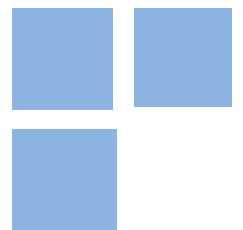


**BRAZILIAN WIND FARMS  
AND ITS IMPACTS IN THE  
LABOR MARKET OF THE  
MUNICIPALITIES IN  
NORTHEAST REGION**

**THIAGO PASTORELLI RODRIGUES  
SOLANGE LEDI GONÇALVES  
ANDRÉ LUIS SQUARIZE CHAGAS**



## **BRAZILIAN WIND FARMS AND ITS IMPACTS IN THE LABOR MARKET OF THE MUNICIPALITIES IN NORTHEAST REGION**

Thiago Pastorelli Rodrigues

Solange LediGonçalves (solange.goncalves@usp.br))

André Luis Squarize Chagas (achagas@usp.br)

### **Abstract:**

The debate about the wind power comes in the context of the discussions on climate change. Wind energy is renewable, clean, and low environmental impact. Moreover, in terms of economic development, the literature indicates that the implementation of wind power plants can be an important channel for local development by generating jobs and income in its neighborhood. Thus, this study aims to analyze the impact of the installation of wind farms in the municipalities of northeastern Brazil, region that concentrates approximately 80% of the installed capacity of this technology in the country. The analyzes are carried out for the year 2013 and the variables used are constructed from ANEEL, RAIS, IBGE and INPE databases. The methodology employed is the propensity score matching to estimate the average effect of treatment on the treated. Due to the spatial nature of the units observed, the existence of spatial dependence is considered in the estimation. The results suggest that the implementation of wind farms may raise wages in the construction, transportation and logistics sectors. Moreover, the presence of these plants may shift resources to the agricultural sector, stimulating the activity in the local economy.

**Keywords:** wind energy; propensity score matching; spatial dependence; local development.

**JEL Codes:** Q42; C21; R58.

### **USINAS EÓLICA E O MERCADO DE TRABALHO NOS MUNICÍPIOS DO NORDESTE BRASILEIRO**

#### **Resumo:**

O debate acerca do potencial da energia eólica surge no contexto das discussões sobre mudanças climáticas. A energia eólica é uma fonte de energia renovável, limpa e de baixo impacto ambiental. Além disso, em termos de desenvolvimento econômico, a literatura indica que a implantação de usinas eólicas pode ser um importante canal de desenvolvimento local ao gerar empregos e renda em sua vizinhança. Nesse sentido, este estudo busca analisar o impacto da instalação de parques eólicos nos municípios da região Nordeste do Brasil, região que concentra cerca de 80% da capacidade instalada dessa tecnologia no país. As análises são realizadas para o ano de 2013 e as variáveis utilizadas são construídas a partir de bases de dados da ANEEL, da RAIS, do IBGE e do INPE. A metodologia empregada é o pareamento por escore de propensão, a fim de estimar o efeito médio de tratamento nos tratados. Em decorrência da natureza espacial das unidades observadas, a existência de dependência espacial é considerada na estimação. Os resultados sugerem que a implantação de usinas eólicas pode elevar a massa salarial nos setores de construção, transporte e logística. Além disso, a presença dessas usinas pode deslocar recursos para o setor agropecuário, dinamizando essa atividade na economia local.

**Palavras-chave:** energia eólica; pareamento por escore de propensão; dependência espacial; desenvolvimento local.

# USINAS EÓLICAS E O MERCADO DE TRABALHO NOS MUNICÍPIOS DO NORDESTE BRASILEIRO

Thiago Pastorelli Rodrigues\*  
Solange Ledi Gonçalves♦  
André Luis Squarize Chagas▲

## Resumo

O debate acerca do potencial da energia eólica surge no contexto das discussões sobre mudanças climáticas. A energia eólica é uma fonte de energia renovável, limpa e de baixo impacto ambiental. Além disso, em termos de desenvolvimento econômico, a literatura indica que a implantação de usinas eólicas pode ser um importante canal de desenvolvimento local ao gerar empregos e renda em sua vizinhança. Nesse sentido, este estudo busca analisar o impacto da instalação de parques eólicos nos municípios da região Nordeste do Brasil, região que concentra cerca de 80% da capacidade instalada dessa tecnologia no país. As análises são realizadas para o ano de 2013 e as variáveis utilizadas são construídas a partir de bases de dados da ANEEL, da RAIS, do IBGE e do INPE. A metodologia empregada é o pareamento por escore de propensão, a fim de estimar o efeito médio de tratamento nos tratados. Em decorrência da natureza espacial das unidades observadas, a existência de dependência espacial é considerada na estimação. Os resultados sugerem que a implantação de usinas eólicas pode elevar a massa salarial nos setores de construção, transporte e logística. Além disso, a presença dessas usinas pode deslocar recursos para o setor agropecuário, dinamizando essa atividade na economia local.

**Palavras-chaves:** energia eólica, pareamento por escore de propensão, dependência espacial, desenvolvimento local

## Abstract

The debate about the wind power comes in the context of the discussions on climate change. Wind energy is renewable, clean, and low environmental impact. Moreover, in terms of economic development, the literature indicates that the implementation of wind power plants can be an important channel for local development by generating jobs and income in its neighborhood. Thus, this study aims to analyze the impact of the installation of wind farms in the municipalities of northeastern Brazil, region that concentrates approximately 80% of the installed capacity of this technology in the country. The analyzes are carried out for the year 2013 and the variables used are constructed from ANEEL, RAIS, IBGE and INPE databases. The methodology employed is the propensity score matching to estimate the average effect of treatment on the treated. Due to the spatial nature of the units observed, the existence of spatial dependence is considered in the estimation. The results suggest that the implementation of wind farms may raise wages in the construction, transportation and logistics sectors. Moreover, the presence of these plants may shift resources to the agricultural sector, stimulating the activity in the local economy.

**Key-words:** wind energy, propensity score matching, spatial dependence, local development

**Classificação JEL:** Q42, C21, R58

**Área ANPEC:** Área 10 - Economia Regional e Urbana

---

\* Mestre em economia pela UFMG  
♦ Doutoranda em economia – IPE/USP  
▲ Professor Doutor do Departamento de Economia – FEA/USP

## 1. Introdução

O debate acerca da importância de fontes renováveis de energia se insere no contexto das discussões sobre as mudanças climáticas. O protocolo de Quioto, criado na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima em 1997 e que entrou em vigor em 2005, foi um tratado importante para a promoção do uso de energias renováveis, já que determinava metas de redução de emissões de gases do efeito estufa. A partir desse tratado, cada país buscou implementar o uso de energia renovável de acordo com suas próprias características e potencialidades (MORENO; LOPEZ, 2008).

Em dezembro de 2015, durante a 21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP21), governos de cerca de 190 países se reuniram em Paris para buscar um acordo sobre mudança global e para apresentar os seus planos para redução de emissões domésticas de gases de efeito estufa. O Brasil comprometeu-se a reduzir essas emissões em 37%, em 2025, e em 43%, em 2030, em relação aos níveis de 2005 (EPE, 2016).

Nesse contexto, a energia eólica é uma importante fonte renovável de energia, pois, apesar de não ser uniformemente distribuída no espaço, apresenta alto potencial para redução dos gases do efeito estufa. Contudo, essa fonte ainda não é bem aproveitada mundialmente e poderia suprir até 20% da demanda mundial de energia elétrica até 2050 (EDENHOFER et al., 2011).

