0,1302)	0,0793 (0,1027)
2	-0,0668 (0,0745)	-0,0615 (0,0712)	-0,0398 (0,0930)	-0,0263 (0,0889)
3	0,0634 (0,0737)	0,0578 (0,0666)	0,0685 (0,1013)	0,0640 (0,0959)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Sim	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Em relação a algumas desagregações da variável impostos, o efeito geral do IPTU (Tabela 10) responde positivamente à implementação de usinas eólicas, com incremento de

22,41%, no Grupo 1; 23,30%, no Grupo 2; 25,76%, no Grupo 4, e, com maior incremento temos o Grupo 3 com 31,43%.

Nota-se um efeito positivo três anos antes da instalação do parque eólico, e esse efeito só aparece novamente dois anos após a instalação das usinas. Os grupos que mostraram maiores acréscimos dois anos após o tratamento foram os Grupos 3 e 4, com incremento de 44,63% e 45,93%, no IPTU, respectivamente.

Tabela 10 – Efeitos sobre o IPTU

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,2241* (0,0132)	0,2330* (0,0139)	0,3143* (0,0266)	0,2576* (0,0269)
Estudo de Evento				
-3	0,3076* (0,1143)	0,3076* (0,1143)	0,3600* (0,1530)	0,3766* (0,1502)
-2	-0,0164 (0,1241)	-0,0164 (0,1241)	-0,0284 (0,1741)	-0,1109 (0,1498)
-1	0,1663 (0,1517)	0,1663 (0,1517)	0,2001 (0,2080)	0,0997 (0,1981)
0	-0,0353 (0,1450)	-0,0353 (0,1450)	-0,0938 (0,1959)	-0,0325 (0,1916)
1	0,1917 (0,1288)	0,1917 (0,1288)	0,2740 (0,1710)	0,2768 (0,1596)
2	0,3187* (0,1579)	0,3187* (0,1579)	0,4463* (0,2153)	0,4593* (0,1983)
3	-0,1440 (0,1303)	-0,1440 (0,1303)	-0,2549 (0,1713)	-0,2170 (0,1577)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Sim
Tendências paralelas 2	Sim	Sim	Sim	Sim
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0.05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

A cota parte do IPI apresenta resultado positivo no efeito geral da participação, como mostrado na Tabela 11. Entretanto, considerando o estudo de evento para o Grupo 4, percebe-se que este apresenta um coeficiente negativo no período de construção das usinas, com uma redução de aproximadamente 17,44%.

Tabela 11 – Efeitos sobre a Cota parte do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0979* (0,0090)	0,1228* (0,0092)	0,1932* (0,0176)	0,2843* (0,0202)
Estudo de Evento				
-3	-0,1189 (0,0687)	-0,1188 (0,0687)	-0,1116 (0,0735)	-0,0513 (0,0788)
-2	0,0042 (0,0626)	0,0045 (0,0626)	0,0164 (0,0650)	-0,0246 (0,0687)

(continua)

Estudo de Evento	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
-1	-0,1202 (0,0676)	-0,1201 (0,0676)	-0,2027* (0,0843)	-0,1744* (0,0864)
0	0,0837 (0,0829)	0,0838 (0,0829)	0,0913 (0,1096)	0,1072 (0,1089)
1	0,0507 (0,0938)	0,0510 (0,0938)	0,1321 (0,1206)	0,0918 (0,1170)
2	-0,0841 (0,0906)	-0,0840 (0,0906)	-0,0605 (0,1235)	-0,0824 (0,1171)
3	-0,0470 (0,1577)	-0,0468 (0,1577)	-0,1325 (0,2156)	-0,0804 (0,2099)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Sim
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota 1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0,05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Os resultados para o ICMS estão dispostos na Tabela 12. Com relação ao efeito geral da participação no tratamento, nota-se que o ICMS respondeu positivamente à implementação de usinas eólicas em todos os grupos analisados. Com relação ao Estudo de Evento, os Grupos 1 e 2 apresentaram efeitos positivos e significativos de construção que se estendeu até o ano de implementação, com incremento de cerca de 5% no ano do tratamento. Já o Grupo 4 apresentou efeitos positivos no período de pré-tratamento, e esse efeito só aparece novamente um ano após a instalação das usinas, com incremento de cerca de 7,42%. Os resultados divergem dos apresentados por Rodrigues *et al.*, (2019), onde a operação dos parques eólicos não influenciou na arrecadação do ICMS.

Tabela 12 – Efeitos sobre a Cota parte do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços-ICMS

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,1242* (0,0038)	0,1207* (0,0040)	0,1281* (0,0067)	0,1031* (0,0075)
Estudo de Evento				
-3	0,3099* (0,0413)	0,3100* (0,0413)	0,3286* (0,0460)	0,3410* (0,0489)
-2	0,1406* (0,0250)	0,1407* (0,0250)	0,1517* (0,0307)	0,1164* (0,0310)
-1	0,0806* (0,0261)	0,0806* (0,0261)	0,0760* (0,0309)	0,0976* (0,0318)
0	0,0548* (0,0266)	0,0548* (0,0266)	0,0572 (0,0333)	0,0534 (0,0333)
1	0,0560 (0,0308)	0,0561 (0,0309)	0,0766* (0,0377)	0,0742* (0,0324)
2	0,0740 (0,0503)	0,0741 (0,0503)	0,0664 (0,0606)	0,0574 (0,0609)
3	0,2429* (0,0578)	0,2429* (0,0578)	0,3332* (0,0599)	0,2909* (0,0648)

(continua)

(continuação)

Estudo de Evento	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Sim	Sim	Não	Sim
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0,05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

No que concerne os resultados bastante discutidos na literatura sobre efeitos da implementação de usinas eólicas, tem-se as estatísticas para o mercado de trabalho. A Tabela 13 mostra os efeitos sobre a massa salarial *per capita*. Observa-se o impacto geral da participação no tratamento positivo. Entretanto, em termos econômicos, o impacto é pequeno, incremento entre 0,01 e 0,02%.

Em relação ao estudo de evento, considerando os resultados dos grupos 3 e 4 que passaram nos testes de tendências paralelas e, a partir dos resultados desses grupos, observa-se que a massa salarial *per capita* teve um efeito positivo um ano após o tratamento, com incrementos de aproximadamente 0,02% em ambos os grupos.

Tabela 13 – Efeitos sobre a Massa salarial *per capita*

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0160* (0,0011)	0,0175* (0,0011)	0,0100* (0,0017)	0,0180* (0,0018)
Estudo de Evento				
-3	0,0359* (0,0102)	0,0359* (0,0102)	0,0315* (0,0107)	0,0300* (0,0109)
-2	0,0048 (0,0069)	0,0048 (0,0069)	-0,0008 (0,0089)	0,0019 (0,0089)
-1	0,0137 (0,0111)	0,0137 (0,0111)	0,0081 (0,0143)	0,0099 (0,0138)
0	0,0100 (0,0058)	0,0100 (0,0058)	0,0077 (0,0067)	0,0087 (0,0066)
1	0,0107 (0,0068)	0,0107 (0,0068)	0,0160* (0,0079)	0,0166* (0,0081)
2	-0,0033 (0,0064)	-0,0033 (0,0064)	-0,0108 (0,0075)	-0,0070 (0,0079)
3	0,0020 (0,0116)	0,0020 (0,0116)	-0,0063 (0,0150)	-0,0016 (0,0149)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Sim	Sim
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0,05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

As estimações apresentadas para o mercado de trabalho mostram efeitos pequenos quando comparados aos apresentados por Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020). Entretanto, cabe destacar que os autores analisaram de maneira bem específica os resultados sobre o mercado de trabalho, desagregando por setores dentre outras características, enquanto a análise que esta pesquisa se propõe captar os efeitos de maneira geral sobre a quantidade de pessoas ocupadas e a massa salarial per capita.

5.4 Avaliação dos efeitos da implementação de usinas eólicas

Além da conciliação entre atividade produtiva e a preservação do meio ambiente, a grande tecnologia envolvida na geração de energia eólica é capaz de ultrapassar o campo ambiental e avançar no sentido socioeconômico, gerando benefícios para as populações afetadas. Assim, para uma melhor compreensão dos efeitos gerados pela instalação de usinas eólicas, faz-se necessário analisar alguns fatores que podem explicar os resultados encontrados.

Oliveira *et al.*, (2020) assumem que os investimentos realizados no setor eólico afetam diretamente o segmento de máquinas e equipamentos, inclusive manutenção e reparos e o segmento de construção. Os autores destacam que a expansão do setor eólico brasileiro implicou ganho de valor na economia das Regiões Nordeste e Sul, chegando a 66,95 bilhões nos dois setores analisados. Fator que influencia não somente nos setores de máquinas e equipamentos e da construção, mas também toda a economia local.

Existe um entendimento por trás disso, uma vez que a expansão de investimentos no setor eólico aumenta a demanda nos setores de máquinas e equipamentos e da construção, exercendo efeito direto. Frente a isso, há um aumento na produção de outros segmentos para atender a demanda inicial gerada pelos recursos alocados. Dessa forma, existe um efeito indireto ocasionado pelo aumento do consumo dos insumos necessários para atender a maior demanda dos setores diretamente afetados (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

O choque inicial provocado pelo aumento nos investimentos no setor de energia eólica exerce impacto sobre os rendimentos do trabalho, ou seja, sobre empregos e salários, conseqüentemente, sobre o consumo das famílias (efeito renda) em função da aceleração econômica. Simas e Pacca (2013) destaca que no setor eólico mais de 74% dos empregos são gerados na fase de construção e operação, provocando alto índice de emprego local e trazendo benefícios sociais e econômicos aos locais de instalação. Em concordância, Gonçalves, Rodrigues e Chagas (2020), através de uma análise empírica, encontram que os parques eólicos aumentam o emprego na indústria, agricultura e construção, acentuando os salários em todos

os setores econômicos. Nesse estudo, a variável referente ao rendimento per capita da população respondeu positivamente à implementação de parques eólicos, corroborando com a literatura.

O VAB da Indústria, bem como o PIB *per capita* dos municípios com instalações eólicas responderam positivamente à implementação de usinas eólicas, assim, pode-se dizer que o efeito indireto exercido sobre elas é ocasionado pela influência dos parques eólicos instalados, já que o incremento no consumo em razão da renda favorece o dinamismo local. Os resultados para o PIB *per capita* corroboram com a literatura; Martini, Jordão e Grimaldi (2018) e Rodrigues *et al.*, (2019) também encontram efeitos positivos sobre esse indicador. Comportamento divergente é observado para o VAB da Indústria, pois Rodrigues *et al.*, (2019) encontram efeito negativo sobre essa variável.

