

EFEITOS ECONÔMICOS DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NOS MUNICÍPIOS CEARENSES

Área 1 - Macroeconomia e Economia Setorial.

Marcos Martins de Oliveira
PPECO/UFRN - marcos.martins.061@ufrn.edu.br
Telefone: (88) 9 96583217

Francisca Tália da Silva
PPECO/UFRN - talia.silva.084@ufrn.edu.br

RESUMO

O presente artigo busca estimar a relação entre a capacidade instalada de energia renovável e o Produto Interno Bruto (PIB) per capita municipal no Ceará, utilizando um modelo de dados em painel com efeitos fixos bidirecionais, abrangendo 25 municípios entre 2008 e 2021. Os resultados econométricos indicam que a capacidade instalada de energia eólica per capita tem um efeito positivo e estatisticamente significativo no PIB per capita municipal, com um aumento de 1% na capacidade eólica associado a um incremento de cerca de 0,07% no PIB per capita. Em contraste, a capacidade instalada de energia solar per capita não mostrou efeito significativo no período analisado. O estudo conclui que a expansão eólica contribui para o crescimento econômico per capita, sugerindo a importância de articular investimentos no setor com políticas que fomentem o emprego formal e a remuneração média local.

Palavras-chave: PIB per capita, energias renováveis, Ceará.

ABSTRACT

This paper aims to estimate the relationship between installed renewable energy capacity and municipal per capita Gross Domestic Product (GDP) in Ceará, using a panel data model with two-way fixed effects, covering 25 municipalities from 2008 to 2021. The econometric results indicate that per capita installed wind energy capacity has a positive and statistically significant effect on municipal per capita GDP, with a 1% increase in wind capacity associated with an approximately 0.07% rise in per capita GDP. In contrast, per capita installed solar energy capacity did not show a significant effect during the analyzed period. The study concludes that wind energy expansion contributes to per capita economic growth, suggesting the importance of aligning sectoral investments with policies that promote formal employment and local average wages.

Keywords: per capita GDP, renewable energy, Ceará.

EFEITOS ECONÔMICOS DA ENERGIA EÓLICA E SOLAR NOS MUNICÍPIOS CEARENSES

1 INTRODUÇÃO

A expansão da geração de energia a partir de fontes renováveis tem repercussões econômicas e territoriais que ultrapassam a simples substituição de matrizes fósseis, envolvendo alterações em cadeias produtivas locais, na estrutura de receitas municipais e na dinâmica de investimentos regionais (Climate Transparency, 2019). No Nordeste, esse movimento tem adquirido maior relevância devido às condições naturais favoráveis e às estratégias regionais de atração de empreendimentos, o que posiciona a região como protagonista nacional na produção de energia limpa (Plano Nordeste Potência, 2022; Nordeste Informa, 2025).

No Ceará, a instalação e expansão de parques eólicos e complexos solares têm sido amplamente documentadas em reportagens e comunicados oficiais, que registram tanto novos contratos quanto inaugurações de grandes empreendimentos, como os complexos Lagoinha e Jaguaratama (SDE Ceará, 2023; Governo do Ceará, 2024; Diário Do Nordeste, 2023). Além de fortalecer a capacidade de geração do estado, tais projetos são descritos como catalisadores para a dinamização de cadeias de serviços, atração de investimentos privados e expansão da atividade econômica local (SDE Ceará, 2024; SEMACE, 2024).

Estudos regionais e avaliações institucionais reforçam que os impactos econômicos desses projetos não são homogêneos. A Sudene (2022) aponta que municípios beneficiados por parques eólicos financiados por programas regionais registraram crescimento significativo no PIB per capita, indicando que políticas de fomento podem aprofundar benefícios locais. Paralelamente, pesquisas acadêmicas que analisam efeitos em escala municipal ressaltam que características como porte, estrutura produtiva e capacidade fiscal explicam a heterogeneidade dos impactos (Rintzel, 2017; Veloso et al., 2024; Veloso, 2025).

No contexto cearense, a integração entre potencial energético, políticas industriais e inovação tecnológica aparece como dimensão estratégica, especialmente diante da articulação crescente entre geração renovável, projetos híbridos e o desenvolvimento de novas fronteiras como o hidrogênio verde (Plano Nordeste Potência, 2022; Ferreira et al., 2023). Relatórios e notícias também observam que os efeitos sobre emprego, renda e serviços municipais variam entre as fases de construção e operação, cada uma com impactos distintos em duração e intensidade (Diário do Nordeste, 2023; Governo do Ceará, 2024).

Diante desse cenário, emerge o problema central deste estudo: como a capacidade instalada de geração eólica e solar influencia os indicadores de desenvolvimento econômico dos municípios cearenses? Essa questão exige uma abordagem municipalizada capaz de relacionar capacidade instalada, PIB per capita, emprego formal, estrutura produtiva e receitas públicas, reconhecendo sua evolução ao longo do tempo (Rintzel, 2017).

A literatura e os documentos institucionais convergem ao identificar lacunas empíricas significativas: a ausência de análises sistemáticas que cruzem, em escala municipal, séries temporais de capacidade instalada com indicadores econômicos, distinguindo ainda os efeitos de energias eólica e solar (SUDENE, 2022; Ferreira et al., 2023; Plano Nordeste Potência, 2022). Além disso, instituições como a CNI apontam que o aproveitamento desses investimentos depende de governança local, qualificação profissional e capacidade de gestão municipal (CNI, 2024).

Assim, este artigo busca estimar a relação entre a capacidade instalada (eólica, solar e híbrida) e resultados econômicos municipais no Ceará, utilizando informações oficiais e estudos regionais como base contextual (SDE Ceará, 2023; Governo do Ceará, 2024; SEMACE, 2024). O estudo pretende contribuir empiricamente, oferecendo evidências municipalizadas e também orientar políticas públicas voltadas à maximização dos benefícios locais derivados da transição energética.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia renovável, crescimento econômico e transformações estruturais

Tanto a literatura internacional como a brasileira apresentam um consenso crescente de que as energias renováveis deixaram de ser apenas uma resposta ambiental, tornando-se um vetor central de transformação econômica, produtiva e social. Os estudos de He e Huang (2022) mostram que o consumo de energia renovável está associado a efeitos multiplicadores sobre renda, investimento e produtividade, sinalizando que a chegada de empreendimentos renováveis provoca mudanças econômicas que se estendem além do setor energético.

A literatura mais recente também evidencia que a incorporação das energias limpas está articulada à reconfiguração das estratégias de desenvolvimento territorial. Dirma et al.