Para além dos impactos ambientais, alguns estudos têm apresentado evidências de que o avanço da produção de fontes renováveis de energia, em especial da energia eólica, poderia ser relevante para o desenvolvimento local das regiões impactadas pela instalação dos parques. Wei, Patadia e Kammen (2010) argumentam que, principalmente na etapa de construção e instalação de usinas deste tipo, muitos empregos locais podem ser gerados.

Río e Burguillo (2008) também mostram que a implantação de projetos de energias renováveis pode contribuir para o desenvolvimento local, em especial regiões rurais. Esses autores argumentam, ainda que, durante o estágio de construção destas usinas, ocorre um aumento na demanda por bens e serviços e que os fornecedores locais podem ser beneficiados, aumentando a renda e os empregos temporários nas comunidades e fora das obras. Além disso, podem ocorrer transformações na estrutura das comunidades, tais como a melhoria da infraestrutura pública, o fornecimento de energia a custo mais baixo, entre outras.

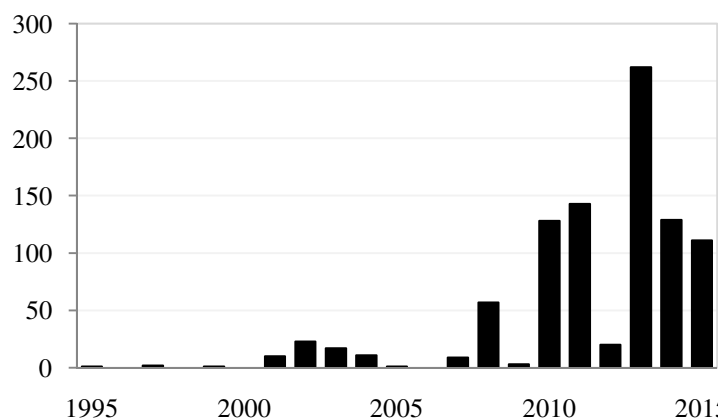
Apesar da existência de muitos trabalhos com o foco nos impactos socioeconômicos e comparação entre diferentes fontes renováveis de energia<sup>1</sup>, a literatura que trata especificamente dos efeitos da energia eólica é recente e escassa. Blanco e Rodrigues (2009) que a implantação da energia eólica, nos países da União Europeia, cria um significativo número de empregos diretos, principalmente na indústria de turbinas eólicas e componentes. Para o Brasil, Simas e Pacca (2014) verificam que a principal contribuição está na fase de construção das usinas e que apesar do baixo número de postos de trabalho criados na manutenção e operação, são esses os empregos que persistem ao longo do tempo.

Segundo dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a capacidade instalada de geração elétrica de usinas eólicas no Brasil cresceu aproximadamente 430% entre 2010 e 2014, saltando de 927 MW para 4.888 MWh no período. Em termos de registros de usinas, dados da ANEEL indicam que os registros de usinas eólicas no Brasil, iniciados no ano 1995, cresce significativamente a partir de 2010, como mostrado na Figura 1.

---

<sup>1</sup> Para uma revisão de literatura sobre o potencial de geração de empregos de diversas fontes renováveis de energia, ver Wei, Patadia e Kammen (2010) e Lehr et al. (2008).

Figura 1: Quantidade de usinas eólicas no Brasil por ano de registro



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da ANEEL

Diante desses fatos estilizados e do pequeno número de estudos que busca analisar o impacto dos parques eólicos no desenvolvimento local, este estudo tem o objetivo estimar os efeitos da implantação de usinas de energia eólica no nível de emprego, na massa salarial dos trabalhadores e no número de firmas dos municípios da região Nordeste do Brasil.

O nordeste brasileiro responde por 54% do potencial eólico brasileiro. Além disso, nessa região há uma complementaridade entre as fontes eólica e hidrelétrica, já que os períodos de seca, quando os reservatórios das barragens estão em seu nível mais baixo, coincidem com o período de maior incidência e intensidade de ventos (COSTA; CASOTTI; AZEVEDO, 2009). De acordo a ANEEL, 80% dos municípios com usinas em operação ou construção estão localizadas nessa região, caracterizando a região como o principal destino desse tipo de empreendimento. A Figura 2 apresenta a distribuição espacial dos parques eólicos no Brasil, inclusive os que ainda estão em fase de projeto, e ilustra essa forte concentração no Nordeste, destacado na cor cinza.

Figura 2: Distribuição espacial dos parques eólicos no Brasil



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados da ANEEL

Com esse intuito, é empregado o método de pareamento por escore de propensão, que busca construir um grupo de controle estatisticamente semelhante ao grupo de tratamento em termos de determinadas características observáveis. Assim, ao comparar dois grupos de municípios, o único fator que os diferenciam é a implantação de usinas eólicas. No segundo estágio, é calculado o efeito

médio de tratamento nos tratados. Em decorrência da natureza espacial das unidades analisadas, os municípios, a existência de dependência espacial é considerada.

O ano de análise desse estudo é 2013 e as variáveis utilizadas são construídas a partir de duas bases de dados da ANEEL, o Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL) e o Banco de Informação de Geração (BIG), além da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) e outras variáveis do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Os resultados sugerem que a massa salarial nos setores de construção, transporte e logística é maior nos municípios que possuem usinas em operação ou construção. Além disso, os municípios que possuem usinas em operação ou construção contêm mais empresas no setor de agropecuária, o que sugere que a presença de usinas eólicas pode deslocar recursos para o setor agropecuário, dinamizando essa atividade na economia local. Para a quantidade de emprego nos municípios, não foram encontrados resultados estatisticamente significantes.

O trabalho está estruturado em seis seções, além dessa introdução, apêndices e referências bibliográficas. A segunda seção consiste em uma breve revisão de literatura a energia eólica no Brasil. A terceira apresenta a estratégia empírica do trabalho e a descrição amostral. A quarta seção apresenta as análises descritivas. Os resultados das estimações são apresentados na quinta seção e as considerações finais estão presentes na última seção do artigo.

## **2. Efeito de Implantação de Usinas Eólicas: Uma Breve Revisão de Literatura**

A utilização da energia eólica cresceu exponencialmente no mundo desde o final da década de 1990, principalmente na União Europeia e nos Estados Unidos. Dentre as fontes renováveis de energia, a energia eólica se destaca, dado o custo mais baixo de produção, a segurança de fornecimento e a sustentabilidade ambiental (GWEC, 2006).

Dessa forma, essa fonte de energia apresenta algumas vantagens específicas, tais como: i) a não utilização de água e a não emissão de gases do efeito estufa, durante a fase de operação dos aerogeradores; ii) não apresenta perigo de vazamento de combustível; iii) permite a ocupação do solo, por lavoura ou pastagem, no perímetro da usina; iv) os aerogeradores ocupam uma área relativamente pequena; e v) permite que regiões isoladas geograficamente e sem rede elétrica disponível, mas com fortes ventos, gerem sua própria energia sem incorrer em custos altos com redes de transmissão (COSTA; CASOTTI; AZEVEDO, 2009).

No Brasil, uma das possíveis causas para o crescimento dos parques eólicos nos últimos anos é o surgimento do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), cujos principais objetivos são: i) a diversificação da matriz energética brasileira; ii) o aumento da segurança no abastecimento; iii) a redução da emissão de gases de efeito estufa; iv) e a valorização das características e potencialidade regionais e locais, com a criação de emprego, capacitação e formação de mão-de-obra. Esse programa visou aumentar a participação da energia elétrica, por meio de incentivos a Produtores Independentes Autônomos, com base em fontes eólicas, pequenas centrais hidrelétricas (PCH) e biomassa, no Sistema Interligado Nacional.