Os investimentos realizados no setor eólico brasileiro no período de 2011 a 2019 foram capazes de expandir a produção nas Regiões Nordeste e Sul, aproximadamente 262 bilhões de reais, gerando, em média, mais de 498 mil empregos por ano, e 45,2 bilhões de reais em massa salarial. Além disso, foram arrecadados 22,4 bilhões de reais em tributos relacionados, sendo R\$ 11,8 bilhões em ICMS e R\$ 1,9 bilhão em IPI (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A partir dos resultados apresentados, é possível notar esse tipo de influência destacado por Oliveira *et al.*, (2020) exercido pelo setor de energia eólica nas receitas e arrecadação de impostos nos municípios. A variável receita tributária teve um impacto ocasionado pela implementação de usinas eólicas nos municípios nordestinos. O mesmo comportamento é observado para os Impostos e, em algumas desagregações nos Impostos também foi possível notar efeitos positivos da implementação de parques eólicos, tais como o IPTU e a cota parte do ICMS.

Os resultados estimados para os fiscos municipais diferem dos apresentados por Rodrigues *et al.*, (2019). Não são encontrados efeitos significativos sobre essas variáveis. Os autores argumentam que os incentivos fiscais podem contribuir para esse efeito, uma vez que buscam atrair esse tipo de investimento havendo, por consequência, uma redução no montante de impostos levados aos cofres públicos.

De fato, com o intuito de deixar o setor eólico mais competitivo, existem no Brasil algumas políticas de incentivo para a geração de energias renováveis. Dentre as quais estão a Lei nº 11.488/2007 e o Decreto nº 6.144/2007 (Regime Especial para o Desenvolvimento da Infraestrutura, criado com o objetivo de desenvolver a infraestrutura do país, desonera o PIS/COFINS incidente sobre a importação direta e na compra de máquinas, aparelhos e equipamentos incorporados em obras de infraestrutura destinadas ao ativo imobilizado);

Decreto nº 8950/2016 (Tabela do IPI: reduz a zero o IPI sobre equipamentos e componentes utilizados em aerogeradores). Existe também a autorização para que os estados possam conceder diferimento sobre o ICMS balizados no Convênio ICMS 109/14.

Destaca-se, no entanto, que existem efeitos diretos e indiretos gerados pelo setor eólico, e mesmo que os efeitos diretos sejam mitigados pelos incentivos fiscais concedidos para a geração de energias limpas e renováveis, os efeitos indiretos provocados pelos altos investimentos no setor ainda permanecem.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão acerca da importância da energia eólica na matriz elétrica dos países é capaz de ultrapassar o campo ambiental e avançar no sentido socioeconômico, gerando benefícios para as populações afetadas. Assim, a literatura nacional e internacional evidencia efeitos positivos sobre melhorias no PIB, na massa salarial, dentre outros indicadores, mostrando que existe uma associação positiva entre a construção e a operação de usinas eólicas nos municípios.

Diante disso, o objetivo dessa pesquisa foi analisar os efeitos da implementação de usinas eólicas nos municípios brasileiros, a fim de identificar se a instalação de usinas eólicas nos municípios impacta indicadores econômicos (PIB, VAB e suas desagregações), fiscais (Receitas e Impostos) e do mercado de trabalho.

O período de análise foi de 2004 a 2018, sendo considerados municípios que receberam instalações eólicas de 2009 a 2015, para a estimação escalonada dos resultados. Para a análise, selecionou-se quatro grupos, os três primeiros com base no critério regional de localização. Já o quarto grupo foi selecionado com base na velocidade média dos ventos, em que foram escolhidos municípios com velocidade média dos ventos consideradas alta que se encontravam próximos a municípios com velocidade média dos ventos também alta, sendo classificados por meio da autocorrelação espacial observada na Análise Exploratória de Dados Espaciais.

Para atender o objetivo proposto, utilizou-se de um modelo de diferenças em diferenças adaptado (escalonado), que considera: i) múltiplos períodos de tempo; ii) variações no tempo de tratamento; e, iii) efeitos dinâmicos do tratamento, por meio de um projeto de Estudo de Evento. A princípio, foi estimado um modelo considerando o efeito médio da participação no tratamento. Desse modo, através do Estudo de Evento foi possível verificar a exposição e duração do efeito, além de validar esses resultados por meio dos testes de tendências paralelas.

Os resultados apresentados mostram que existem evidências segundo as quais a instalação de usinas eólicas provoca impactos positivos no PIB *per capita*, VAB da Indústria, onde apresentou efeito significativo nos municípios tratados. Com relação aos fiscos municipais, o Grupo 3, composto pelos municípios do Nordeste, apresentou impactos positivos e significativos na Receita Tributária e nos Impostos. As variáveis Cota parte do ICMS e o IPTU também indicam que a implementação de usinas eólicas exerce influência positiva sobre

a arrecadação tributária. Além disso, ainda se verifica um pequeno incremento no mercado de trabalho local, representado pela massa salarial *per capita*.

Essa pesquisa contribui com a literatura dos impactos da energia eólica, abrindo mais um questionamento sobre as externalidades advindas desse setor. Os resultados apresentados podem ser úteis para informar aos formuladores de políticas os efeitos gerados pela energia dos ventos nos municípios e sua importância econômica regional, ajudando a definir a alocação de investimentos para a geração de energia eólica. Destaca-se que pesquisas futuras podem focalizar nos incentivos fiscais e políticas de incentivo para geração de energia eólica, como uma maneira de explicar o desenvolvimento do setor ao longo dos anos.

REFERÊNCIAS

- ABADIE, A. Semiparametric difference-in-difference estimators. **The Review of Economic Studies**, London, v. 72, n.1, p. 1-19, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. ABEEOLICA. **Boletim anual de geração eólica 2019**. Disponível em: http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2020/06/PT_Boletim-Anual-de-Gera%C3%A7%C3%A3o-2019.pdf. Acesso em: 10 set. 2020.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3 ed. Brasília, 2008.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA**. Disponível em: <https://bit.ly/2IGf4Q0>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- ATHEY, S.; IMBENS, G. W. Identification and inference in nonlinear difference in differences models. **Econometrica**, New Haven, v. 74, n. 2, p. 431-497, 2006.
- BEZERRA, F. D. **Energia eólica gera riquezas no Nordeste**. Caderno Setorial ETENE, Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, ano 3, n. 40, 2018.
- BLANCO, M. I.; RODRIGUES, G. Direct employment in the wind energy sector: An EU study. **Energy policy**, United Kingdom, v. 37, n. 8, p. 2847-2857, 2009.
- BROWN, J. P.; PENDER, J.; WISER, R.; LANTZ, E.; HOEN, B. Ex post analysis of economic impacts from wind power development in US counties. **Energy Economics**, University of Nebraska: Lincoln, v. 34, n. 6, p. 1743-1754, 2012.
- CAETANO BACHA, C. J.; STEGE, A. L.; HARBS, R. Ciclos de preços de terras agrícolas no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v. 25, n. 4, p. 18-37, 2016.
- CALLAWAY, B; SANT'ANNA, P.H.C. **Difference-in-differences with multiple time periods and an application on the minimum wage and employment**. DETU Working Papers 1804, Department of Economics, Temple University: Philadelphia, 2018.
- CALLAWAY, B; SANT'ANNA, P.H.C. Difference-in-differences with multiple time periods. **Journal of Econometrics**, Netherlands, v. 225, n. 2, p. 200-230, 2021.
- CASTRO, R. M. **Introdução à Energia Eólica: Energias Renováveis e Produção Descentralizada**. 3 ed. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa – Instituto Superior Técnico, 2009.
- CERULLI, G; VENTURA, M. Estimation of pre-and posttreatment average treatment effects with binary time-varying treatment using Stata. **The Stata Journal**, United Kingdom, v. 19, n. 3, p. 551-565, 2019.
- COSTA, R. A; CASOTTI, B.P; AZEVEDO, R. L. S. **Um panorama da indústria de bens**

de capital relacionados à energia eólica. Rio de Janeiro: BNDES Setorial, p. 229-278. n. 29, 2009.

DEL RÍO, P; BURGUILLO, M. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, United Kingdom, v. 12, n. 5, p. 1325-1344, 2008.

EJDEMO, T; SÖDERHOLM, P. Wind power, regional development and benefit-sharing: The case of Northern Sweden. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, United Kingdom, v. 47, p. 476-485, 2015.

FOLEY, D. K. **The economic fundamentals of global warming.** Twenty-first century macroeconomics: Responding to the climate challenge, p. 115-126, 2009.

GASQUES, J. G.; BASTOS, E. T.; VALDES. **Preços da terra no Brasil.** In: 46º Encontro da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER), p. 1–16, 2008.

GOODMAN-BACON, A. **Difference-in-differences with variation in treatment timing,** Cambridge (United States of America): National Bureau of Economic Research (NBER Working Paper, n.25018), 2018.

GONÇALVES, S; RODRIGUES, T. P.; CHAGAS, A. L. S. The impact of wind power on the Brazilian labor market. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, United Kingdom, v. 128, p. 109887, 2020.

HAINMUELLER, J. Entropy Balancing for Causal Effects: A Multivariate Reweighting Method to Produce Balanced Samples in Observational Studies. **Political Analysis**, Cambridge (United States of America), v. 20, n.1, p. 25-46, 2012.

HAINMUELLER, J.; XU, Y. Ebalance: A Stata package for entropy balancing. **Journal of Statistical Software**, Los Angeles: University of California, v. 54, n. 7, 2013.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; SMITH, J.; TODD, P. Characterizing selection bias using experimental data, **Econometrica**, New Haven, v. 66, n. 5, p. 1017-1098, 1998.

HECKMAN, J. J.; ICHIMURA, H.; TODD, P. Matching as an econometric evaluation estimator: Evidence from evaluating a job training programme, **The Review of Economic Studies**, London, v. 64, n. 4, p. 605-654, 1997.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Saldos e Estatísticas Globais. Disponível em: <https://www.iea.org/statistics/balances>. Acesso: 11 ago. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. Renewables Information: Overview. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/renewables-information-overview>. Acesso: 11 ago. 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. IEA. World Energy Balances: Overview. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>. Acesso: 11 ago. 2020.

LAGE, E. S.; PROCESSI, L.D. Panorama do setor de energia eólica. **Revista do BNDES**, Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, n.39, p. 183-206, 2013.