(2024) argumentam que o avanço das renováveis modifica a dinâmica econômica regional ao criar ambientes propícios à diversificação produtiva, enquanto Uzundu e Joseph (2024) destacam que, quando inseridas em escala municipal, essas tecnologias ativam efeitos socioeconômicos que incluem novas oportunidades de negócios, aumento de receitas públicas e fortalecimento das atividades de apoio.

No contexto das economias avançadas, Wu (2023) demonstra que investimentos em energia renovável estimulam inovação e fortalecem os ecossistemas financeiros, o que cria uma atmosfera favorável ao crescimento econômico de médio prazo. Resultados semelhantes são encontrados por Makiela, Mazur e Głowacki (2022), que identificam elevação da produtividade agregada decorrente da ampliação da oferta de energia renovável. Em países com estrutura produtiva mais heterogênea, como o Brasil, esses efeitos tendem a assumir contornos específicos. Romanello (2022), ao examinar os municípios nordestinos, evidencia que a chegada de usinas renováveis altera o perfil econômico local, principalmente em regiões semiáridas. Ainda que o estudo abrange o Nordeste de modo geral, seus resultados são especialmente relevantes para o caso cearense, onde a concentração de projetos eólicos e solares ao longo da última década gerou novas dinâmicas no mercado de trabalho, na arrecadação municipal e no setor de serviços.

Os estudos sobre potencial energético do Nordeste reforçam essa compreensão. Ferreira et al. (2023), ao construir um índice para avaliar o potencial de geração eólica, solar e híbrida, confirmam que o Ceará está entre os estados com melhores condições para expansão dessas tecnologias, sobretudo pela qualidade dos ventos, disponibilidade de áreas e radiação solar. Nesse sentido, o estado passa a integrar um movimento global de transição e, simultaneamente, um processo de reorganização interna, em que municípios tornam-se receptores de investimentos inéditos em escala local.

Assim, a expansão da capacidade instalada no Ceará deve ser compreendida não apenas como a introdução de uma nova forma de geração elétrica, mas como um vetor de transformação estrutural que reposiciona os municípios em termos econômicos, sociais e institucionais. Essa perspectiva é fundamental para interpretar os efeitos econômicos estudados nesta pesquisa.

2.2 Cadeias produtivas, diferenças tecnológicas e especificidades entre energia eólica e solar

A literatura também enfatiza que o impacto econômico das energias renováveis varia conforme suas características tecnológicas, padrões de implantação e inserção nas cadeias produtivas locais. Jenniches (2018), em sua revisão clássica sobre impactos regionais de fontes renováveis, demonstra que as tecnologias possuem níveis distintos de encadeamento produtivo, o que gera efeitos diferenciados sobre emprego, renda e demanda por serviços.

No caso da energia eólica, a implantação tende a envolver etapas mais intensivas em logística, transporte de grandes componentes, obras civis e manutenção especializada. Vasconcellos e Couto (2021), ao estimarem os impactos da energia eólica no Nordeste utilizando modelos interregionais de insumo-produto, identificam forte ativação de setores de engenharia, construção, transporte e serviços técnicos. Para o Ceará, esses achados dialogam diretamente com a realidade dos municípios que se tornaram polos de instalação de aerogeradores nas regiões litorâneas e no sertão central, onde o ciclo de construção das usinas tende a gerar movimento econômico de grande intensidade em curto prazo.

Por outro lado, a energia solar fotovoltaica possui uma cadeia mais modular e de instalação relativamente rápida. Carstens e Cunha (2019) ressaltam que o setor fotovoltaico brasileiro enfrenta desafios logísticos e regulatórios, mas apresenta elevada capacidade de disseminação territorial, dado que

demanda menor infraestrutura pesada na etapa de implantação. Santos (2021), ao analisarem o potencial técnico-econômico da energia solar, reforçam que a viabilidade do setor está fortemente condicionada às condições climáticas e à estrutura institucional, aspectos nos quais o Ceará apresenta vantagem comparativa.

A combinação das duas fontes, característica crescente no Nordeste, é discutida por Santos et al. (2020), que destacam o potencial híbrido de sistemas eólico-solares como uma alternativa estratégica para diversificar a matriz energética regional. Essa perspectiva é especialmente relevante para o Ceará, onde a complementaridade entre vento e radiação pode criar um ciclo mais estável de geração e atrair investimentos de maior escala.

Além disso, estudos internacionais demonstram que as cadeias produtivas das renováveis podem amplificar oportunidades de emprego e inovação. Mu et al. (2018), utilizando modelos de equilíbrio geral computável, mostram que políticas de expansão renovável na China levaram à criação de empregos diretos e indiretos em setores tecnológicos e de manufatura. Resultados parecidos são encontrados por Keček, Mikulić e Lovrinčević (2018) ao examinarem os efeitos econômicos das renováveis na Croácia, indicando que regiões que recebem grandes plantas tendem a se beneficiar de efeitos de spillover sobre comércio, serviços e finanças locais.

No caso específico da energia eólica no Nordeste do Brasil, Araújo Júnior et al. (2021) analisam os fatores determinantes da viabilidade econômica e apontam que variáveis institucionais, tributárias e logísticas desempenham papel crucial na atração de investimentos, elementos que no Ceará, interagem intimamente com a infraestrutura portuária, disponibilidade de área e estabilidade regulatória.

Os modos como essas tecnologias se materializam no território cearense, influenciam diretamente nos seus efeitos econômicos. A natureza prática de cada cadeia (mais pesada e intensiva em obras no caso eólico; mais modular e distribuída no caso solar) tende a reproduzir impactos temporários e produtivos distintos, que justificam a análise separada e conjunta desenvolvida nesta pesquisa.

2.3 Evidências empíricas, lacunas e avanços metodológicos na avaliação dos impactos econômicos das energias renováveis

A literatura empírica sobre os impactos econômicos das energias renováveis tem avançado de forma significativa, mas ainda apresenta lacunas importantes, sobretudo quando se trata de análises no nível municipal. Dogan et al. (2020), ao replicarem e expandirem modelos sobre energia renovável e crescimento, identificam que os efeitos positivos variam conforme o contexto institucional, o estágio de desenvolvimento e a capacidade de absorção tecnológica. Essa heterogeneidade reforça a necessidade de modelos econométricos que capturem diferenças entre unidades regionais, preocupação central para o estudo dos municípios cearenses.

Shahbaz et al. (2021), ao decompor efeitos de escala e técnica, demonstram que o desenvolvimento financeiro e o investimento externo podem potencializar o consumo renovável, sugerindo que regiões com maior capacidade institucional tendem a obter retornos mais expressivos. No caso cearense, isso dialoga com diferenças importantes entre municípios com maior estrutura administrativa e aqueles com menor diversificação econômica.