Dessa forma, o Proinfa pode ser considerado um marco relevante na disseminação da energia eólica no Brasil (44% das usinas contratadas pelo programa são eólicas). A importância de programas governamentais de incentivo à energia eólica é apontada por diversos estudos. Ohl e Eichhornb (2010) afirmam que a política governamental é um passo essencial para a implementação mais ampla de energias renováveis, incluindo o desenvolvimento da energia eólica. Bird et al. (2005), por

sua vez, destacam o papel dos incentivos financeiros no desenvolvimento da energia eólica na Europa e nos Estados Unidos.

Os incentivos e programas governamentais podem ser ainda mais justificáveis se, além dos impactos ambientais, forem levados em conta os efeitos das usinas eólicas no desenvolvimento local das regiões impactadas pela instalação dos parques. Diversos estudos apontam a geração de emprego e o domínio da tecnologia como fatores tão importantes quanto a preservação ambiental e a segurança energética, no aproveitamento da energia eólica (SZARKA, 2006; MARTONS, GUARNIERI; PEREIRA, 2008).

Nesse contexto, Blanco e Rodrigues (2009) mostram que muitos dos empregos gerados pela energia eólica, especialmente aqueles relacionados a serviços especializados e operação e manutenção das usinas, tendem a ser oferecidos por empresas locais. Esses autores também mostram que aproximadamente 59% dos empregos diretos da energia eólica na Europa estão na indústria geral e indústria de componentes e concluem que, como uma grande parte das atividades relacionadas às usinas eólicas acontecem em nível local (construção, operação e manutenção), sempre existirá uma relação positiva entre a localização de um parque eólico e o número de novos empregos.

Em contrapartida, Simas e Pacca (2015) averiguam que, no Brasil, os empregos gerados na construção correspondem a cerca de 55% dos empregos diretos e 40% dos empregos totais gerados com a energia eólica e concluem que esse é o estágio com maior potencial de geração de novos postos de trabalho.

### 3. Estratégia Empírica

Neste trabalho é empregado o método de pareamento por escore de propensão. Em decorrência da natureza espacial das unidades analisadas, os municípios, a existência de dependência espacial é considerada.

#### 3.1 Pareamento por escore de propensão

Os métodos de pareamento buscam construir um grupo de controle estatisticamente semelhante ao grupo de tratamento em termos de determinadas características observáveis. Assim, ao comparar dois grupos de municípios, com as mesmas características observáveis, o único fator que os diferenciam é a existência, ou expectativa de existência, de alguma usina eólica em seu território.

De acordo com Khandker et al. (2010), sob as hipóteses de independência condicional e de suporte comum, o efeito médio do tratamento sobre os tratados (*average treatment effect on the treated* - ATT) para uma subamostra com características observáveis  $X$  pode ser escrito como:

$$ATT = E[Y(1)|T = 1, X] - E[Y(0)|T = 1, X] \quad (1)$$

em que  $Y(1)$  é o resultado potencial da variável de interesse com o tratamento e  $Y(0)$  é o resultado potencial da variável de interesse na ausência de tratamento.

O pareamento pelo escore de propensão (*propensity score matching* - PSM) busca resumir o efeito de diferentes variáveis observadas em um único índice. Assim, municípios tratados e não tratados com escores de propensão similares são comparados para obter o efeito da política. Por meio do PSM, é construído um grupo de comparação estatístico, com base na probabilidade de um município ser tratado  $T$ , condicionado a características observadas  $X$  ou ao escore de propensão:

$P(X) = P(T = 1|X)$ . Neste trabalho, o escore de propensão é estimado por meio de um modelo *probit*, tal que:

$$P(T = 1|X) = \Phi(X\beta) \quad (2)$$

em que  $\Phi$  é a função de distribuição acumulada (FDP) de uma distribuição normal padrão e  $\beta$  são os parâmetros estimados.

Contudo, como a unidade de interesse neste estudo são os municípios da região nordeste do Brasil, a amostra considerada possui natureza geográfica, ou seja, as unidades observadas podem não estar distribuídas de forma aleatória no espaço. Dessa forma, a possibilidade de existência de dependência espacial entre as unidades observadas deve ser considerada na estimação do escore de propensão.

Com base em Chagas et al. (2012), a dependência espacial pode ser inserida no modelo (2) de duas maneiras: por meio de um regressor na forma de uma variável dependente defasada espacialmente ( $Wy$ ) ou na estrutura do termo de erro ( $Wu$ ), em que  $W$  é uma matriz de peso espacial que caracteriza o tipo de relação de vizinhança entre os municípios. A primeira especificação é conhecida como *spatial autorregressive model* (SAR) e segunda como *spatial error model* (SEM).<sup>2</sup>

### 2.3. Grupos de Tratamento e Controle

Segundo o Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL) da ANEEL, as usinas podem ser classificadas como: i) operação; ii) construção com outorga; iii) construção não iniciada; iv) vencedor de leilão; v) desativada; e vi) Despacho de Requerimento de Outorga (DRO).

Os municípios que contém usinas em operação e em construção com outorga possuem uma infraestrutura mínima já estabelecida no local. Por outro lado, os demais municípios apenas contém a expectativa de implantação de uma usina. Assim, para estimar os efeitos da implantação de usinas eólicas nos municípios do Nordeste brasileiro, foram definidos três grupos de análise, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Grupos de tratamento e controle

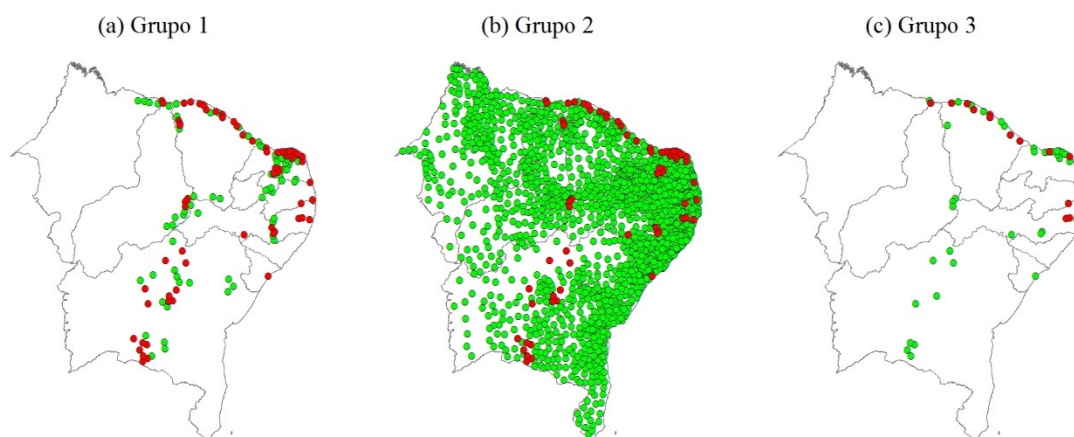
Grupo	Tratamento	Controle
Grupo 1	Operação + Construção	Projeto
Grupo 2	Operação + Construção	Projeto + Outros Municípios
Grupo 3	Proinfa	Outros em Operação

Para o Grupo 1, o tratamento é composto pelos municípios em que existe alguma usina eólica em operação ou construção com outorga, cujo ano base é 2013, e o grupo de controle, pelos municípios com usinas em projeto, ou seja, construção não iniciada, vencedor de leilão e DRO. Na construção do Grupo 2, o controle é ampliado e passa a contar com todos os outros municípios nordestinos, ou seja, aqueles sem expectativa de implantação de usinas eólicas. Por fim, o terceiro grupo apresenta os municípios com usinas em operação e que fazem parte do PROINFA no tratamento, e os municípios com usinas em operação, mas que não participaram desse programa no controle. A Figura 3 mostra a distribuição espacial dos municípios de acordo com os grupos de análise. Os pontos em vermelho no mapa são os municípios tratados e os pontos em verde são os controles.