MARTINI, R.A.; JORDÃO, M.F.; GRIMALDI, D.S. Avaliação de efeitos locais da construção de usinas eólicas nos municípios brasileiros: uma abordagem por controle sintético. *In*: 46, ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA. 2018. Rio de Janeiro. **Anais [...]** Rio de Janeiro: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia - ANPEC, 2018.

MAURITZEN, J. Will the locals benefit? The effect of wind power investments on rural wages. **Energy Policy**, United Kingdom, v. 142, p.111489, 2020.

OLIVEIRA, G.; CURI, A. Z.; FELINE, P. S.; FICARELLI, T. R. A. **Impactos socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil**. GO associados. ABEEólica. São Paulo. 2020. Disponível em: https://epbr.com.br/wp-content/uploads/2021/02/ABEEolica_GO-Associados-V.-Final.pdf. Acesso: jul. 2021.

POOLE, A. D.; HOLLANDA, J. B.; TOLMASQUIM, M. T. **Conservação de energia e emissões de gases do efeito estufa no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE), 1998.

RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK FOR THE 21ST CENTURY. REN 21. Energias Renováveis 2016: relatório da situação mundial. Disponível em: https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf. Acesso: 11 ago. 2020.

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

RODRIGUES, T.A.P.; GONÇALVES, S. L.; CHAGAS, A. S. Wind power and the labor market in the Brazilian Northeast: a spatial propensity score matching approach. **Revista Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, v. 13, n. 3, p. 357-378, 2019.

RODRIGUES, R. A.; COSTA, E. M.; IRFFI, G.; PIRES, J. N. R. Efeitos da Construção de Parques Eólicos sobre indicadores econômicos e fiscais dos municípios brasileiros. *In*: 34, Encontro Regional Nordeste de Economia, 19. 2019. Fortaleza, Ceará. **Anais [...]** Fortaleza: Associação Nacional dos Centros de Pós-Graduação em Economia – ANPEC, 2019.

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

SIMAS, M; PACCA, S. Socio-economic benefits of wind power in Brazil. Water and Environment Systems. **Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems**, Croatia : International Centre for Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems SDEWES, v.1, n.1, p. 27-40, 2013.

SIMAS, M; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos avançados**, São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – USP, v. 27, n. 77, p. 99-116, 2013.

TOLMASQUIM, M. T. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos avançados**, São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo – USP, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. UNFCCC. Adoption of the Paris Agreement, 2015. Disponível em: <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.

VENTURA FILHO, A. **O Brasil no contexto energético mundial**. Núcleo de análise interdisciplinar de políticas e estratégias da Universidade de São Paulo (NAIPPE - USP), São Paulo, 2009.

XIA, F; SONG, F. Evaluating the economic impact of wind power development on localeconomies in China. **Energy Policy**, United Kingdom, v. 110, p. 263-270, 2017.

APÊNDICE A – TESTES DE MÉDIA PARA OS GRUPOS DE ANÁLISE

Tabela A1 – Teste-T para a diferença de média dos tratados e controles para o Grupo 1 nos anos de 2008 e 2018

GRUPO 1	2008				2018			
	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test
Variáveis								
PIB <i>per capita</i>	19,04	20,05	-1,01	-0,32	27,97	24,05	3,92	1,20
VAB da Agropecuária	52.095,88	48.410,55	3.685,33	0,33	54.285,77	54.263,13	22,64	0,00
VAB da Indústria	221.449,30	251.436,10	-29.986,80	-0,12	339.607,60	238.697,40	100.910,20	0,56
VAB dos Serviços	271.147,20	475.489,60	-204.342,40	-0,23	437.377,50	632.230,80	-194.853,30	-0,19
Receitas Totais	92.685,24	92.745,99	-60,75	0,00	140.259,20	126.985,80	13.273,40	0,10
Receita Corrente	95.243,73	92.875,01	2.368,72	0,02	133.209,20	117.998,30	15.210,90	0,13
Receita Tributária	9.623,56	17.446,50	-7.822,94	-0,18	21.110,02	28.713,37	-7.603,35	-0,12
Impostos	8.654,03	16.139,52	-7.485,49	-0,18	19.024,12	26.639,48	-7.615,36	-0,12
IPTU	2.259,90	4.758,07	-2.498,17	-0,20	4.989,02	9.159,78	-4.170,76	-0,19
ISSQN	4.618,60	8.278,82	-3.660,22	-0,16	10.176,35	12.761,70	-2.585,35	-0,08
Taxas	961,98	1.323,50	-361,52	-0,23	1.936,47	2.190,46	-253,99	-0,12
Cota-parte ITR	94,80	72,26	22,54	0,70	183,47	249,91	-66,44	-0,64
Cota-parte IPI	323,16	331,91	-8,75	-0,03	242,24	272,87	-30,63	-0,14
Cota-parte ICMS	17.119,91	19.129,00	-2.009,09	-0,10	28.620,55	21.152,09	7.468,46	0,45
Vínculos Ativos	4.616,79	7.363,02	-2.746,23	-0,26	6.166,81	8.652,77	-2.485,96	-0,22
Massa salarial pc	0,22	0,27	-0,05	-1,32	0,29	0,31	-0,02	-0,75
densidade pop	71,20	116,96	-45,76	-0,57	81,16	127,97	-46,81	-0,54

Fonte: Elaboração própria

Nota: Diferença de média= (Média dos Tratados - Média dos Controles). Significância do Test -T: < 0.05:*

Tabela A2 – Teste-T para a diferença de média dos tratados e controles para o Grupo 2 nos anos de 2008 e 2018

GRUPO 2	2008				2018			
	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test
Variáveis								
PIB per capita	19,04	19,38	-0,34	-0,11	27,97	23,05	4,92	1,55
VAB da Agropecuária	52.095,88	43.567,94	8.527,94	0,91	54.285,77	45.591,70	8.694,07	0,76
VAB da Indústria	221.449,30	261.577,00	-40.127,70	-0,16	339.607,60	244.181,20	95.426,40	0,51
VAB dos Serviços	271.147,20	478.228,40	-207.081,20	-0,23	437.377,50	632.011,90	-194.634,40	-0,18
Receitas Totais	92.685,24	95.377,91	-2.692,67	-0,02	140.259,20	129.571,50	10.687,70	0,07
Receita Corrente	95.243,73	95.590,20	-346,47	0,00	133.209,20	120.319,10	12.890,10	0,10
Receita Tributária	9.623,56	18.321,42	-8.697,86	-0,19	21.110,02	29.687,28	-8577,26	-0,13
Impostos	8.654,03	16.955,97	-8.301,94	-0,19	19.024,12	27.556,75	-8.532,63	-0,13
IPTU	2.259,90	5.056,31	-2.796,41	-0,21	4.989,02	9.488,03	-4.499,01	-0,20
ISSQN	4.618,60	8.742,14	-4.123,54	-0,17	10.176,35	13.337,68	-3161,33	-0,09
Taxas	961,98	1.390,83	-428,85	-0,26	1.936,47	2.269,10	-332,63	-0,15
Cota-parte ITR	94,80	57,92	36,88	1,21	183,47	147,96	35,51	0,60
Cota-parte IPI	323,16	348,85	-25,69	-0,09	242,24	281,06	-38,82	-0,18
Cota-parte ICMS	17.119,91	19.553,71	-2433,80	-0,12	28.620,55	21.419,22	7.201,33	0,41
Vínculos Ativos	4.616,79	7.410,02	-2.793,23	-0,26	6.166,81	8.622,30	-2455,49	-0,21
Massa salarial pc	0,22	0,28	-0,06	-1,22	0,29	0,31	-0,02	-0,54
densidade pop	71,20	126,03	-54,83	-0,65	81,16	137,55	-56,39	-0,63

Fonte: Elaboração própria

Nota: Diferença de média= (Média dos Tratados - Média dos Controles). Significância do Test -T: < 0.05:*

Tabela A3– Teste-T para a diferença de média dos tratados e controles para o Grupo 3 nos anos de 2008 e 2018

GRUPO 3	2008				2018			
	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test
PIB <i>per capita</i>	15,09	9,46	5,63	3,16*	25,23	11,59	13,64	7,38*
VAB da Agropecuária	34.266,82	32.633,99	1.632,83	0,13	35.140,79	33.124,18	2.016,61	0,12
VAB da Indústria	177.205,70	81.005,77	96.199,93	1,29	294.664,20	87.597,72	207.066,48	2,62*
VAB dos Serviços	136.199,20	168.467,70	-32.268,50	-0,15	269.687,70	243.383,30	26.304,40	0,10
Receitas Totais	75.985,27	59.700,44	16.284,83	0,41	116.983,80	83.693,48	33.290,32	0,67
Receita Corrente	77.881,43	61.159,28	16.722,15	0,43	112.778,20	79.062,81	33.715,39	0,74
Receita Tributária	5.736,44	5.934,80	-194,36	-0,02	14.056,52	10.475,37	3.581,15	0,25
Impostos	5.341,39	5.417,09	-75,70	-0,01	13.293,21	9.561,91	3.731,30	0,28
IPTU	880,09	994,24	-114,15	-0,06	1.735,28	2.426,37	-691,09	-0,16
ISSQN	3.366,10	3.177,61	188,49	0,04	8.759,57	5.020,21	3.739,36	0,51
Taxas	401,96	567,27	-165,31	-0,14	624,95	1.003,82	-375,87	-0,22
Cota-parte ITR	40,14	26,60	13,54	0,27	24,58	40,91	-16,33	-0,32
Cota-parte IPI	82,56	105,59	-23,03	-0,21	102,48	74,94	27,54	0,50
Cota-parte ICMS	11.407,24	8.234,59	3.172,65	0,42	24.236,29	10.727,81	13.508,48	1,75*
Vínculos Ativos	3.108,26	3.934,52	-826,26	-0,18	4.292,77	4.878,41	-585,64	-0,11
Massa salarial pc	0,16	0,11	0,05	2,30*	0,22	0,15	0,07	3,87*
densidade pop	65,47	91,08	-25,61	-0,39	74,64	98,69	-24,05	-0,34

Fonte: Elaboração própria

Nota: Diferença de média= (Média dos Tratados - Média dos Controles). Significância do Test -T: < 0.05:*

Tabela A4 – Teste-T para a diferença de média dos tratados e controles para o Grupo 3 nos anos de 2008 e 2018