Hao (2022) também reforça a utilidade de modelos em painel ao analisar energia renovável, indicadores econômicos e desenvolvimento humano, mostrando que os efeitos não são apenas diretos, mas atravessam dinâmicas sociais e climáticas. A literatura sobre impactos territoriais destaca ainda a importância de modelos dinâmicos. Uzundu e Joseph (2024) sublinham que a compreensão dos efeitos de médio prazo exige metodologias capazes de capturar defasagens temporais, especialmente porque os impactos iniciais de construção tendem a diferir da fase operacional.

No Brasil, ainda são escassos estudos sistemáticos no nível municipal, e essa lacuna é ainda maior no caso do Ceará. A revisão de Jenniches (2018) já apontava a ausência de investigações locais sobre impactos econômicos regionais, um diagnóstico que permanece atual. Pesquisas como a de Romanello (2022) avançam significativamente ao analisar o Nordeste, mas ainda tratam o território de forma agregada. Isso deixa espaço para estudos mais focados, especialmente em estados com elevada concentração de projetos, como o Ceará.

Outro aspecto importante na literatura diz respeito ao desenho institucional e à capacidade dos territórios de transformar investimentos energéticos em desenvolvimento. O trabalho “Aproveitando a energia renovável para o crescimento econômico local” (IJSR, 2024) identifica que municípios com maior articulação entre prefeituras, produtores e serviços locais capturam melhor os benefícios econômicos. Esse ponto é especialmente relevante para o Ceará, onde há diversidade significativa entre municípios receptores de investimentos.

Por fim, a revisão de Ferreira et al. (2023) e o estudo de Santos et al. (2020) reforçam que o Nordeste, e particularmente o Ceará, possui potencial singular para energias híbridas, o que abre espaço para novos arranjos produtivos locais. No entanto, a literatura carece de análises que diferenciem os impactos municipais de eólica e solar, bem como de estudos que comparem efeitos de curto e longo prazo.

Assim, as evidências convergem para a necessidade de análises econométricas robustas, com efeitos fixos, modelos dinâmicos e indicadores municipais. Sendo capazes de capturar a real magnitude dos efeitos econômicos da expansão eólica e solar no Ceará.

3 METODOLOGIA

O presente estudo utiliza um painel de dados municipais do Ceará que contaram com a presença de alguma usina eólica ou solar (25 municípios) no período de 2008 a 2021, com informações sobre indicadores econômicos, demográficos e a capacidade instalada de geração de energia eólica e solar. O recorte temporal (2008–2021) é justificado porque a partir de 2008 o Ceará iniciou a modernização de sua geração eólica, com a inauguração do Parque de Paracuru, elevando a capacidade eólica para 79,40 MW (SEINFRA, 2008). Além disso, 2021 é o ano até o qual há dados completos e consistentes para todas as variáveis utilizadas no estudo.

A variável dependente analisada é o PIB per capita dos municípios, enquanto as principais variáveis independentes são a capacidade instalada de energia eólica per capita e a capacidade instalada de energia solar per capita. Para controlar fatores econômicos e sociais que possam afetar o PIB per capita, foram incluídas variáveis de controle como receita orçamentária municipal per capita, remuneração média por trabalhador formal e número de empregos formais (ver Quadro 1). Todas as variáveis contínuas foram transformadas em logaritmo natural, permitindo interpretar os coeficientes como elasticidades.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas

Variável	Descrição	Fonte
PIB	Produto interno bruto per capita (R\$)	IBGE (2024)
Energia eólica	Capacidade instalada de energia eólica per capita (kW)	ANEEL (2025)
Energia solar	Capacidade instalada de energia solar per capita (kW)	ANEEL (2025)
Receita orçamentária	Receita orçamentária municipal per capita (R\$)	Ministério da Fazenda (2025)
Remuneração	Remuneração média dos trabalhadores formais (R\$)	Ministério do Trabalho e Emprego (2025)
Empregos	Número de empregos formais (R\$)	Ministério do Trabalho e Emprego (2025)

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise econométrica foi realizada utilizando um modelo de efeitos fixos em painel com efeitos duplos (twoways), que controla simultaneamente para efeitos fixos individuais de cada município e efeitos fixos temporais comuns a todos os municípios. Essa abordagem permite capturar características

não observáveis de cada município que permanecem constantes ao longo do tempo, bem como choques macroeconômicos que afetam todos os municípios em determinado ano (Baltagi, 2021). O modelo foi estimado na forma log-log, onde os coeficientes representam elasticidades, permitindo interpretar o impacto percentual de mudanças nas variáveis independentes sobre o PIB per capita do município, mantendo as demais variáveis constantes (Wooldridge, 2009), como apresentado na equação (1):

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Onde:

- Y_{it} : PIB per capita em log, do município i no ano t ;
- X_{it} : vetor de covariáveis em log (capacidade instalada de energia eólica per capita, capacidade instalada de energia solar per capita, receita orçamentária municipal per capita, remuneração média dos trabalhadores formais, número de empregos formais);
- μ_i : efeito fixo do município;
- λ_t : efeito fixo do ano;
- ε_{it} : termo de erro.

Para garantir a robustez das estimativas, foram realizados testes de heterocedasticidade (Breusch-Pagan) e autocorrelação serial (teste de Wooldridge para erros idiossincráticos em painel). Além disso, verificou-se a multicolinearidade entre as variáveis independentes por meio do VIF (Variance Inflation Factor) e os erros padrão foram ajustados para serem robustos à heterocedasticidade e autocorrelação, usando cluster por município. Para a escolha entre modelos de efeitos fixos e aleatórios, aplicou-se o teste de Hausman, que indicou a consistência do modelo de efeitos fixos para esta análise (Wooldridge, 2009).

Para garantir a comparabilidade temporal das variáveis econômicas, optou-se pela deflação dos valores para o ano base de 2021, utilizando o Deflator Implícito do PIB, calculado pelo IBGE. Esta escolha é metodologicamente justificada por ser o indicador de preços mais abrangente, incorporando informações da economia que não estão presentes em outros índices (IPEA, 2007). Municípios com capacidade instalada nula ou ausente foram excluídos da análise, evitando distorções na estimativa do efeito da energia renovável sobre o PIB per capita.

4 RESULTADOS

4.1 Análise descritiva

A capacidade instalada de energia eólica no Ceará entre 2008 e 2021 revela um crescimento significativo do setor, tanto em termos de número de municípios beneficiados quanto da quantidade de parques eólicos instalados ao longo do estado. Em 2008, apenas quatro municípios contavam com usinas eólicas, totalizando quatro empreendimentos, enquanto em 2021 esse número se expandiu para 14 municípios e 96 usinas, refletindo a expansão territorial e a consolidação do setor eólico no estado, como exposto na Tabela 1.