<sup>2</sup> Para mais detalhes sobre modelos espaciais e econometria espacial, ver Anselin (2001), LeSage e Pace (2009), e Almeida (2012).



Figura 3: Distribuição do tratamento e controle por grupo de análise



### 3.2 Bases de dados e descrição das variáveis utilizadas

A base de dados é construída pela agregação de duas bases de dados da ANEEL: o Sistema de Informação Georreferenciada do Setor Elétrico (SIGEL) e o Banco de Informação de Geração (BIG).

O SIGEL contém informação georreferenciada de todas as usinas ou projetos que possuem, pelo menos, o DRO. As informações extraídas dessa base são: potência, data de registro do empreendimento na ANEEL, estágio de implantação da usina e o município em que a usina está localizada. O BIG contém informações de usinas que estão, pelo menos, no estágio de construção com outorga. Todas as observações do BIG estão contidas no SIGEL. Contudo, apesar do SIGEL possuir informações mais detalhada das usinas, o BIG contém a data de início de operação das usinas, informação relevante para as análises do presente trabalho.

Cabe dizer que foram excluídas uma usina desativada e usinas com potência instalada menor ou igual a 100 quilowatts (kW), já que essas usinas não são construídas com finalidade de distribuição comercial (ANEEL, 2014). Com a utilização dessas bases, foi possível construir a base no nível municipal, bem como construir os grupos de tratamento e controle definidos anteriormente.

O objetivo do trabalho é estimar os efeitos da implantação de usinas de energia eólica em variáveis que possam captar o nível de bem-estar e desenvolvimento dos municípios do Nordeste do Brasil. Sendo assim, neste trabalho, as variáveis de resultado ou variáveis dependentes para as quais são calculados os efeitos médios de tratamento nos tratados são: o nível de emprego, os salários e o número de firmas dos municípios em análise.

Para a construção das variáveis de emprego, salários e número de firmas, utilizamos os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Previdência Social. As variáveis de emprego são: número de empregos total, número de empregos de trabalhadores com ensino superior, número de empregos de trabalhadores sem o ensino superior, número de empregos nos setores de Agropecuária, Indústria e Manutenção e Serviços e Comércio, conforme definido pelos grupos da Classificação Brasileira de Ocupações (CBO) e número de empregos nos subsetores Construção, Eletricidade e Gás e Transportes e Logística (que são subcategorias do setor de Indústria e Manutenção e são subgrupos da CBO). As variáveis para salários seguem a mesma divisão das variáveis de emprego. Porém, para essas variáveis de resultado, aplicamos o logaritmo natural.

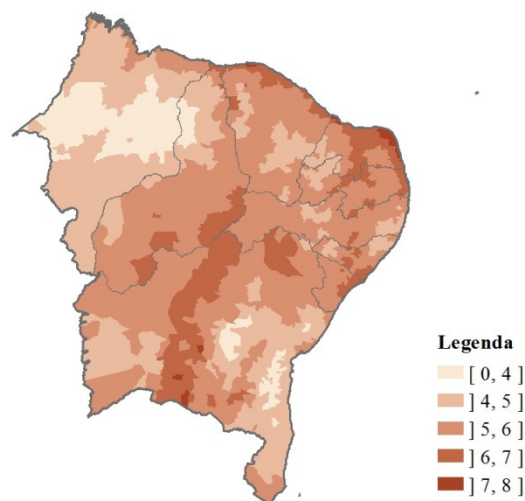
Para as variáveis de número de firmas, não são utilizadas as subdivisões para trabalho com e sem ensino superior. Outra diferença ocorre nos grupos utilizados para definir os setores de Agropecuária, Indústria e Construção e Serviços e Comércio, cujas origens são as agregações do IBGE (Grupos IBGE) e, sendo assim, Indústria passa a ser acompanhada de Construção e não mais do setor de Manutenção. Os subsectores de Construção, Eletricidade e Transporte continuam sendo desagregações de Indústria e Construção.

Para o primeiro estágio de estimação do trabalho - estimação do escore de propensão - são consideradas algumas variáveis explicativas para a probabilidade dos municípios de pertencerem ao tratamento e ao controle, conforme grupos definidos na Tabela 1. As variáveis explicativas são: velocidade do vento; razão entre o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola e o PIB total; área dos municípios; população; e região metropolitana.

A velocidade do vento é a principal variável explicativa para a probabilidade de um município apresentar usina eólica. Essa variável é construída, no nível do município, a partir de informações georreferenciadas disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), cuja origem é a velocidade média anual do vento (em metros por segundo) a 50 metros de altura. A Figura 4 apresenta a distribuição espacial dessa variável. Ao comparar com a Figura 3, é possível verificar que a região Nordeste, que concentra grande parte dos municípios com usinas eólicas, também é a área em que a velocidade do vento é mais alta<sup>3</sup>.

A variável população corresponde ao logaritmo natural da quantidade de habitantes do município, inserida como controle para o tamanho da população economicamente ativa. A razão entre o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola e o PIB total dos municípios busca captar o custo de oportunidade do uso da terra para a implantação dos parques eólicos. A área corresponde ao logaritmo natural da área do município, incluída como controle para a disponibilidade de área para a construção das usinas. Por fim, a região metropolitana é uma binária que indica se o município está localizado em uma região metropolitana. Essas variáveis são disponibilizadas pelo IBGE.

Figura 4: Velocidade média anual do vento (m/s) a 50 metros de altura por município



Fonte: elaborado pelos autores com base nos dados do INPE

<sup>3</sup>De acordo com Grubb e Meyer (1993) para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que a sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade de vento entre 7 e 8 metros por segundo.

#### 4. Análises Descritivas

As análises descritivas apresentam os resultados de testes t, realizados com o intuito de destacar as diferenças estatisticamente significativas nas médias das variáveis independentes do trabalho, isto é, as variáveis que poderiam captar o aumento de bem-estar e de desenvolvimento dos municípios com usinas eólicas.

As tabelas 2 a 4 apresentam as médias das variáveis dos grupos de tratamento e controle descritos na Tabela 1, bem como os valores e significância estatística dos testes. A comparação entre os resultados apresentados nas tabelas permite entender a viabilidade de utilização desses grupos de municípios nas etapas de estimação do trabalho.

Tabela 2: Testes t para a diferença de médias para o Grupo 1

Emprego	Tratamento	Controle	Significância
Total	15.934	2.282	-1,14
Superior	2.918	496	-1,07
Não superior	13.015	1.786	-1,15
Agropecuária	231	104	-1,69 *
Indústria e manutenção	3.329	490	-1,16
Construção	977	70	-1,17
Eletricidade e Gás	7	1	-1,82 *
Transporte e logística	270	20	-1,20
Serviços e comércio	7.139	943	-1,13
Massa salarial	Tratamento	Controle	Significância
Total	14,7	14,1	-2,49 **
Superior	13,5	13,0	-2,06 **
Não superior	14,2	13,7	-2,38 **
Agropecuária	10,7	9,6	-3,47 ***
Indústria e manutenção	12,4	11,8	-2,04 **
Construção	10,6	9,5	-2,26 **
Eletricidade e Gás	10,4	10,0	-0,54
Transporte e logística	10,3	9,2	-2,00 **
Serviços e comércio	13,5	13,0	-1,92 *
Número de firmas	Tratamento	Controle	Significância
Total	1.065	184	-1,15
Agropecuária	20	9	-2,69 ***
Indústria e construção	197	25	-1,13
Construção	77	7	-1,14
Eletricidade e Gás	1	0	-1,63
Transporte e logística	0	0	0,00
Serviços e comércio	848	150	-1,15
Observações	65	69	

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*; massa salarial em logaritmo natural.