GRUPO 4	2008				2018			
	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test	Tratamento (T)	Controle (C)	Diferença de média (T-C)	T-test
Variáveis								
PIB <i>per capita</i>	18,07	15,03	3,04	1,41	28,74	18,39	10,35	4,08*
VAB da Agropecuária	38.608,05	40.086,09	-1.478,04	-0,17	40.339,42	43.204,70	-2.865,28	-0,24
VAB da Indústria	191.166,60	121.925,80	69.240,80	0,60	329.586,80	114.651,30	214.935,50	2,41*
VAB dos Serviços	203.253,50	222.049,80	-18.796,30	-0,07	363.888,20	312.095,10	51.793,10	0,15
Receitas Totais	87.689,82	64.797,87	22.891,95	0,43	130.130,90	91.554,20	38.576,70	0,60
Receita Corrente	89.302,43	64.626,22	24.676,21	0,50	124.754,70	85.195,55	39.559,10	0,68
Receita Tributária	8.704,16	7.294,51	1.409,65	0,11	20.020,14	13.542,61	6.477,53	0,32
Impostos	7.879,82	6.584,20	1.295,62	0,11	18.107,43	12.225,10	5.882,33	0,32
IPTU	2.397,37	1.631,87	765,50	0,20	5.213,69	3.953,95	1.259,74	0,18
ISSQN	3.993,95	3.234,58	759,37	0,14	9.338,28	5.490,44	3.847,84	0,46
Taxas	826,55	742,12	84,43	0,07	1.832,70	1.386,11	463,59	0,25
Cota-parte ITR	62,06	40,95	21,11	0,35	156,23	61,91	94,32	2,09*
Cota-parte IPI	179,89	164,31	15,58	0,11	149,61	139,85	9,76	0,10
Cota-parte ICMS	14.028,47	9.858,86	4.169,61	0,52	26.385,20	12.571,47	13.813,73	1,80*
Vínculos Ativos	4.123,33	4.996,91	-873,58	-0,13	5.573,30	5.879,06	-305,76	-0,05
Massa salarial pc	0,21	0,19	0,02	0,90	0,29	0,24	0,05	1,52
densidade pop	79,24	99,64	-20,40	-0,33	91,85	108,94	-17,09	0,25

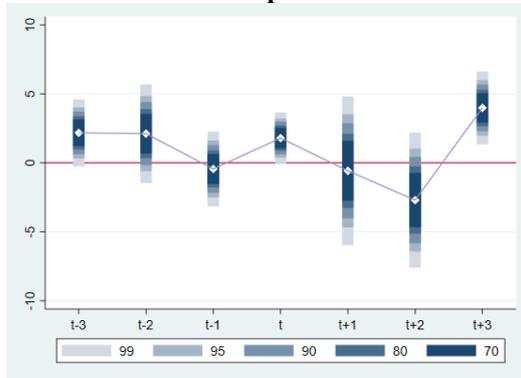
Fonte: Elaboração própria

Nota: Diferença de média= (Média dos Tratados - Média dos Controles). Significância do Test -T: < 0.05:*

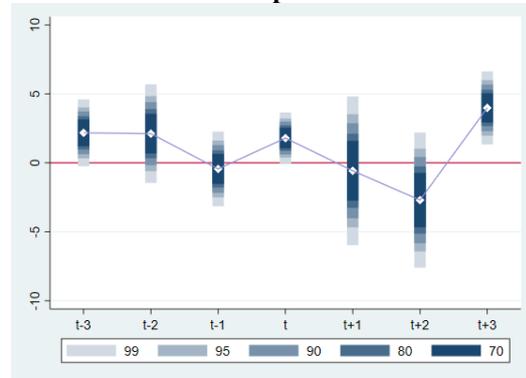
APÊNDICE B – GRÁFICOS DE TENDÊNCIAS PARALELAS

Tendências paralelas- PIB per capita

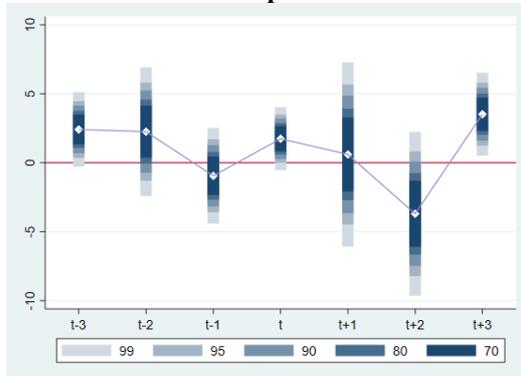
Grupo 1



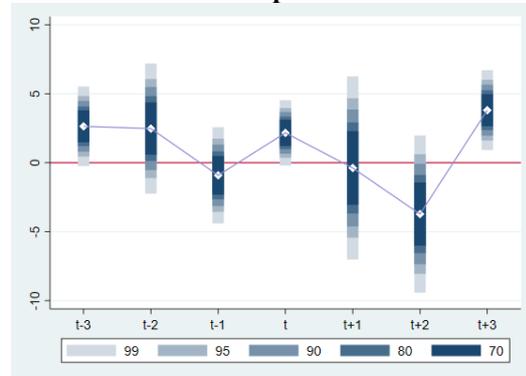
Grupo 2



Grupo 3

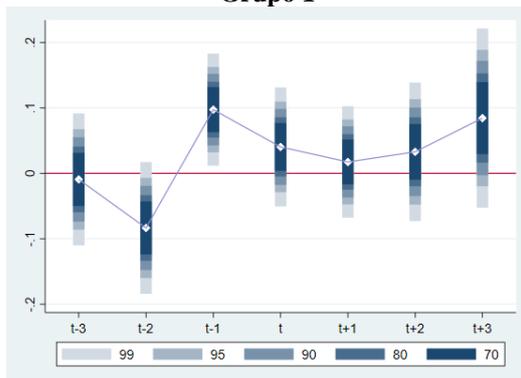


Grupo 4

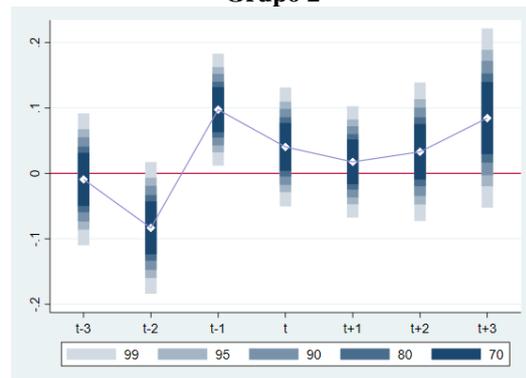


Tendências paralelas- VAB da Agropecuária

Grupo 1



Grupo 2

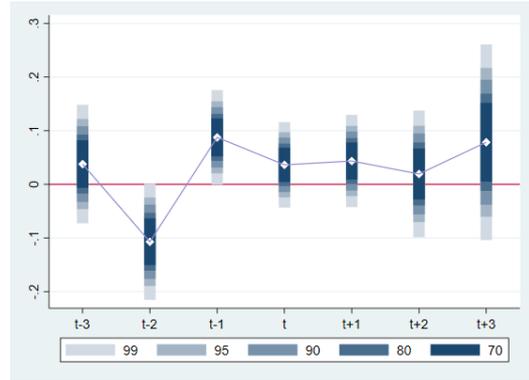
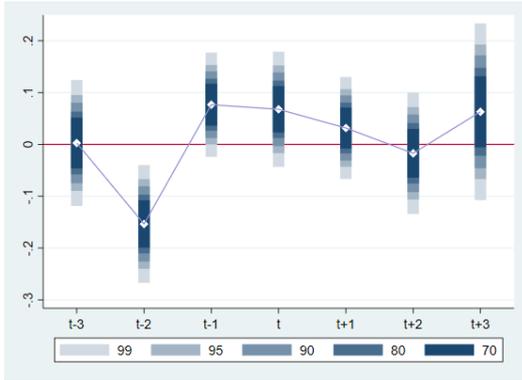