Tabela 1 – Capacidade instalada de energia eólica no Ceará (2008–2021)

Ano	Municípios	Usinas Eólicas	Mínimo (kW)	Máximo (kW)	Média (kW)	Mediana (kW)	Desvio-Padrão (kW)
2008	4	4	10.500	25.600	19.450	20.850	7.296
2009	6	9	13.730	105.000	49.105	39.900	37.337
2010	7	14	16.500	152.230	71.990	70.800	46.830
2011	7	14	16.500	152.230	71.990	70.800	46.830
2012	7	16	16.500	177.730	81.633	70.800	50.139
2013	8	19	16.500	177.730	80.453	71.100	46.499

Tabela 1 – Capacidade instalada de energia eólica no Ceará (2008–2021)

Ano	Municípios	Usinas Eólicas	Mínimo (kW)	Máximo (kW)	Média (kW)	Mediana (kW)	Desvio-Padrão (kW)
2014	9	41	30.000	343.200	135.092	105.000	96.553
2015	9	41	30.000	343.200	135.092	105.000	96.553
2016	12	58	23.100	381.000	135.395	94.690	101.063
2017	13	66	23.100	440.400	140.857	987.00	114.806
2018	13	77	54.600	440.400	157.226	105.000	115.149
2019	13	77	54.600	440.400	157.226	105.000	115.149
2020	14	82	54.600	440.400	154.781	108.115	111.009
2021	14	96	54.600	768.000	178.181	108.115	185.429

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da ANEEL (2025)

Observa-se também um aumento expressivo da capacidade instalada, tanto nos valores máximos quanto nos médios e mínimos. A capacidade mínima instalada, que em 2008 era de 10.500 kW, aumentou para 54.600 kW em 2021, enquanto a máxima evoluiu de 25.600 kW para 768.000 kW, indicando que houve a entrada de grandes parques eólicos. A média da capacidade instalada passou de 19.450 kW em 2008 para 178.181 kW em 2021, e a mediana também apresentou crescimento, de 20.850 kW para 108.115 kW no mesmo período. A diferença sistemática entre média e mediana sugere uma distribuição assimétrica, com projetos de grande porte elevando a média, enquanto a maioria dos parques permanece com capacidade relativamente menor.

O desvio padrão, que mede a variabilidade entre as usinas, aumentou de 7.296 kW para 185.429 kW ao longo do período, evidenciando que a disparidade entre o tamanho da capacidade instalada nos municípios se ampliou. Esse padrão indica que, embora o Ceará tenha expandido o número de municípios com energia eólica, a capacidade está concentrada em alguns projetos de grande porte em alguns municípios, enquanto os demais mantêm escalas menores.

O período entre 2008 e 2012 apresentou crescimento moderado, enquanto a partir de 2013 nota-se aceleração na expansão da capacidade instalada, refletindo o aumento de investimentos no setor e a consolidação de políticas públicas de incentivo à energia renovável. Entre 2014 e 2017, observa-se estabilidade nas médias e medianas, acompanhada do aumento no número de municípios e usinas, sugerindo diversificação territorial.

Já a energia solar, quando analisada sua capacidade instalada no Ceará entre 2008 e 2021, revela-se um crescimento tardio, mas acelerado, do setor, especialmente quando comparado ao desenvolvimento da energia eólica (ver Tabela 2). O primeiro registro ocorre em 2011, com apenas uma instalação de 5.000 kW, permanecendo estável até 2015, o que indica um início gradual e limitado do investimento em energia solar.

Tabela 2 – Capacidade instalada de energia solar no Ceará (2008–2021)

Ano	Municípios	Usinas Solares	Mínimo (kW)	Máximo (kW)	Média (kW)	Mediana (kW)	Desvio-Padrão (kW)
2008	0	0	-	-	-	-	-
2009	0	0	-	-	-	-	-
2010	0	0	-	-	-	-	-
2011	1	1	5.000	5.000	5.000	5.000	-
2012	1	1	5.000	5.000	5.000	5.000	-
2013	1	1	5.000	5.000	5.000	5.000	-
2014	1	1	5.000	5.000	5.000	5.000	-

Tabela 2 – Capacidade instalada de energia solar no Ceará (2008–2021)

Ano	Municípios	Usinas Solares	Mínimo (kW)	Máximo (kW)	Média (kW)	Mediana (kW)	Desvio-Padrão (kW)
2015	1	1	5.000	5.000	5.000	5.000	-
2016	2	2	4.640	5.000	4.820	4.820	255
2017	2	2	4.640	5.000	4.820	4.820	255
2018	3	6	4.640	132.000	47.213	5.000	73.428
2019	4	10	20	132.000	55.665	45.320	64.262
2020	6	12	20	132.000	37.493	3.400	57.188
2021	10	23	20	154.665	50.560	3.522	65.370

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da ANEEL (2025)

A partir de 2016, nota-se o início de um processo de diversificação e expansão. O número de usinas sobe para duas, distribuídas em dois municípios, e os valores mínimos e máximos (4.640 e 5.000 kW) indicam a coexistência de projetos de pequeno porte. O desvio-padrão de 255 kW revela baixa variabilidade entre as capacidades instaladas, característica de um setor ainda muito homogêneo e restrito.

O ponto de inflexão ocorre em 2018, quando o número de municípios com energia solar sobe para três e as usinas chegam a seis. A capacidade máxima entre os municípios atinge 132.000 kW, evidenciando a instalação dos primeiros empreendimentos de grande escala no estado. A média sobe para 47.213 kW, mas a mediana permanece em 5.000 kW, o que revela forte assimetria: poucos projetos muito grandes elevam a média, enquanto a maioria das usinas permanece em patamares modestos. O elevado desvio-padrão (73.428 kW) reforça essa heterogeneidade crescente.

Essa tendência se intensifica nos anos seguintes. Em 2019, já são 10 usinas em quatro municípios, com capacidade mínima reduzindo-se para 20 kW, sugerindo a inclusão de pequenos sistemas fotovoltaicos, enquanto o limite superior permanece elevado em 132.000 kW. Esse contraste amplia a dispersão dos dados, refletida no desvio-padrão de 64.262 kW.

Nos anos de 2020 e 2021, observa-se nova expansão territorial e de infraestrutura, com crescimento de 12 para 23 usinas distribuídas em seis e dez municípios, respectivamente. A capacidade máxima chega a 154.665 kW em 2021, a média por município mantém-se elevada (50.560 kW), mas a mediana permanece baixa (3.522 kW), o que confirma uma distribuição altamente assimétrica, marcada por coexistência entre pequenos sistemas e grandes usinas solares. O desvio-padrão acima de 65.000 kW evidencia a grande heterogeneidade do setor solar no estado.