A comparação das variáveis de emprego dos municípios com usinas em construção e operação e dos municípios com usinas em projeto (Tabela 2) permite verificar que somente as diferenças para as médias do montante de empregos nos setores de agropecuária e de eletricidade e gás são estatisticamente significantes. Em contrapartida, quando são adicionados ao grupo de controle os

demais municípios do Nordeste (Tabela 3), são justamente o montante de emprego desses dois setores que deixam de apresentar diferenças estatisticamente significantes, e todas as demais variáveis de emprego são diferentes entre tratamento e controle. Já no caso do Grupo 3, para o qual a comparação é feita entre os municípios com usinas em operação participantes e não participantes do PROINFA, não são encontradas diferenças no montante total de emprego e no emprego dos setores e subsetores analisados.

Tabela 3: Testes t para a diferença de médias para o Grupo 2

Emprego	Tratamento	Controle	Significância
Total	15.934	4.564	-2,43 **
Superior	2.918	806	-2,19 **
Não superior	13.015	3.758	-2,48 **
Agropecuária	231	173	-0,73
Indústria e manutenção	3.329	957	-2,64 ***
Construção	977	265	-1,97 **
Eletricidade e Gás	7	3	-0,88
Transporte e logística	270	72	-2,29 **
Serviços e comércio	7.139	2.063	-2,27 **
Massa salarial	Tratamento	Controle	Significância
Total	14,7	13,9	-4,36 ***
Superior	13,5	12,7	-4,45 ***
Não superior	14,2	13,5	-4,03 ***
Agropecuária	10,7	9,9	-3,17 ***
Indústria e manutenção	12,4	11,5	-3,84 ***
Construção	10,6	9,9	-1,97 **
Eletricidade e Gás	10,4	10,8	0,95
Transporte e logística	10,3	9,4	-2,34 **
Serviços e comércio	13,5	12,8	-3,81 ***
Número de firmas	Tratamento	Controle	Significância
Total	1.065	306	-2,77 ***
Agropecuária	20	17	-0,42
Indústria e construção	197	43	-3,57 ***
Construção	77	17	-3,06 ***
Eletricidade e Gás	1	0	-4,64 ***
Transporte e logística	0	0	0,00
Serviços e comércio	848	245	-2,62 ***
Observações	65	1.729	

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*; massa salarial em logaritmo natural.

Com relação às médias para as variáveis de massa salarial nos municípios, é possível observar que os municípios com usinas em operação e em construção apresentam maior massa salarial para todos os setores e subsetores analisados, com exceção de eletricidade e gás, em comparação com os municípios com usinas em fase de projeto (Grupo1). Isto é, é possível que ocorra um aumento nos salários e bem-estar dos trabalhadores nos municípios que já contam com alguma usina eólica operando ou sendo construída. Também são encontrados resultados estatisticamente significantes para os testes de diferenças de médias das massas salariais quando os demais municípios brasileiros são adicionados ao grupo de controle (Grupo 2). Nesse caso, as diferenças também ocorrem para a

massa salarial total e para a massa salarial de todos os setores e subsetores, com exceção de eletricidade e gás.

Adicionalmente, cabe dizer que na comparação entre os municípios com usinas em operação participantes e não participantes do PROINFA, são obtidos resultados significantes para a massa salarial total, para a massa salarial dos trabalhadores com ensino superior e para a massa salarial dos três setores analisados (agropecuária, indústria e manutenção e serviços e comércio), mas não são encontradas diferenças para as massas salariais nos subsetores. Esse último resultado evidencia que a participação nesse programa reforça ainda mais os impactos positivos da presença de usinas eólicas no desenvolvimento municipal.

Tabela 4: Testes t para a diferença de médias para o Grupo 3

Emprego	Tratamento	Controle	Significância
Total	5.454	26.020	0,57
Superior	1.131	4.737	0,53
Não superior	4.323	21.283	0,58
Agropecuária	335	240	-0,55
Indústria e manutenção	1.091	5.499	0,60
Construção	242	1.650	0,61
Eletricidade e Gás	7	9	0,18
Transporte e logística	61	461	0,64
Serviços e comércio	2.544	11.632	0,55
Massa salarial	Tratamento	Controle	Significância
Total	15,5	14,6	-1,79 *
Superior	14,6	13,5	-2,14 **
Não superior	15,0	14,2	-1,55
Agropecuária	12,1	10,4	-2,88 ***
Indústria e manutenção	13,6	12,4	-1,92 *
Construção	10,4	11,1	0,76
Eletricidade e Gás	10,1	10,8	0,84
Transporte e logística	9,9	10,8	0,97
Serviços e comércio	14,4	13,4	-1,82 *
Número de firmas	Tratamento	Controle	Significância
Total	485	1.679	0,52
Agropecuária	32	18	-1,42
Indústria e construção	66	324	0,56
Construção	22	128	0,57
Eletricidade e Gás	1	1	0,05
Transporte e logística	0	0	0,00
Serviços e comércio	388	1.338	0,52
Observações	14	36	

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*; massa salarial em logaritmo natural.

As análises para o número de firmas mostram que os municípios com usinas em operação e construção apresentam maior média somente para o setor agropecuário, quando comparados aos municípios com usinas em projeto. Ao adicionar os demais municípios do Nordeste ao grupo de controle, é possível averiguar que todas as variáveis para número de firmas passam a apresentar diferenças estatisticamente significantes, com exceção do número de firmas para o setor

agropecuário e para o subsetor de transporte e logística. Não são observadas diferenças no número de firmas dos municípios com usinas em operação participantes e não participantes do PROINFA.

## 5. Resultados

As análises dos resultados estão divididas em duas partes. Na primeira parte, são analisadas as estimações do escore de propensão, bem como a possibilidade de existência de dependência espacial nas unidades observadas e a existência de suporte comum, ou seja, a sobreposição entre tratados e controles. Na segunda parte, é analisado o impacto da implantação de usinas eólicas, avaliado por meio do efeito médio do tratamento nos tratados.

### 5.1 Escore de Propensão

O escore de propensão é estimado por meio da equação (2). Existindo evidência de dependência espacial, identificada por meio da estatística I de Moran, elementos espaciais são incorporados nas estimações de acordo com as características espaciais dos dados.

Com o objetivo de verificar a existência de dependência espacial nas unidades observadas, são consideradas cinco matrizes de peso espaciais, a saber: 100, 200, 300, 400 e 500 quilômetros. Essas distâncias são calculadas por meio de coordenadas geográficas das sedes municipais, disponibilizadas pelo IBGE. Uma medida de dependência espacial é a estatística I de Moran. Tal indicador mede a autocorrelação espacial a partir do produto dos desvios de uma variável em relação à sua média (ANSELIN, 2001). A Tabela 5 mostra o resultado da estatística I de Moran calculado para a variável dependente e para o resíduo da estimação da equação (2), cujo resultado é apresentado na Tabela 6.