Grupo 3



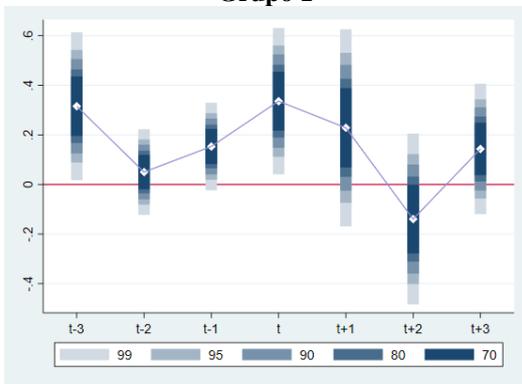
Grupo 4



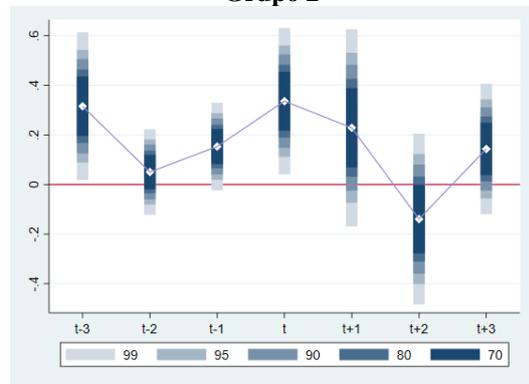


Tendências paralelas- VAB da Indústria

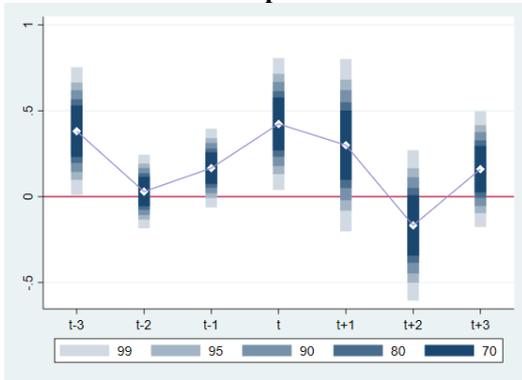
Grupo 1



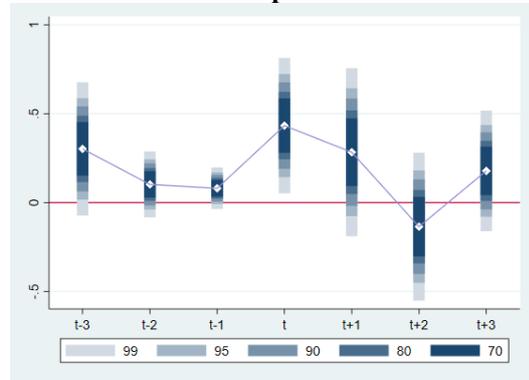
Grupo 2



Grupo 3

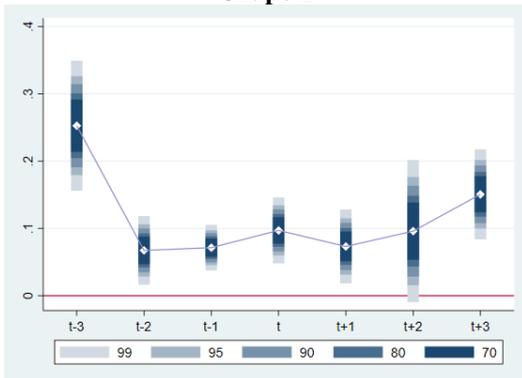


Grupo 4

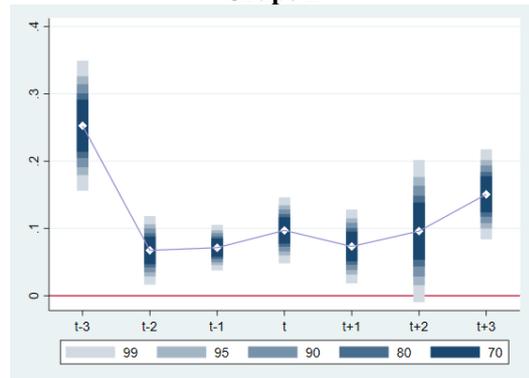


Tendências paralelas- VAB dos Serviços

Grupo 1

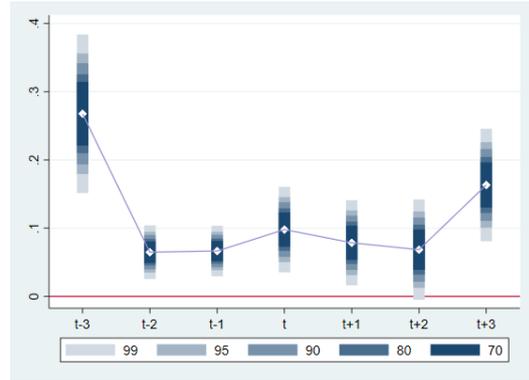
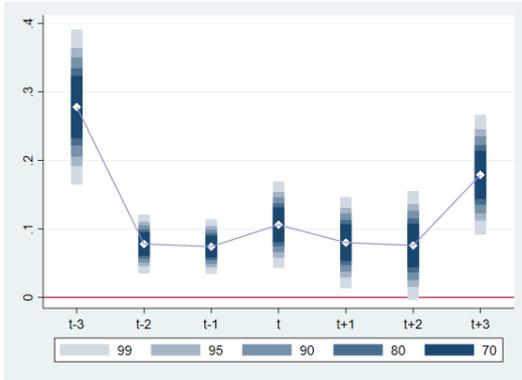


Grupo 2



Grupo 3

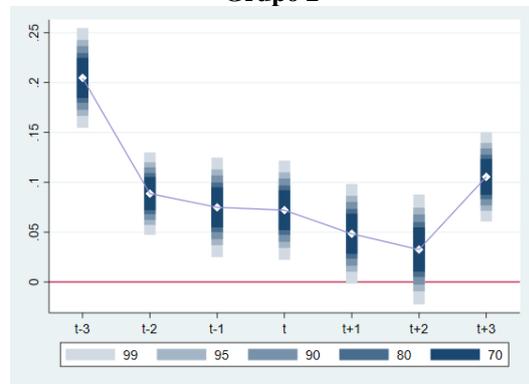
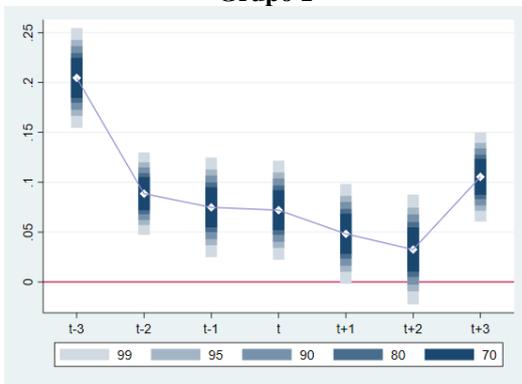
Grupo 4



Tendências paralelas- Receita Orçamentária

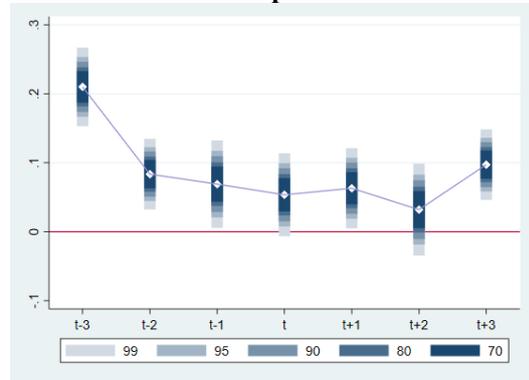
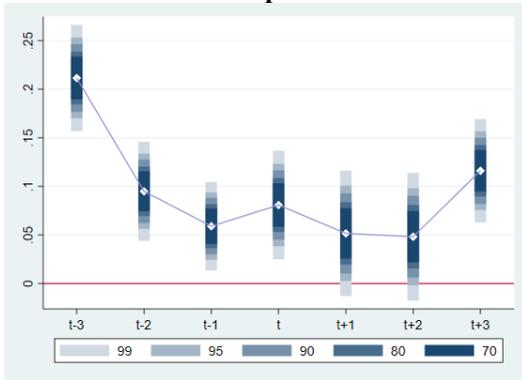
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

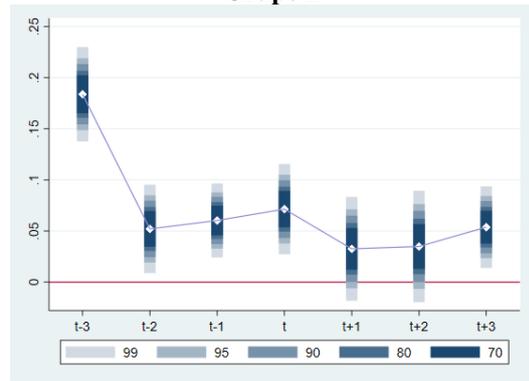
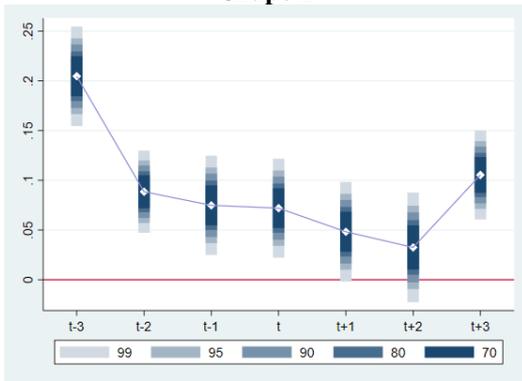
Grupo 4



Tendências paralelas- Receita Corrente

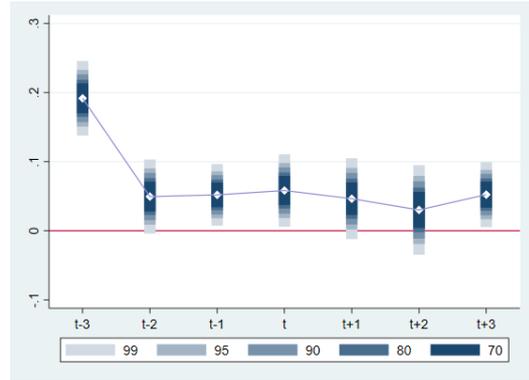
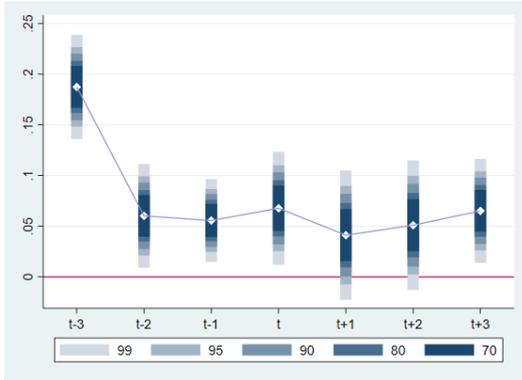
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

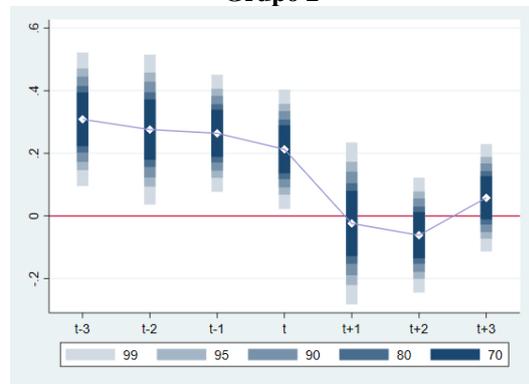
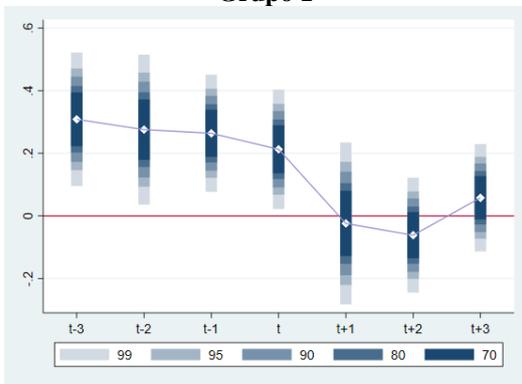
Grupo 4



Tendências paralelas- Receita Tributária

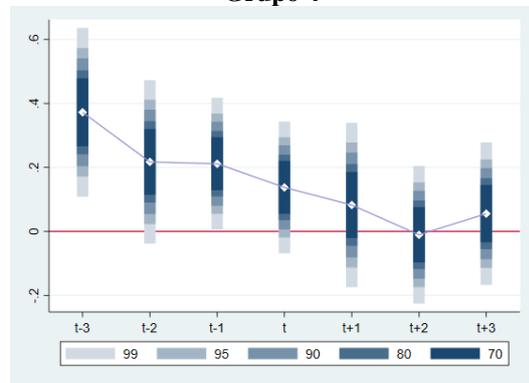
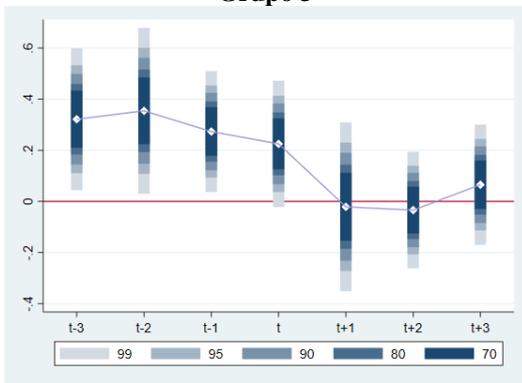
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