Em suma, a energia solar no Ceará apresenta um ciclo de desenvolvimento claramente dividido em dois momentos: uma fase inicial (2011–2015) de estagnação, com apenas um empreendimento, seguida por uma fase de rápida expansão (2016–2021), caracterizada pela entrada de novos municípios, multiplicação do número de usinas e forte heterogeneidade na capacidade instalada. Essa dinâmica indica que o estado passa a incorporar projetos fotovoltaicos de diferentes escalas, desde pequenos sistemas distribuídos até grandes complexos solares, consolidando-se como um pólo emergente de geração solar no Nordeste.

Ao analisar as médias anuais da infraestrutura energética e de indicadores socioeconômicos dos municípios do estado do Ceará que possuem usinas eólicas e/ou solares entre 2008 e 2021 observa-se uma evolução gradual, porém consistente (ver Tabela 3). O PIB per capita apresentou crescimento ao longo do período, passando de R\$ 16.902 em 2008 para R\$ 29.759 em 2021, refletindo a expansão econômica regional. Esse crescimento econômico coincide com o aumento da capacidade instalada de energia eólica per capita, que evoluiu de 0,08 kW em 2008 para 2,45 kW em 2021, e da energia solar per capita, que permaneceu praticamente nula até 2016, mas alcançou 0,59 kW em 2021.

Tabela 3 – Indicadores socioeconômicos e capacidade energética per capita no Ceará (2008–2021)

Ano	PIB per capita (R\$)	Capacidade eólica instalada per capita (kW)	Capacidade solar instalada per capita (kW)	Receita orçamentária municipal per capita (R\$)	Remuneração média por empregados formais (R\$)	Empregados formais (R\$)
2008	16.902	0,0808	0	2.820	1.755	7.386
2009	16.553	0,263	0	2.773	1.869	8.066
2010	18.544	0,407	0	2.880	1.857	8.954
2011	19.551	0,403	0,00388	3.131	1.906	6.787
2012	19.566	0,471	0,00386	3.087	1.947	8.722
2013	22.222	0,524	0,00380	3.268	2.073	10.241
2014	23.924	1,02	0,00378	3.547	2.105	88.95
2015	23.044	1,02	0,00377	3.636	2.173	11.325
2016	23.333	1,42	0,00633	3.747	2.126	10.058
2017	25.101	1,73	0,00629	3.731	2.174	10.436
2018	25.514	1,92	0,267	3.812	2.219	10.589
2019	25.809	1,90	0,309	3.902	2.224	9.716
2020	26.042	2,21	0,310	3.944	2.153	8.991
2021	29.759	2,45	0,592	4.131	2.112	8.953

Fonte: Elaborado pelos autores a partir de dados da pesquisa.

A trajetória da energia eólica indica um crescimento contínuo e mais consolidado, começando com valores modestos e escalando de forma expressiva a partir de 2014. Já a energia solar, embora praticamente inexistente nos primeiros anos, apresenta expansão significativa a partir de 2018, refletindo o início de grandes projetos fotovoltaicos no estado. A disparidade entre média e mediana observada nas análises anteriores se manifesta neste contexto: a média per capita é influenciada por grandes empreendimentos, enquanto a maioria dos municípios apresenta capacidades individuais menores.

Em relação à receita orçamentária per capita, observa-se que evoluiu de R\$ 2.820 em 2008 para R\$ 4.131 em 2021. A remuneração média apresentou crescimento moderado, de R\$ 1.754 para R\$ 2.112, enquanto o número de empregados se manteve constante no período, com valores entre R\$ 7.386 e R\$ 10.589. A integração desses dados sugere que o crescimento do setor de energia renovável no Ceará não apenas acompanha o desenvolvimento econômico, mas também exerce papel estratégico na diversificação da matriz energética e na geração de empregos, ainda que de forma concentrada em grandes empreendimentos. A expansão da capacidade eólica e, mais recentemente, solar, demonstra o potencial do estado em consolidar-se como polo nacional de energia limpa.

4.2 Análise econométrica

O modelo de efeitos fixos bidirecionais foi estimado para analisar o impacto da geração de energia renovável e de variáveis econômicas sobre o PIB per capita, controlando simultaneamente para heterogeneidade não observada entre unidades (municípios) e ao longo do tempo (ver Tabela 4).

Tabela 4 — Estimativas do Modelo de Efeitos Fixos

Variável	Estimativa	Erros-Padrão	t-valor	p-valor	Significância
log_kw_eolica_pc	0,0685	0,0217	3,16	0,0018	**
log_kw_solar_pc	-0,0112	0,0394	-0,29	0,7754	ns

Tabela 4 — Estimativas do Modelo de Efeitos Fixos

Variável	Estimativa	Erros-Padrão	t-valor	p-valor	Significância
log_receita_pc	0,5733	0,1074	5,34	0,0000	***
log_remuneracao_media	0,4664	0,0566	8,23	0,0000	***
log_empregados	0,4091	0,0498	8,21	0,0000	***

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados evidenciam que a capacidade instalada de energia eólica (log_kw_eolica_pc) apresenta um efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o PIB per capita, com um coeficiente estimado de 0,0685, indicando que um aumento de 1% na capacidade instalada de energia eólica per capita está associado a um incremento de aproximadamente 0,07% no PIB per capita. Esse efeito positivo e estatisticamente significativo da capacidade instalada de energia eólica sobre o Produto Interno Bruto (PIB) per capita corrobora amplamente o consenso da literatura de que as energias renováveis são um vetor central de transformação econômica, produtiva e social. Autores como He e Huang (2022), Dirma et al. (2024), e Uzundu e Joseph (2024) associam o consumo de energia renovável a efeitos multiplicadores sobre renda, investimento e produtividade e a uma modificação na dinâmica econômica regional. Ademais, esses resultados reforçam o diagnóstico da Sudene (2022), que aponta que municípios beneficiados por parques eólicos financiados por programas regionais registraram crescimento significativo no PIB per capita. Em contrapartida, a geração de energia solar não apresenta efeito estatisticamente significativo, sugerindo que, durante o período analisado, o crescimento da capacidade solar não se traduziu em impactos mensuráveis sobre a atividade econômica per capita.