Tabela 5: I de Moran

<i>Variável Dependente</i>						
Distância	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor
50 km	-	-	-	-	-	-
100 km	-	-	0,098	0,000	-	-
200 km	0,027	0,120	0,049	0,000	-	-
300 km	0,005	0,269	0,027	0,000	0,100	0,023
400 km	0,009	0,162	0,014	0,000	0,089	0,012
500 km	-0,008	0,519	0,007	0,000	0,077	0,004
<i>Resíduo</i>						
Distância	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor	I de Moran	p-valor
50 km	-	-	-	-	-	-
100 km	-	-	0,033	0,000	-	-
200 km	-0,002	0,426	0,009	0,000	-	-
300 km	-0,008	0,509	0,008	0,000	0,010	0,306
400 km	0,004	0,237	0,005	0,000	0,015	0,227
500 km	-0,008	0,517	0,003	0,001	0,019	0,141

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*.

De acordo com a tabela, não há evidências de dependência espacial da variável dependente para o Grupo 1. Para o Grupo 2, não é possível rejeitar a hipótese nula de ausência de dependência espacial para todos os casos considerados, sendo que a matriz de 100 quilômetros apresenta o maior

valor para o I de Moran. Finalmente, para o Grupo 3, há evidências de dependência espacial apenas quando consideramos a defasagem espacial na variável dependente, sendo que a matriz que apresenta maior valor para o I de Moran é a de 300 quilômetros.

Tabela 6: Resultados das estimações do escore de propensão

Grupo 1	Probit		SAR Probit		SEM Probit	
	Coef	DP	Coef	DP	Coef	DP
Constante	-6,373***	2,048	-	-	-	-
Vento	0,602***	0,201	-	-	-	-
Área	-0,174	0,137	-	-	-	-
População	0,382**	0,152	-	-	-	-
PIB Agro	-0,396	1,412	-	-	-	-
RM	0,043	0,540	-	-	-	-
Rho	-	-	-	-	-	-
Lambda	-	-	-	-	-	-
Observações	134		-		-	
Akaike Inf. Crit.	181		-		-	
Grupo 2	Probit		SAR Probit		SEM Probit	
	Coef	DP	Coef	DP	Coef	DP
Constante	-12,287***	1,157	-9,482***	1,712	-1,363***	0,22652
Vento	1,246***	0,123	0,921***	0,193	0,137***	0,02121
Área	0,108	0,071	0,057	0,066	0,011	0,00843
População	0,285***	0,079	0,300***	0,100	0,033***	0,01047
PIB Agro	-0,775	0,869	-0,707	0,841	-0,065	0,0901
RM	-0,562*	0,302	-0,535*	0,321	-0,075**	0,03656
Rho	-	-	0,359*	0,209	-	-
Lambda	-	-	-	-	0,068	0,14522
Observações	1.792		1.792		1.792	
Akaike Inf. Crit.	388		-		-	
Grupo 3	Probit		SAR Probit		SEM Probit	
	Coef	DP	Coef	DP	Coef	DP
Constante	-2.608	3,536	-2,411	3,629	-	-
Vento	-0,209	0,348	-0,238	0,354	-	-
Área	-0,427*	0,252	-0,439*	0,255	-	-
População	0,552**	0,241	0,566**	0,236	-	-
PIB Agro	4,811**	2,454	5,024*	2,584	-	-
RM	-1.147	0,903	-1,322	0,849	-	-
Rho	-	-	0,128	0,404	-	-
Lambda	-	-	-	-	-	-
Observações	50		50		-	
Akaike Inf. Crit.	60		-		-	

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*.

A Tabela 6 mostra os resultados das estimações do escore de propensão. Como não há evidências de dependência espacial para a variável dependente e para o resíduo da estimação para o Grupo 1, foi estimado apenas o modelo *probit* não espacial. Para o Grupo 2, que apresentou evidências de dependência espacial tanto na variável dependente quanto nos resíduos da equação (2), foram

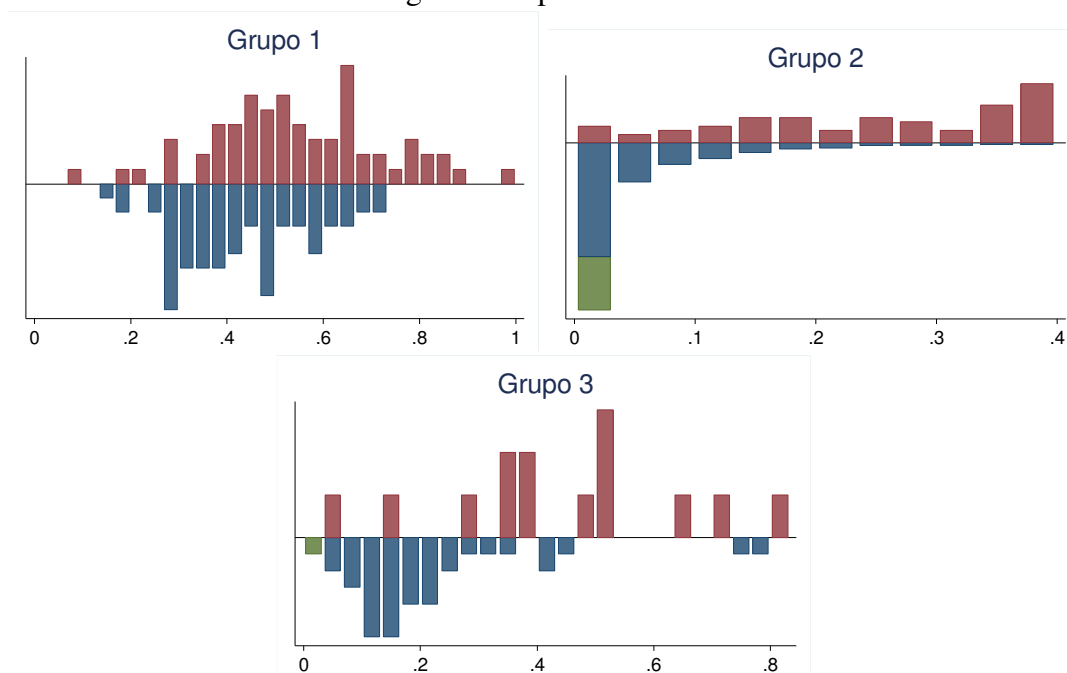
estimados os modelos SAR *probit* e SEM *probit*. Já para o Grupo 3, que mostrou espacialidade apenas na variável dependente, foi estimado, adicionalmente, o SAR *probit*.

Os resultados sugerem que a velocidade do vento e a população são as principais variáveis correlacionadas com a localização das usinas eólicas, tanto para o Grupo 1 quanto para o Grupo 2. Para esse último grupo, a binária indicativa de região metropolitana mostra-se também significativa, influenciando de forma negativa a implantação da usina. Para o Grupo 3, a área do município, a população e a participação do PIB agrícola são as variáveis relevantes. Em termos de correlação espacial, apenas o parâmetro  $\rho$  do SAR *probit* associado ao Grupo 2 é estatisticamente significativo.

Portanto, na etapa de pareamento, para os grupos 1 e 3, o escore de propensão é estimado pelo modelo *probit* e, para o Grupo 2, pelo modelo SAR *probit*, pois é nas estimações para esse grupo que foram encontrados o parâmetro espacial ( $\rho$ ) estatisticamente significativo, o que corrobora a natureza espacial da amostra já indicada pelo I de Moran.