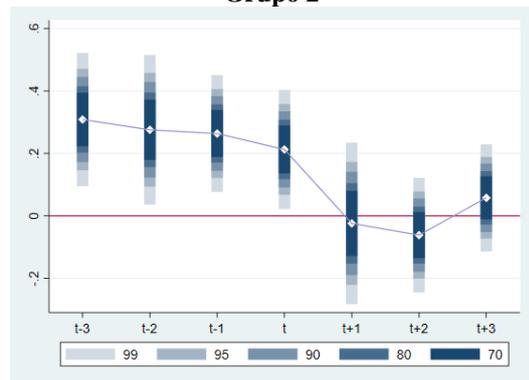
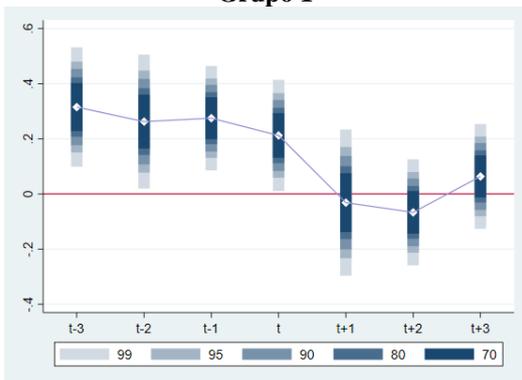
Grupo 4



Tendências paralelas- Impostos

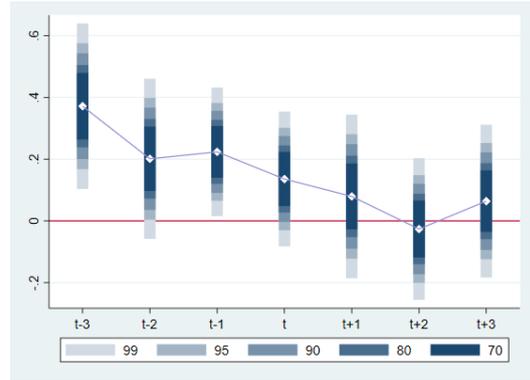
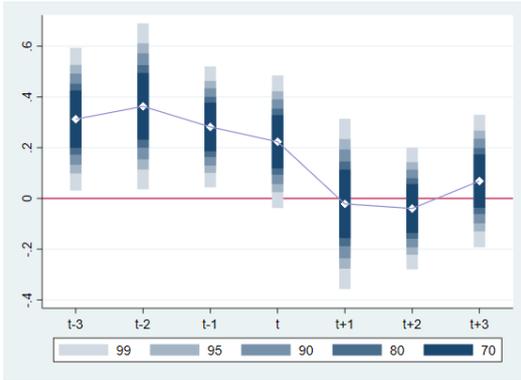
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

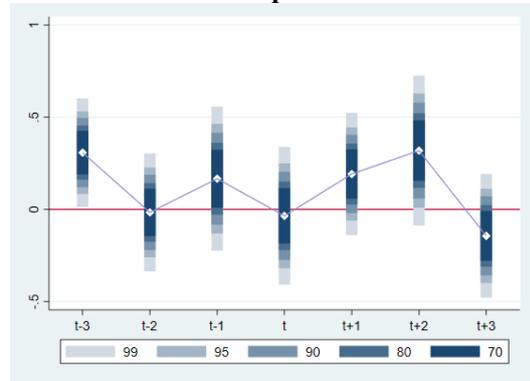
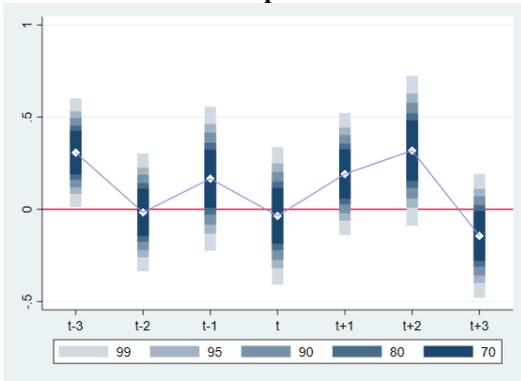
Grupo 4



Tendências paralelas- IPTU

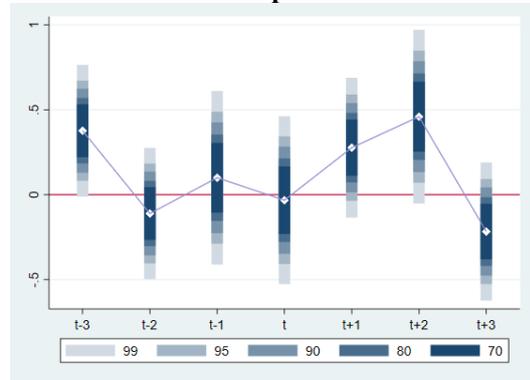
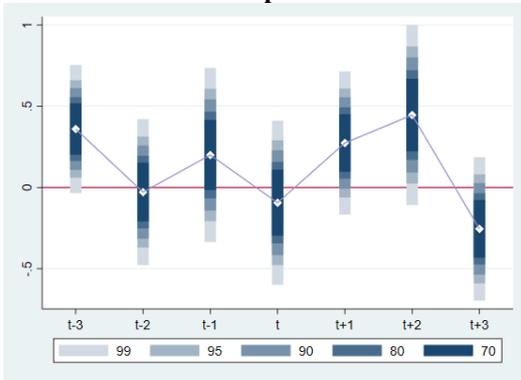
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

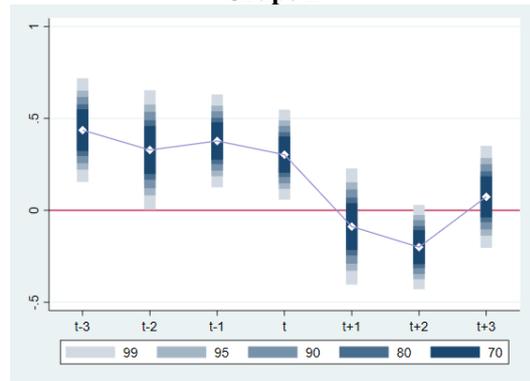
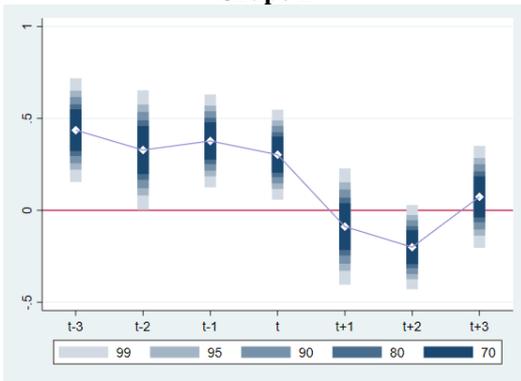
Grupo 4



Tendências paralelas- ISSQN

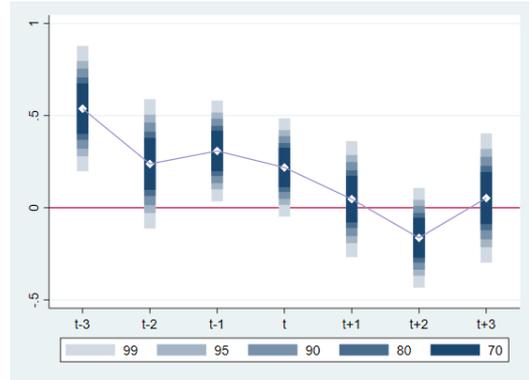
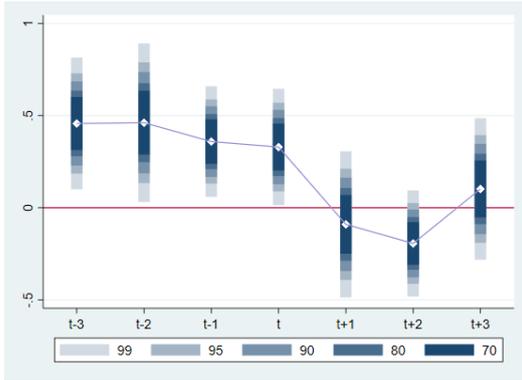
Grupo 1