No que tange às variáveis econômicas convencionais, a receita orçamentária per capita (log_receita_pc), a remuneração média dos trabalhadores formais (log_remuneracao_media) e o número de empregados total do município (log_empregados) apresentaram efeitos robustos e altamente significativos. O coeficiente da receita orçamentária per capita (0,5733) indica que um aumento de 1% na mesma está associado a um crescimento de aproximadamente 0,57% no PIB per capita, ressaltando a importância do poder de arrecadação, consumo local e dos repasses intergovernamentais. A remuneração média dos trabalhadores formais também mostrou efeito positivo relevante (0,4664), sugerindo que aumentos salariais contribuem para o crescimento econômico per capita, possivelmente por meio do incremento na demanda agregada e na produtividade. O número de empregados formais apresentou coeficiente de 0,4091, indicando que o aumento do emprego está positivamente correlacionado com o crescimento do PIB per capita, corroborando a relevância da criação de empregos como motor de crescimento econômico. O achado também está alinhado com as especificidades da cadeia eólica descritas por Jenniches (2018) e Vasconcellos e Couto (2021), que notam que a implantação eólica é intensiva em logística, transporte de grandes componentes, obras civis e manutenção especializada. Vasconcellos e Couto (2021) identificam uma forte ativação de setores como engenharia, construção e serviços técnicos no Nordeste devido à eólica. A significância desse resultado confirma que a natureza da cadeia eólica gerou um movimento econômico mensurável e robusto no período analisado.

Adicionalmente, foi realizada uma análise de multicolinearidade utilizando o Variance Inflation Factor (VIF) para verificar se a correlação entre as variáveis explicativas poderia comprometer a interpretação dos coeficientes. Os valores de VIF encontrados variaram de 1,027 a 1,939, muito abaixo dos limites críticos geralmente considerados problemáticos (5 ou 10), indicando que não há multicolinearidade relevante. Isso confirma que cada variável fornece informação relativamente independente e que os coeficientes estimados podem ser interpretados com confiança, sem distorções causadas por correlações excessivas.

Para verificar a validade das suposições clássicas do modelo de efeitos fixos, foram realizados testes de heterocedasticidade e autocorrelação. O teste de Breusch-Pagan indicou presença significativa de heterocedasticidade nos erros do modelo (BP = 25, $p = 0,0002$), ou seja, a variância dos resíduos não é constante ao longo das observações. Adicionalmente, o teste de Wooldridge para autocorrelação em painéis revelou evidência clara de correlação serial nos erros idiossincráticos ($\chi^2 = 94$, $p < 0,0000$),

indicando que os resíduos não são independentes ao longo do tempo dentro de cada unidade.

Diante dessas violações das suposições clássicas, os coeficientes foram reestimados utilizando erros padrão robustos à heterocedasticidade e autocorrelação agrupados por município. Essa abordagem preserva a consistência dos estimadores dos coeficientes mesmo na presença de heterocedasticidade e autocorrelação. Após a correção, os resultados mostraram que os efeitos da “log_kw_eolica_pc”, da “log_remuneracao_media” e de “log_empregados” permanecem estatisticamente significativos, enquanto a “log_kw_solar_pc” continua sem efeito relevante. A “log_receita_pc” apresenta significância marginal ($p \approx 0,0770$), indicando que a magnitude do efeito permanece relevante, mas a incerteza aumenta quando se controla para heterocedasticidade e autocorrelação, como pode ser observado na Tabela 5.

Tabela 5 — Estimativas do Modelo de Efeitos Fixos com Erros-Padrão Robustos (Cluster por Município)

Variável	Estimativa	Erro Padrão	t-valor	p-valor	Significância
log_kw_eolica_pc	0,0685	0,0266	2,57	0,0110	*
log_kw_solar_pc	-0,0112	0,0467	-0,24	0,8100	ns
log_receita_pc	0,5733	0,3225	1,78	0,0770	.
log_remuneracao_media	0,4664	0,1883	2,48	0,0140	*
log_empregados	0,4091	0,1600	2,56	0,0110	*

Fonte: Elaborado pelos autores.

O modelo apresenta um R^2 de 0,345 e R^2 ajustado de 0,252, o que indica que aproximadamente 34% da variabilidade do logaritmo do PIB per capita é explicada pelas variáveis incluídas no modelo. A significância global do modelo, evidenciada pela F-estatística elevada (29,5785) e p-valor praticamente nulo (0,0000), reforça a validade da especificação e a relevância das variáveis incluídas.

Em síntese, a aplicação de erros padrão robustos confirma a robustez dos principais achados do modelo de efeitos fixos, garantindo que as inferências sobre os impactos das variáveis explicativas sobre o PIB per capita sejam confiáveis, mesmo na presença de violações das suposições clássicas de homocedasticidade e independência dos erros. Assim, os achados sugerem que, além dos fatores econômicos estruturais tradicionais, a capacidade instalada da energia eólica contribui positivamente para o crescimento econômico per capita, enquanto a da energia solar não apresentou impacto significativo no período analisado. Tais resultados têm implicações importantes para políticas públicas, indicando que investimentos em energia eólica, combinados com iniciativas de aumento do emprego formal e da remuneração média, podem potencializar o crescimento econômico local de forma sustentável.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo, teve como objetivo estimar a relação entre a capacidade instalada de geração de energia renovável e o PIB per capita municipal no Ceará. A pesquisa surge da necessidade de preencher uma lacuna empírica, ao quantificar o impacto da capacidade instalada de geração eólica e solar sobre o desenvolvimento econômico dos municípios cearenses, distinguindo os efeitos de cada fonte de energia. O Ceará, destaca-se nacionalmente na produção de energia limpa, onde a expansão das fontes renováveis provoca repercussões econômicas e territoriais que vão além da mera substituição das matrizes fósseis.

A metodologia adotada baseou-se em um modelo de dados em painel com efeitos fixos bidirecionais (twoways), contemplando 25 municípios que receberam usinas eólicas ou solares entre 2008 e 2021. Essa abordagem permitiu controlar a heterogeneidade não observada entre os municípios e os choques temporais comuns. Os coeficientes estimados foram interpretados como elasticidades, sendo as inferências robustecidas por erros padrão agrupados por município, assegurando consistência mesmo diante de heterocedasticidade e autocorrelação.

Os resultados econométricos confirmaram que a capacidade instalada de energia eólica per capita apresentou efeito positivo e estatisticamente significativo sobre o PIB per capita municipal, com coeficiente estimado de 0,0685, indicando que um aumento de 1% na capacidade instalada de energia eólica per capita está associado a um incremento de aproximadamente 0,07% no PIB per capita. Por outro lado, a capacidade instalada de energia solar per capita não apresentou efeito estatisticamente significativo sobre a atividade econômica durante o período analisado. Essa diferença pode ser contextualizada pela dinâmica de crescimento dos setores: a energia eólica apresentou expansão contínua e significativa entre 2008 e 2021, enquanto a energia solar cresceu de forma tardia e acelerada a partir de 2016.