A Figura 5, abaixo, apresenta os gráficos para o suporte comum das unidades do tratamento (barras na cor vermelha) e do controle (barras na cor azul), para cada um dos grupos definidos. Para os quatro grupos de tratamento e controle, existe algum suporte comum e, com exceção do Grupo 1, algumas observações ficam fora do suporte (barras na cor verde) e devem ser excluídas na segunda etapa de estimação do trabalho. Vale destacar que o Grupo 2 apresenta uma maior concentração das unidades de controle com baixos valores do escore de propensão, já que, neste grupo, o tratamento são os municípios com usinas em operação e construção e o controle são os municípios com usinas em projeto e demais municípios da região Nordeste.

Figura 5: Suporte comum



### 5.1 Efeito médio do tratamento nos tratados

O objetivo do trabalho é estimar os efeitos da implantação de usinas de energia eólica em variáveis que possam captar o nível de bem-estar e desenvolvimento dos municípios. O impacto da implantação de usinas eólicas é avaliado por meio do efeito médio do tratamento nos tratados. As tabelas 7 a 9 mostram os resultados encontrados. A primeira dessas tabelas apresenta os resultados



para o montante de empregos total e o montante de empregos para os setores e subsetores analisados. A segunda e terceira tabelas de estimação mostram os resultados para o logaritmo natural da massa salarial e para o número de firmas.

Tabela 7: Emprego nos municípios do Nordeste

Grupo 1	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	15.933	2.863	13.069	12.384
Superior	2.918	615	2.303	2.345
Não superior	13.015	2.248	10.766	9.701
Agropecuária	231	233	-2,18	134
Indústria e manutenção	3.329	627	2.701	2.620
Construção	976	82	894	915
Eletricidade e Gás	6,52	0,57	5,95	3,69
Transporte e logística	270	22,15	247	230
Serviços e comércio	7.138	1.122	6.016	5.133
Observações	65	69		

Grupo 2	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	15.934	14.519	1.414	13.965
Superior	2.918	2.722	196	2.410
Não superior	13.015	11.797	1.218	8.932
Agropecuária	231	408	-176	132
Indústria e manutenção	3.329	2.920	409	2.593
Construção	977	954	22	735
Eletricidade e Gás	6,52	12,49	-5,97	5,97
Transporte e logística	270	223	47	239
Serviços e comércio	7.139	6.865	273	6.272
Observações	65	1.729		

Grupo 3	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	5.453	103.622	-98.169	77.870
Superior	1.131	19.339	-18.209	13.424
Não superior	4.323	84.283	-79.960	59.899
Agropecuária	335	506	-171	276
Indústria e manutenção	1.091	21.032	-19.942	20.442
Construção	242	6.609	-6.367	5.047
Eletricidade e Gás	7,21	26,53	-19,31	30,05
Transporte e logística	61,21	1.783	-1.722	1.331
Serviços e comércio	2.544	47.114	-44.560	46.474
Observações	14	36		

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*.

Não foram encontrados resultados estatisticamente significantes para os efeitos da implantação de usinas de energia eólica na quantidade de emprego dos municípios, para nenhum dos grupos de tratamento e controle definidos (Tabela 7). A ausência de efeitos para o emprego dos municípios contraria os resultados encontrados na literatura, já que alguns trabalhos tais como Blanco e

Rodrigues (2009) encontram efeitos para os empregos na indústria e outros como Simas e Pacca (2015) encontram efeitos para os empregos no setor de construção.

Tabela 8: Massa salarial nos municípios do Nordeste

Grupo 1	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	14,69	14,44	0,24	0,20
Superior	13,50	13,27	0,23	0,25
Não superior	14,23	14,02	0,22	0,21
Agropecuária	10,74	9,97	0,77	0,52
Indústria e manutenção	12,45	12,34	0,11	0,26
Construção	10,62	9,46	1,16 **	0,57
Eletricidade e Gás	10,40	9,86	0,54	0,42
Transporte e logística	10,25	9,35	0,90 *	0,50
Serviços e comércio	13,48	13,31	0,17	0,22
Observações	65	69		

Grupo 2	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	14,69	14,62	0,06	0,19
Superior	13,50	13,34	0,15	0,21
Não superior	14,23	14,22	0,01	0,29
Agropecuária	10,74	10,35	0,40	0,30
Indústria e manutenção	12,45	12,43	0,02	0,32
Construção	10,62	10,52	0,10	0,50
Eletricidade e Gás	10,40	11,29	-0,90 *	0,52
Transporte e logística	10,25	10,17	0,09	0,47
Serviços e comércio	13,48	13,50	-0,02	0,21
Observações	65	1729		

Grupo 3	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	15,51	15,15	0,36	0,81
Superior	14,59	13,96	0,63	0,78
Não superior	14,95	14,70	0,25	0,88
Agropecuária	12,08	11,15	0,94	0,78
Indústria e manutenção	13,59	12,71	0,88	1,03
Construção	10,36	11,01	-0,65	1,61
Eletricidade e Gás	10,11	12,24	-2,13 *	1,17
Transporte e logística	9,89	12,68	-2,79 **	1,40
Serviços e comércio	14,36	14,12	0,23	0,87
Observações	14	36		

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*.

A Tabela 8 mostra que massa salarial nos subsetores de construção e transporte e logística é maior nos municípios que possuem usinas em operação ou construção (Grupo 1). Essa diferença é de aproximadamente 11% no subsetor de construção e de 9% no subsetor de transporte e logística. Quando são adicionados ao grupo de controle os demais municípios da região Nordeste (Grupo 2), é encontrado um efeito negativo da implantação de usinas de energia eólica na massa salarial do subsetor de eletricidade e gás, o que é um resultado contraintuitivo, na medida em que os efeitos do

lado da demanda por trabalho nesse subsetor deveriam pressionar e aumentar os salários. Porém, ao captar os efeitos de equilíbrio, os efeitos do lado da oferta de trabalho não são observados e é possível que a oferta de mão-de-obra nesse subsetor tenha aumentado de tal forma que diminuiram os salários médios por trabalhador e a massa salarial. Nas estimações para o Grupo 3, cujo grupo de tratamento são os municípios com usinas em operação participantes do Proinfa e o grupo de controle é formado pelos outros municípios com usinas em operação, também são encontrados efeitos negativos para a massa salarial dos subsetores de eletricidade e gás e transporte e logística. Mas, nesse caso, os resultados são válidos e não destoam do esperado, já que é possível que os efeitos nos municípios não participantes do Proinfa, mas com usinas em operação sejam maiores. É possível verificar que a massa salarial é cerca de 21% maior para eletricidade e gás e 28% para transporte e logística, nesses municípios não participantes do Proinfa.