Grupo 2



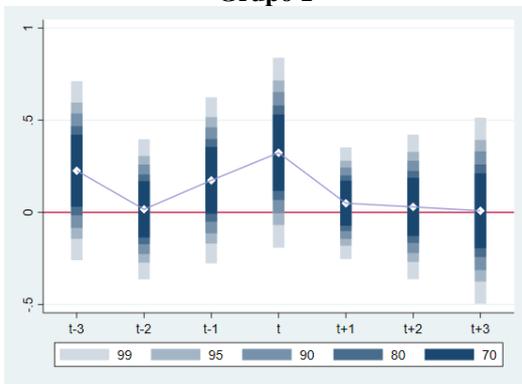
Grupo 3

Grupo 4

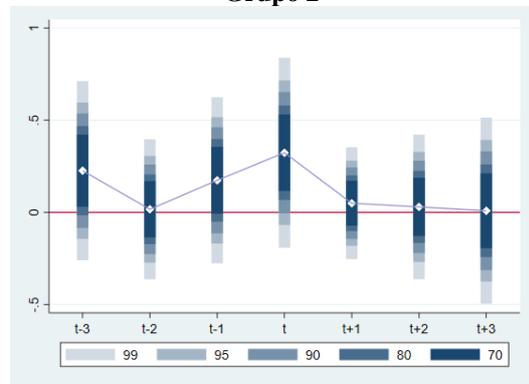


Tendências paralelas- Taxas

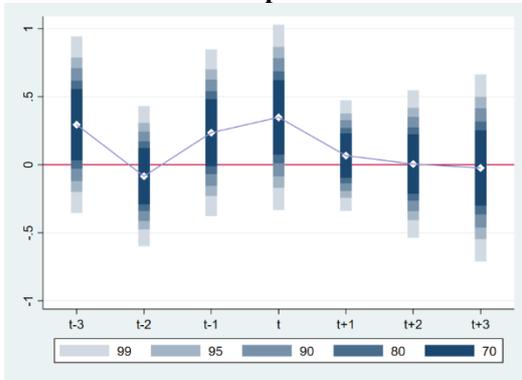
Grupo 1



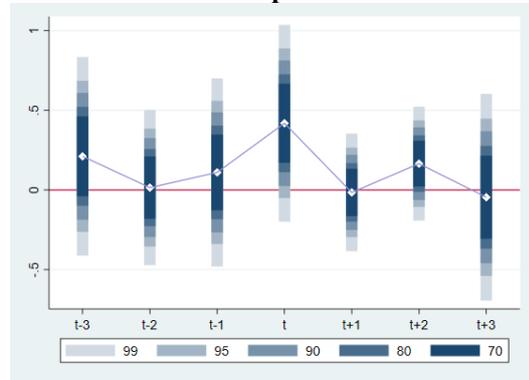
Grupo 2



Grupo 3

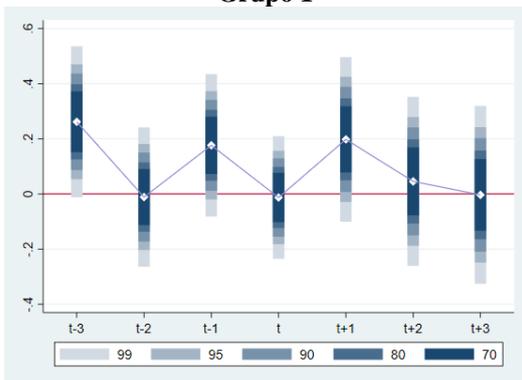


Grupo 4

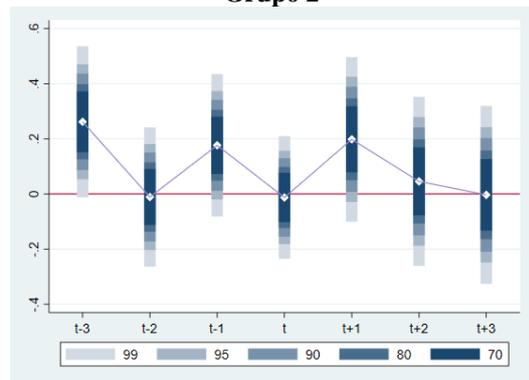


Tendências paralelas- ITR

Grupo 1

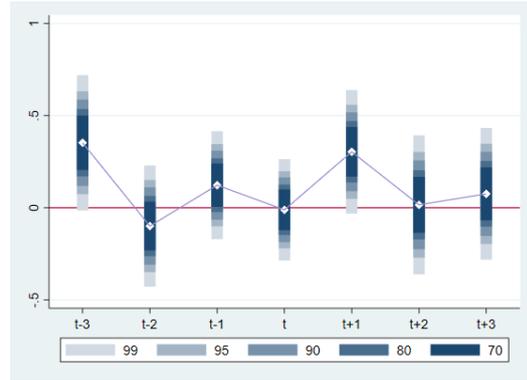
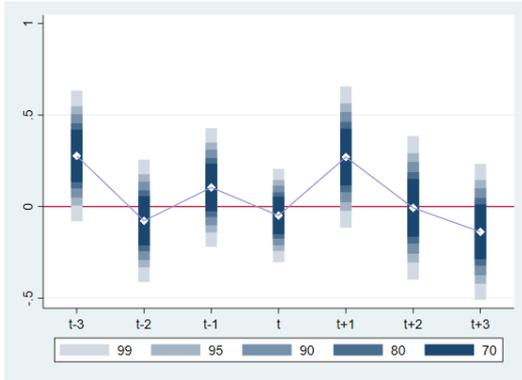


Grupo 2



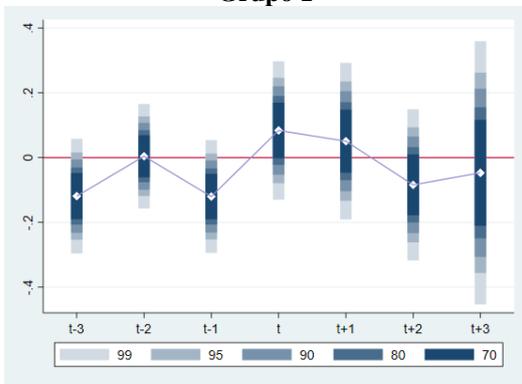
Grupo 3

Grupo 4

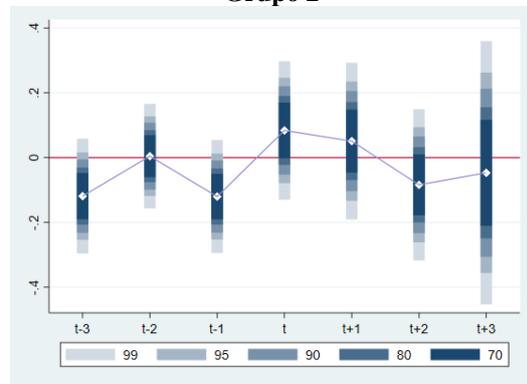


Tendências paralelas- IPI

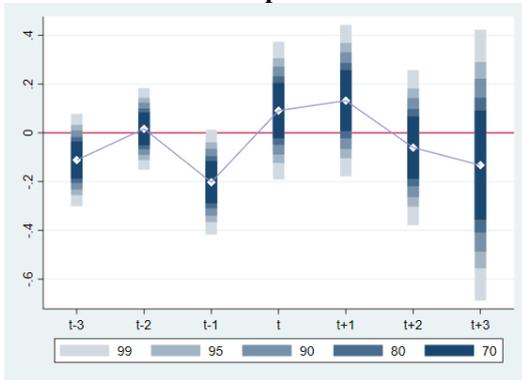
Grupo 1



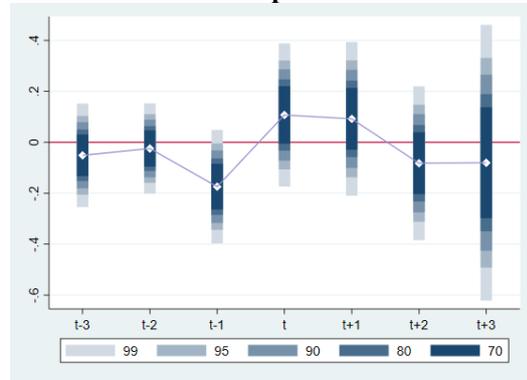
Grupo 2



Grupo 3

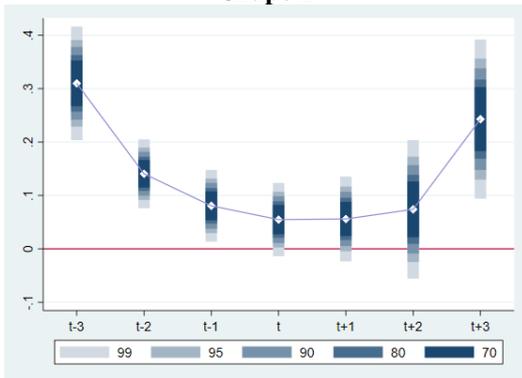


Grupo 4

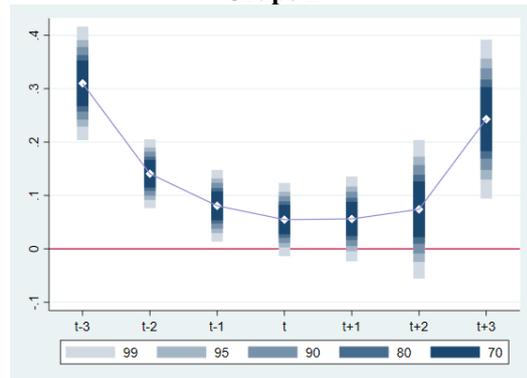


Tendências paralelas- Cota parte do ICMS

Grupo 1

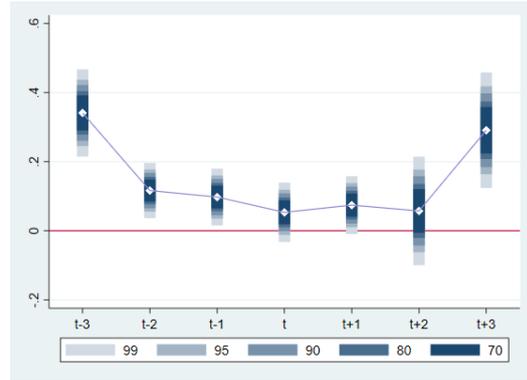
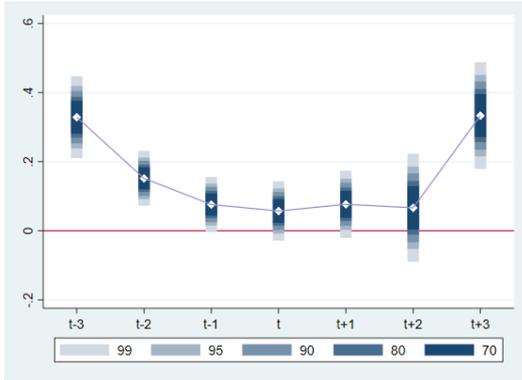


Grupo 2



Grupo 3

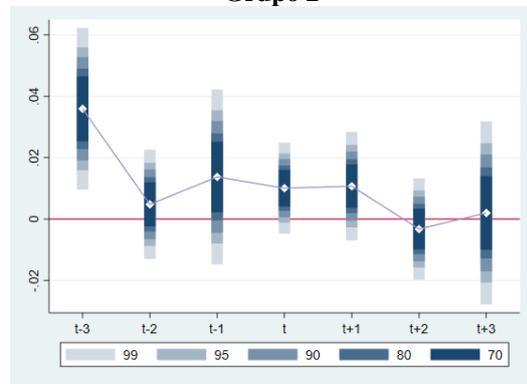
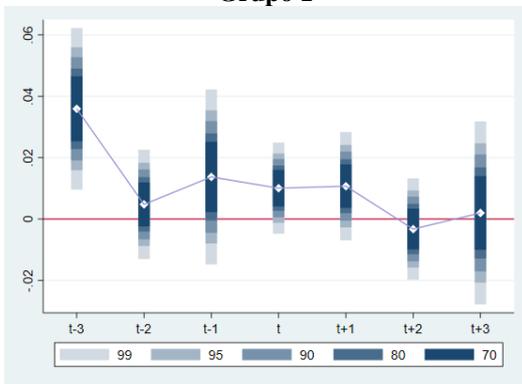
Grupo 4