Além das variáveis relacionadas à energia renovável, os determinantes econômicos estruturais também se mostraram fundamentais. A receita orçamentária per capita, a remuneração média dos trabalhadores formais e o número de empregados formais apresentaram efeitos positivos e altamente significativos sobre o PIB per capita.

Em suma, o estudo fornece evidências robustas em nível municipal, confirmando que a capacidade instalada de energia eólica contribui positivamente para o crescimento econômico per capita. Esses resultados possuem implicações relevantes para políticas públicas, sugerindo que, para maximizar os benefícios locais da transição energética, os investimentos em energia eólica devem ser articulados com iniciativas que promovam aumento do emprego formal e da remuneração média, potencializando o crescimento econômico sustentável dos municípios.

REFERÊNCIAS

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Empreendimentos de geração de energia elétrica no Brasil: siga-empreendimentos-geracao.csv*. (Versão 1.1). Brasília, DF, 2025. Em: DADOS ABERTOS ANEEL. Disponível em: <https://dadosabertos.aneel.gov.br>. Acesso em: 21 nov. 2025.

ARAÚJO JÚNIOR, Antônio Henriques de; BARROS, José Geraldo Marques Dias; SAMPAIO, Natália Alves; AYRES, Luiz de Freitas; FONSECA, Bernardo da; ALMEIDA, Maria Gabriela Duarte. *Fatores determinantes da viabilidade econômica na geração de energia eólica no Nordeste do Brasil*. Anais da 2ª Conferência Internacional Americana sobre Engenharia Industrial e Gestão de Operações, p. 466-475, 2021. Doi: <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/7464>

Baltagi, B. H. (2021). *Econometric Analysis of Panel Data* (6th ed.). Springer Texts in Business and Economics. Springer Nature Switzerland AG.

CARSTENS, Daniela; CUNHA, Sérgio Koide. *Desafios e oportunidades para o crescimento da energia solar fotovoltaica no Brasil*. Energy Policy, v. 125, p. 1-10, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.10.063>

CLIMATE TRANSPARENCY. *Transição energética no Brasil*. 2019. Disponível em: <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/04/Brazilian-Policy-Paper-Pt.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

CNI. *Potencial para energias renováveis pode alavancar economia do Nordeste*. 2024. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/sustentabilidade/potencial-para-energias-renovaveis-pod-e-alavancar-economia-do-nordeste/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DIÁRIO DO NORDESTE. *Cidades do Ceará se destacam em produção de energia eólica no país*. 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/negocios/cidades-do-ceara-se-destacam-em-producao-de-energia-eolica-no-pais-veja-lista-1.3628919>. Acesso em: 20 nov. 2025.

DIRMA, Virgílio; NEVERAUSKIENĖ, Lina; TVARONAVIČIENĖ, Manuela; DANILEVIČIENĖ, Irena; TAMOŠIŪNIENĖ, Rima. *O impacto do desenvolvimento de energias renováveis no crescimento econômico*. *Energies*, v. 17, n. 1, p. 1-20, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/en17246328>.

DOGAN, Eyup; ALTINOZ, Buket; MADALENO, Mara; TAŞKIN, Dilvin. *O impacto do consumo de energia renovável no crescimento econômico: uma replicação e extensão*. *Energy Economics*, v. 90, p. 1-10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104866>

FERREIRA, Miguel Marques; SANTOS, Júlia Alves; SILVA, Lincon Rozendo da; ABRAHÃO, Raphael; GOMES, Flávio da Silva Vitorino; BRAZ, Helon David Macêdo. *A new index to evaluate renewable energy potential: a case study on solar, wind and hybrid generation in Northeast Brazil*. *Renewable Energy*, v. 217(C), 2023. DOI: [10.1016/j.renene.2023.119182](https://doi.org/10.1016/j.renene.2023.119182).

GOVERNO DO CEARÁ. *Complexo solar com capacidade para atender a 350 mil residências é inaugurado em Jaguarétama*. 2024. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2024/06/19/complexo-solar-com-capacidade-para-atender-a-350-mil-residencias-e-inaugurado-em-jagaretama/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

HAO, Yufei. Efeito dos indicadores econômicos, do consumo de energia renovável e do desenvolvimento humano sobre as mudanças climáticas: uma análise empírica baseada em dados em painel de países selecionados. [S.l.: s.n.], 2022.

HE, Yugang; HUANG, Panpan. Exploring the Forms of the Economic Effects of Renewable Energy Consumption: Evidence from China. *Sustainability*, v. 14, n. 13, p. 8212, 5 jul. 2022. DOI: [10.3390/su14138212](https://doi.org/10.3390/su14138212).

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Contas Nacionais Anuais: Produto Interno Bruto a preços correntes (Tabela 6784). Rio de Janeiro, 11 de novembro de 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6784>. Acesso em: 20 nov. 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produto Interno Bruto dos Municípios (Referência 2010). Rio de Janeiro, 2023. Tabela 5938. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5938>. Acesso em: 22 nov. 2025.

IPEA- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Deflator implícito*. [Por Jorge Luiz de Souza; Consultor: Herton Ellery Araújo]. *Desafios do Desenvolvimento*, Rio de Janeiro, ano 4, ed. 37, 10 nov. 2007. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=2140:catid=28. Acesso em: 23 nov. 2025.

IRFFI, Guilherme; MARTINS COSTA, Edward; SANTOS VELOSO, Pedro Alexandre; DE SOUZA NUNES, Erivelton; FONSECA CARNEIRO, Diego Rafael; DOS SANTOS SAMPAIO, Maria Analice. Avaliação de impacto do financiamento do FDNE na construção de Parques Eólicos e seus efeitos no mercado de trabalho e indicadores econômicos dos municípios na área de atuação da Sudene. *CADERNOS DE FINANÇAS PÚBLICAS*, [S. l.], v. 25, n. 01, 2024. Disponível em: <https://publicacoes.tesouro.gov.br/index.php/cadernos/article/view/266>. Acesso em: 23 nov. 2025.

JENNICHES, Simon. Avaliando os impactos econômicos regionais das fontes de energia renováveis: uma revisão da literatura. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 93, p. 35-51, 2018.

KEČEK, Damira; MIKULIĆ, Davor; LOVRINČEVIĆ, Željko. Deployment of renewable energy: economic effects on the Croatian economy. *Energy Policy*, v. 126, p. 402-410, 2019. DOI:

10.1016/j.enpol.2018.11.028.

MAKIEŁA, Kamil; MAZUR, Błażej; GŁOWACKI, Jakub. *The Impact of Renewable Energy Supply on Economic Growth and Productivity. Energies*, v. 15, n. 13, p. 4808, 2022. DOI: 10.3390/en15134808.