Tabela 9: Número de firmas nos municípios do Nordeste

Grupo 1	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	1064,62	221,69	842,93	631,47
Agropecuária	19,54	10,11	9,43 **	3,67
Indústria e construção	197,03	30,86	166,17	165,85
Construção	76,92	8,44	68,48	62,09
Eletricidade e Gás	1,06	0,20	0,86	0,57
Transporte e logística	0,00	0,00	0,00	0,00
Serviços e comércio	848,05	180,71	667,33	649,02
Observações	65	69		
Grupo 2	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	1064,62	970,62	93,99	1061,04
Agropecuária	19,54	30,47	-10,93	8,97
Indústria e manutenção	197,03	146,62	50,41	147,53
Construção	76,92	70,25	6,67	62,39
Eletricidade e Gás	1,06	0,52	0,54	0,45
Transporte e logística	0,00	0,00	0,00	0,00
Serviços e comércio	848,05	793,53	54,51	766,13
Observações	65	1729		
Grupo 3	Tratamento	Controle	Diferença	
			Média	DP
Total	485,36	6607,23	-6121,87	4770,76
Agropecuária	31,50	30,86	0,64	19,08
Indústria e manutenção	66,21	1312,38	-1246,16	1150,78
Construção	22,21	529,15	-506,93	434,69
Eletricidade e Gás	1,29	4,38	-3,10	4,12
Transporte e logística	0,00	0,00	0,00	0,00
Serviços e comércio	387,64	5264,00	-4876,35	3969,61
Observações	14	36		

Notas: p-valor < 0.10: \*, p-valor < 0.05: \*\*, p-valor < 0.01: \*\*\*.

Em termos de quantidade de firmas (Tabela 9), os municípios que possuem usinas em operação ou construção contêm 48% mais empresas no setor de agropecuária (Grupo 1) e esse é o único efeito estatisticamente significativo para as variáveis de número de firmas.

Portanto, os resultados sugerem que as usinas eólicas em operação ou em construção podem elevar a massa salarial no subsetor de construção e transporte e logística. Além disso, os resultados sugerem que a presença de usinas eólicas pode deslocar recursos para o setor agropecuário, dinamizando essa atividade na economia local. Esse resultado está em concordância com o estudo de Bergmann, Hanley e Wright (2006), para a Escócia, em que mostra que os maiores benefícios socioeconômicos da implantação de fontes renováveis de energia, em especial de energia eólica, ocorrem nas áreas rurais.

Por fim, no que se refere ao Proinfra, os resultados apontam que o programa apresenta resultados limitados para o aumento da quantidade de empregos, massa salarial e número de firmas, já que a presença de usinas eólicas fora do programa está relacionada a maior massa salarial nos subsetores de eletricidade e gás e transporte e logística dos municípios.

## 6. Considerações Finais

Este estudo visa estimar os efeitos da implantação de parques eólicos no desenvolvimento local, observando o comportamento das variáveis de emprego, massa salarial e número de firmas dos municípios da região Nordeste do Brasil.

A massa salarial nos setores de construção, transporte e logística é maior nos municípios que possuem usinas em operação ou construção e essa diferença é de, aproximadamente, 11% no subsetor de construção e de 9% no subsetor de transporte e logística. Além disso, os municípios que possuem usinas em operação ou construção contêm 48% mais empresas no setor de agropecuária, o que sugere que a presença de usinas eólicas pode deslocar recursos para o setor agropecuário, dinamizando essa atividade na economia local. Adicionalmente, a massa salarial é maior nos subsetores de eletricidade e gás e transporte e logística nos municípios não participantes do Proinfra, isto é, as evidências sugerem que os impactos desse programa governamental podem ter sido limitados no caso das usinas eólicas. Por fim, não foram encontrados resultados estatisticamente significantes para os efeitos na quantidade de emprego dos municípios, para nenhum dos grupos de tratamento e controle definidos.

Cabe ressaltar que o presente trabalho se trata de uma primeira abordagem e faz parte de uma agenda mais ampla de investigação dos efeitos das usinas eólicas nos municípios da região Nordeste. Serão realizados testes para a especificação econométrica nas equações das etapas de estimação (*probit* para a presença de usinas e efeito médio de tratamento nos tratados). Além disso, serão estimados os efeitos das usinas eólicas em outras variáveis que possam captar o desenvolvimento dos municípios, tais como os gastos e a arrecadação municipal, e para as taxas de crescimento do emprego, dos salários médios e do número de firmas. Por fim, serão realizadas as estimações para o efeito médio do tratamento nos tratados, com a utilização do método de Diferenças em Diferenças, considerando a existência de dependência espacial.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA E. **Econometria espacial**. Campinas: Alínea. 2012.

ALVES, J. J. A. Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 6, n. 1, 2010.

ANSELIN, L. Spatial econometrics. In: BALTAGI, Badi H. **A Companion to Theoretical Econometrics**. Oxford: Blackwell Publishing, 2001. Cap. 14, p. 310-330.

ANEEL. **Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica.** Brasília, DF, Brasil: Centro de Documentação (Cedoc). 2014.

BERGMANN, A.; HANLEY, N.; WRIGHT, R.. Valuing the attributes of renewable energy investments. **Energy policy**, v. 34, n. 9, p. 1004-1014, 2006.

BIRD, Lori et al. Policies and market factors driving wind power development in the United States. **Energy Policy**, v. 33, n. 11, p. 1397-1407, 2005.

BLANCO, M. I.; RODRIGUES, G.. Direct employment in the wind energy sector: An EU study. **Energy policy**, v. 37, n. 8, p. 2847-2857, 2009.

CHAGAS, A. L. S.; TONETO, R.; AZZONI, C. R. A spatial propensity score matching evaluation of the social impacts of sugarcane growing on municipalities in Brazil. **International Regional Science Review**, v. 35, n. 1, p. 48-69, 2012.

COSTA, Rafael Alves da; CASOTTI, Bruna Pretti; AZEVEDO, Rodrigo Luiz Sias de. Um panorama da indústria de bens de capital relacionados à energia eólica. **BNDES Setorial, Rio de Janeiro**, n. 29, p. 1-50, 2009.

EDENHOFER, Ottmar et al. **IPCC special report on renewable energy sources and climate change mitigation.** Prepared By Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2011.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. Nota Técnica: **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia.** Disponível em <http://www.epe.gov.br>. Rio de Janeiro/RJ. 2016.

GWEC.**Global wind** statistics 2011 Report. Brussels, Belgium: Global Wind Energy Council (GWEC), 2011.

GRUBB, M. J; MEYER, N. I. Wind energy: resources, systems and regional strategies. In: JOHANSSON, T. B. et. al. **Renewable energy: sources for fuels and electricity.** Washington, D.C.: Island Press, 1993.

KHANDKER, S. R.; KOOLWAL, G. B.; SAMAD, H. A. **Handbook on Impact Evaluation: Quantitative Methods and Practices.** Washington: World Bank Publications, 2010.

LEHR, Ulrike et al. Renewable energy and employment in Germany. **Energy policy**, v. 36, n. 1, p. 108-117, 2008.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A.; PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 1, p. 1304, 2008.

MORENO, Blanca; LOPEZ, Ana Jesus. The effect of renewable energy on employment. The case of Asturias (Spain). **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 12, n. 3, p. 732-751, 2008.

OHL, Cornelia; EICHHORN, Marcus. The mismatch between regional spatial planning for wind power development in Germany and national eligibility criteria for feed-in tariffs—A case study in West Saxony. **Land use policy**, v. 27, n. 2, p. 243-254, 2010.

DEL RÍO, Pablo; BURGUILLO, Mercedes. Assessing the impact of renewable energy deployment on local sustainability: Towards a theoretical framework. **Renewable and sustainable energy reviews**, v. 12, n. 5, p. 1325-1344, 2008.

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

SIMAS, Moana; PACCA, Sergio. Assessing employment in renewable energy technologies: A case study for wind power in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 31, p. 83-90, 2014.

SZARKA, Joseph. Wind power, policy learning and paradigm change. **Energy policy**, v. 34, n. 17, p. 3041-3048, 2006.

WEI, Max; PATADIA, Shana; KAMMEN, Daniel M. Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US? **Energy policy**, v. 38, n. 2, p. 919-931, 2010.