Tendências paralelas- Massa salarial per capita

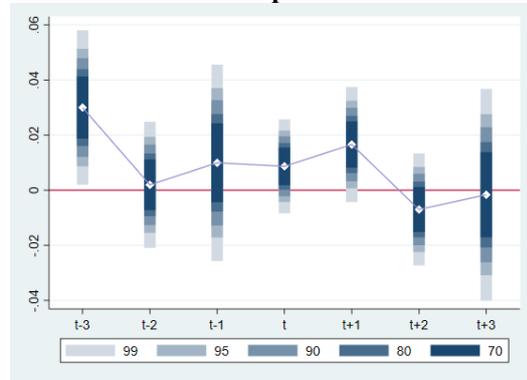
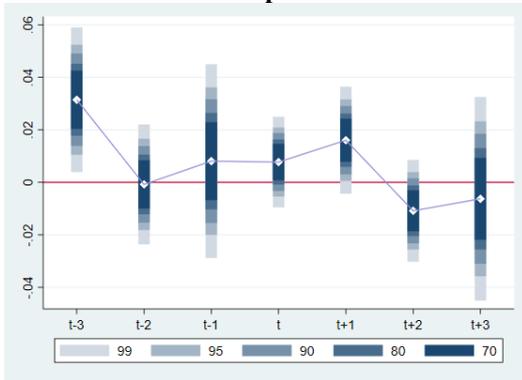
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

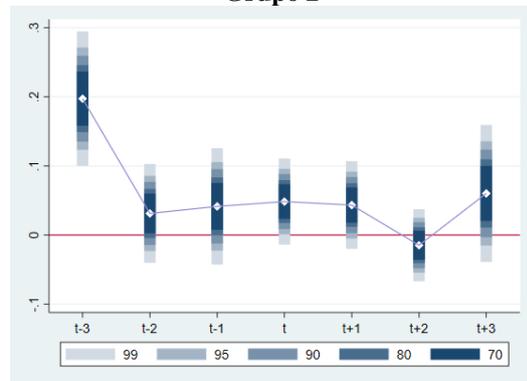
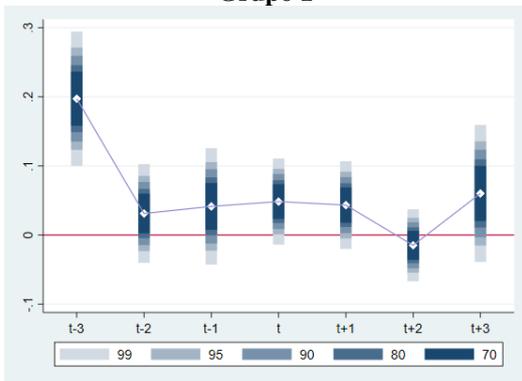
Grupo 4



Tendências paralelas- Empregos (quantidade de vínculos ativos)

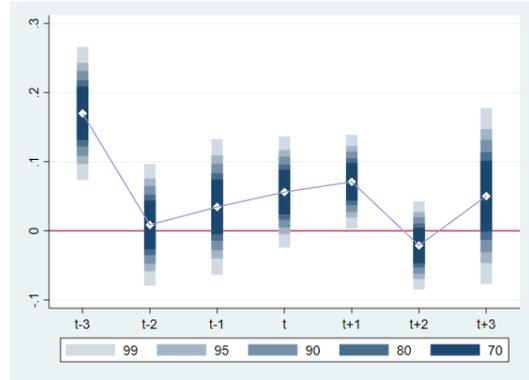
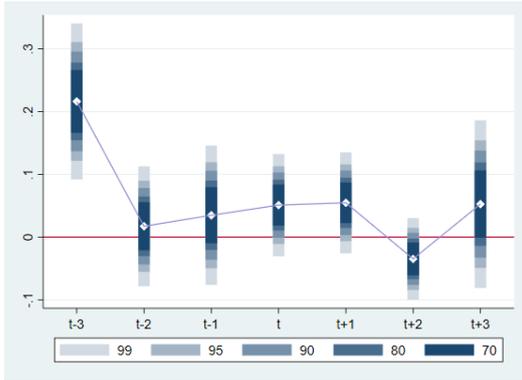
Grupo 1

Grupo 2



Grupo 3

Grupo 4



APÊNDICE C – RESULTADOS PARA AS VARIÁVEIS QUE NÃO PASSARAM NOS TESTES DE TENDÊNCIAS PARALELAS EM PELO MENOS UM DOS GRUPOS

Tabela C1 – Efeitos sobre a receita orçamentária

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0631* (0,0025)	0,0638* (0,0026)	0,0704* (0,0045)	0,0490* (0,0041)
Estudo de Evento				
-3	0,2046* (0,0194)	0,2047* (0,0194)	0,2115* (0,0212)	0,2101* (0,0221)
-2	0,0885* (0,0160)	0,0886* (0,0160)	0,0949* (0,0198)	0,0835* (0,0199)
-1	0,0748* (0,0193)	0,0749* (0,0194)	0,0590* (0,0177)	0,0690* (0,0246)
0	0,0720* (0,0193)	0,0720* (0,0193)	0,0807* (0,0216)	0,0535* (0,0233)
1	0,0483* (0,0194)	0,0483* (0,0194)	0,0516* (0,0250)	0,0630* (0,0225)
2	0,0325 (0,0214)	0,0326 (0,0214)	0,0482 (0,0255)	0,0320 (0,0259)
3	0,1054* (0,0174)	0,1054* (0,0174)	0,1160* (0,0206)	0,0972* (0,0198)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * p<0.05.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Tabela C2 – Efeitos sobre a receita corrente

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0710* (0,0024)	0,0716* (0,0025)	0,0780* (0,0044)	0,0628* (0,0041)
Estudo de Evento				
-3	0,1837* (0,0179)	0,1837* (0,0179)	0,1874* (0,0200)	0,1917* (0,0209)
-2	0,0519* (0,0168)	0,0520* (0,0168)	0,0602* (0,0198)	0,0495* (0,0208)
-1	0,0602* (0,0171)	0,0602* (0,0140)	0,0556* (0,0158)	0,0519* (0,0172)
0	0,0714* (0,0197)	0,0714* (0,0171)	0,067* (0,0216)	0,0582* (0,0203)
1	0,0325 (0,0197)	0,0326 (0,0197)	0,0412 (0,0248)	0,0464* (0,0227)
2	0,0348 (0,0212)	0,0348 (0,0212)	0,0510* (0,0248)	0,0301 (0,0251)
3	0,0537* (0,0155)	0,0537* (0,0155)	0,0651* (0,0199)	0,0523* (0,0182)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * p<0.05.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Tabela C3 – Efeitos sobre o Valor Adicionado Bruto dos Serviços

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,1050* (0,0027)	0,1040* (0,0028)	0,1131* (0,0046)	0,1077* (0,0053)
Estudo de Evento				
-3	0,2525* (0,0375)	0,2526* (0,0375)	0,2779* (0,0439)	0,2676* (0,0450)
-2	0,0673* (0,0198)	0,0674* (0,0198)	0,0780* (0,0167)	0,0648* (0,0152)
-1	0,0713* (0,0131)	0,0714* (0,0131)	0,0741* (0,0155)	0,0665* (0,0144)
0	0,0970* (0,0190)	0,0970* (0,0190)	0,1061* (0,0245)	0,0979* (0,0243)
1	0,0731* (0,0213)	0,0732* (0,0213)	0,0800* (0,0258)	0,0786* (0,0242)
2	0,0960* (0,0410)	0,0960* (0,0410)	0,0759* (0,0308)	0,0685* (0,0285)
3	0,1506* (0,0260)	0,1507* (0,0260)	0,1790* (0,0340)	0,1633* (0,0319)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * p<0.05.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Tabela C4 – Efeitos sobre o Imposto sobre serviços de qualquer natureza - ISSQN

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,5281* (0,0091)	0,5370* (0,0094)	0,6646* (0,0164)	0,5281* (0,0165)
Estudo de Evento				
-3	0,4361* (0,1095)	0,4362* (0,1095)	0,4570* (0,1386)	0,5376* (0,1318)
-2	0,3279* (0,1261)	0,3281* (0,1261)	0,4613* (0,1669)	0,2379* (0,1360)
-1	0,3773* (0,0980)	0,3773* (0,0980)	0,3589* (0,1164)	0,3079* (0,1061)
0	0,3027* (0,0950)	0,3027* (0,0950)	0,3292* (0,1226)	0,2183* (0,1033)
1	-0,0885 (0,1227)	-0,0883 (0,1227)	-0,0903 (0,1538)	0,0468 (0,1220)
2	-0,2004* (0,0890)	-0,2004* (0,0890)	-0,1938 (0,1116)	-0,1631 (0,1049)
3	0,0733 (0,1077)	0,0734 (0,1077)	0,1016 (0,1489)	0,0524 (0,1360)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * p<0,05.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.

Tabela C5 – Efeitos sobre a quantidade de Vínculos Ativos (empregos)

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Efeito Geral	0,0244* (0,0042)	0,0259* (0,0044)	0,0197* (0,0080)	0,0753* (0,0063)
Estudo de Evento				
-3	0,1972* (0,0378)	0,1973* (0,0378)	0,2163* (0,0482)	0,1699* (0,0373)
-2	0,0311 (0,0277)	0,0312 (0,0278)	0,0173 (0,0370)	0,0085 (0,0341)
-1	0,0414 (0,0327)	0,0414 (0,0327)	0,0349 (0,0431)	0,0345 (0,0381)
0	0,0484* (0,0242)	0,0484* (0,0242)	0,0510 (0,0316)	0,0560 (0,0311)
1	0,0433 (0,0246)	0,0433 (0,0246)	0,0547 (0,0312)	0,0709* (0,0264)
2	-0,0149 (0,0202)	-0,0148 (0,0202)	-0,0347 (0,0252)	-0,0213 (0,0248)
3	0,0601 (0,0384)	0,0602 (0,0384)	0,0560 (0,0518)	0,0502 (0,0494)
Tendências paralelas 1	Não	Não	Não	Não
Tendências paralelas 2	Não	Não	Não	Não
Tratados	57	57	43	43
Controles	5032	4565	1720	1212
Observações	76335	69330	26445	18825

Nota1: Os erros-padrão apresentados entre parênteses. * $p < 0,05$.

Nota 2: Grupo 1- Brasil sem o Norte; Grupo 2- Brasil sem o Norte e Centro-Oeste; Grupo 3- Somente Nordeste; Grupo 4- Municípios selecionados com base na velocidade média dos ventos.