MINISTÉRIO DA FAZENDA. Secretaria do Tesouro Nacional. *Receita corrente - receita bruta - municipal*. Brasília, DF, 2025. Em: IPEADATA. Disponível em: <https://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acesso em: 21 nov. 2025.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. *Estatísticas do Trabalho: Acesso Online*. Brasília, DF, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/estatisticas-trabalho/acesso-online>. Acesso em: 23 nov. 2025.

MU, Yaqian; CAI, Wenjia; EVANS, Samuel; WANG, Can; ROLAND-HOLST, David. *Employment impacts of renewable energy policies in China: a decomposition analysis based on a CGE modeling framework*. *Applied Energy*, v. 210, p. 256–267, 2018. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.10.086

NORDESTE INFORMA. Nordeste lidera energia limpa no Brasil, mas petróleo ainda impulsiona economia. 2025. Disponível em: <https://nordesteinforma.com.br/05/06/2025/nordeste-lidera-energia-limpa-no-brasil-mas-petroleo-ainda-i-mpulsiona-economia/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

PLANO NORDESTE POTÊNCIA. Documento estratégico. 2022. Disponível em: <https://nordestepotencia.org.br/wp-content/uploads/2022/09/pnp-pt.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2025.

RINTZEL, Lucas Tadeu. Análise dos impactos econômicos decorrentes da instalação dos parques eólicos nos municípios brasileiros. 2017. Dissertação (Mestrado) – Unisinos. Disponível em: <https://repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/6314>. Acesso em: 20 nov. 2025.

ROMANELLO, Michele. Usinas de energia renovável e desenvolvimento econômico na região Nordeste do Brasil. *Desarrollo y Sociedad*, n. 90, p. 1-25, 2022. DOI: <https://doi.org/10.13043/dys.92.5>

SANTOS, Alberto. Impacto das mudanças climáticas no potencial fotovoltaico residencial brasileiro. Rio de Janeiro: Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) — Programa de Engenharia de Energia, COPPE/UFRJ. Disponível em: <https://www.ppe.coppe.ufrj.br/images/AlbertoSantos-Mestrado.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SANTOS, José Alexandre Ferraz de Andrade; DE JONG, Piet; COSTA, Carlos Alberto; TORRES, Everton. Combinação de fontes de energia eólica e solar: potencial para geração de energia híbrida no Brasil. *Utilities Policy*, v. 67, p. 1-10, 2020.

SDE CEARÁ. Ceará investe no futuro sustentável com a assinatura dos contratos para as obras do Complexo Solar Lagoinha em Russas. 2023. Disponível em: <https://www.sde.ce.gov.br/2023/12/15/ceara-investe-no-futuro-sustentavel-com-a-assinatura-dos-contratos-para-as-obras-do-complexo-solar-lagoinha-em-russas/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SDE CEARÁ. Desenvolvimento Econômico do Ceará avança com indicadores históricos e atração de investimentos em 2024. 2024. Disponível em: <https://www.sde.ce.gov.br/2024/12/27/desenvolvimento-economico-do-ceara-avanca-com-indicadores-historicos-e-atracao-de-investimentos-em-2024/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SECRETARIA DA INFRAESTRUTURA DO ESTADO DO CEARÁ (SEINFRA). Parque de Paracurú eleva a geração eólica do Ceará para 79,40 MW. 4 dez. 2008. Disponível em: <https://www.seinfra.ce.gov.br/2008/12/04/parque-de-paracuru-eleva-geracao-eolica-do-ceara-para-7940-mw/>. Acesso em: 23 nov. 2025

SEMACE. Com grande potencial em energias renováveis, o Ceará está se tornando a casa do hidrogênio verde. 2024. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2024/01/03/com-grande-potencial-em-energias-renovaveis-o-ceara-esta-se-tornando-a-casa-do-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 20 nov. 2025.

SHAHBAZ, Muhammad; SINHA, Avik; RAGHUTLA, Chandrashekar; VO, Xuan Vinh. Decomposing scale and technique effects of financial development and foreign direct investment on renewable energy consumption. *Energy*, v. 238, p. —, 2022. DOI: 10.1016/j.energy.2021.121758.

SUDENE. Parques eólicos financiados pela Sudene aumentam PIB per capita de municípios nordestinos em 20%. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/sudene/pt-br/assuntos/noticias/parques-eolicos-financiados-pela-sudene-aumentam-pi-b-per-capita-de-municipios-nordestinos-em-20-aponta-estudo>. Acesso em: 20 nov. 2025.

UZONDU, Nwankwo Charles; JOSEPH, Olatunbosun Bartholomew. *Comprehensive analysis of the economic, environmental and social impacts of large-scale renewable energy integration*. *International Journal of Applied Research in Social Sciences*, v. 6, n. 8, p. 1706–1724, 2024. DOI: 10.51594/ijarss.v6i8.1422

VASCONCELLOS, Heloisa Alves de Souza; COUTO, Leonardo Caiado. Estimation of socioeconomic impacts of wind power projects in Brazil's Northeast region using Interregional Input-Output Analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 149, p. —, 2021. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111376.

VELOSO, Paulo André Santos. Como os parques eólicos afetam a economia local. Trabalho apresentado no Encontro de Economia do Ceará, 2025. Disponível em: https://www.anpec.org.br/nordeste/2025/submissao/arquivos_identificados/044-ced6215ff43c83ed7f48e45f5659b519.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

VELOSO, Paulo André Santos et al. Impactos econômicos dos parques eólicos: análise agregada para o Nordeste e um olhar para o Ceará. Encontro de Economia do Ceará, 2024. Disponível em: http://www2.ipece.ce.gov.br/encontro/2024/artigos_aprovados/IMPACTOS%20ECON%20MICOS%20DOS%20PARQUES%20E%20LICO_%20AN%20LISE%20AGREGADA%20PARA%20O%20NORDESTE%20E%20UM%20OLHAR%20PARA%20O%20CEAR%20.pdf. Acesso em: 20 nov. 2025.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. (2009). *Introductory Econometrics: A Modern Approach*. Fourth Edition. Mason, OH: South-Western Cengage Learning.

WU, Hong. Avaliando o papel dos recursos de investimento em energia renovável e do financiamento verde no desempenho econômico: evidências das economias da OCDE. *Resources Policy*, v. 80, p. 1-10, 2023. DOI:10.1016/j.resourpol.2022.103149

YADAV, Radhika. Aproveitando a energia renovável para o crescimento econômico local: temas e estratégias de pesquisa futura. *International Journal of Science and Research (IJSR)*, v. 13, n. 10, p. 340–345, out. 2024. Disponível em: <https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=SR24912220808>. Acesso em: 21 nov. 2025.