

A expansão da energia eólica e os conflitos socioambientais no Brasil

RESUMO

Maria Eduarda Medeiros da Silva
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, Angicos, Rio Grande do
Norte, Brasil
eduardamdrs0@gmail.com

José Alderir Silva
Universidade Federal Rural do
Semi-Árido, Angicos, Rio Grande do
Norte, Brasil
josealderir16@hotmail.com

Thiago Geovane Pereira Gomes
Universidade Federal de Campina
Grande, Campina Grande, Paraíba,
Brasil
thiagogeovanep@gmail.com

A expansão da energia eólica tem sido apontada como uma alternativa estratégica para diversificar a matriz energética e reduzir as emissões associadas aos combustíveis fósseis. No entanto, apesar de seus benefícios ambientais, essa fonte também pode gerar externalidades negativas. O presente estudo tem como objetivo analisar as externalidades socioambientais e socioeconômicas associadas à geração de energia eólica no Brasil. Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa qualitativa de caráter bibliográfico, baseada na literatura sobre economia ambiental, externalidades e impactos da geração eólica. Os resultados indicam que, embora o Brasil possua elevado potencial eólico e apresente crescimento significativo na capacidade instalada, a expansão dessa fonte tem gerado impactos relevantes, como alterações na fauna e flora, modificação das paisagens naturais, poluição sonora, interferência eletromagnética, desequilíbrios nos contratos de arrendamento de terras e processos de especulação imobiliária em municípios receptores dos parques eólicos. Conclui-se que, apesar de contribuir para a transição energética e para a diversificação da matriz elétrica, a energia eólica também produz externalidades negativas que exigem maior regulação, transparência nas relações contratuais e políticas públicas voltadas à mitigação dos impactos socioambientais nas comunidades afetadas.

PALAVRAS-CHAVE: Impacto visual. Saúde pública. Fauna eólica. Energia renovável.

INTRODUÇÃO

O ser humano costumava ter a ideia de que a natureza e tudo que há nela, existia para servi-lo. Por esse motivo, as sociedades faziam uso dos recursos naturais sem se preocupar com seus efeitos. Segundo Silva (2023), a demanda energética foi aumentando ao passo que a sociedade evoluía, e diante disso várias fontes foram sendo utilizadas para gerar eletricidade, principalmente os combustíveis fósseis, como carvão, petróleo, gás e energia nuclear. Dando continuidade ao uso desenfreado dos recursos.

Hofstaetter (2016) destaca que, após séculos sem pensar nos limites do planeta, somente a partir dos anos 1970, com a crise do petróleo, é que se começou os questionamentos acerca do suporte que a natureza podia oferecer e até quando. Ainda conforme a autora, em 1970 o Brasil já era referência mundial produzindo através de fontes renováveis, utilizando a hidroeletricidade e posteriormente se tornando pioneiro na produção de biocombustíveis.

Entretanto, mesmo sendo referência, a matriz energética brasileira precisava de mais diversificação. O impulso para isso veio em 2001, quando o país sofreu uma crise energética, que, segundo Pêgo Filho et al. (2001), foi o motivo para a criação de programas de incentivo a fontes limpas de energia. Uma das fontes beneficiadas com esse incentivo governamental foi a fonte eólica, que aos poucos foi sendo implementada no país.

A fonte eólica se popularizou no Brasil no início em 2009, ano em que o país contava com 601 MW de capacidade acumulada. Atualmente, em 2024, o Brasil conta com 32 GW de capacidade instalada em operação e em teste, 1.079 parques eólicos, e mais de 11.480 aerogeradores em funcionamento espalhados por 12 estados do país (ABEEólica, 2024).

A fonte eólica se mostra bastante promissora, o autor Terciote (2002) lista alguns benefícios como a não emissão de dióxido de carbono na atmosfera, sendo esse o gás que traz maiores consequências ao meio, a redução da dependência de combustíveis fósseis, a utilização de um recurso abundante e renovável para se gerar energia, a possibilidade de utilizar os espaços em outras atividades, o desenvolvimento da economia local, a não contribuição para as mudanças climáticas, uma vez que a emissão de poluentes é mínima, e a contribuição para a diversidade de suprimento de energia. Além de todos esses benefícios, o Brasil ainda conta com a vantagem de ter um potencial eólico altíssimo.

Contudo, mesmo apresentando ótimos benefícios, a fonte eólica apresenta também alguns aspectos negativos em sua geração. De acordo com Farias et al. (2020), a implementação dos parques eólicos ainda é um problema, tendo efeitos negativos na fauna e flora, na emissão de ruídos, na interferência eletromagnética, e impactando a paisagem local.

Hofstaetter (2016) chama atenção para o fato de que, mesmo sendo considerada uma fonte renovável e limpa, há impactos na instalação de parques eólicos, e que como a fonte eólica é considerada sustentável, a população e as administrações deixam de lado os questionamentos acerca da situação às quais os ecossistemas e as sociedades estão expostas a partir dos impactos causados.

Nesse contexto, procura-se compreender a energia eólica não apenas como uma inovação tecnológica voltada à geração de energia, mas como um processo

que envolve interações complexas entre sistemas técnicos, instituições, atores sociais e territórios. A expansão dessa tecnologia no Brasil evidencia que os processos de difusão tecnológica estão profundamente vinculados a dinâmicas sociais, econômicas e ambientais, produzindo tanto benefícios quanto externalidades para as comunidades locais.

Dessa forma, a análise das externalidades socioambientais e socioeconômicas associadas aos parques eólicos contribui para ampliar o debate interdisciplinar sobre as relações entre tecnologia, desenvolvimento e sociedade. Ao examinar os impactos da implantação dessa tecnologia em diferentes contextos territoriais, o estudo busca evidenciar como a adoção de tecnologias energéticas envolve não apenas questões técnicas e econômicas, mas também disputas por recursos, transformações sociais e desafios regulatórios, aspectos amplamente discutidos na literatura de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Assim, dada a importância e o potencial da energia eólica na matriz energética brasileira, esta pesquisa tem como objetivo analisar as externalidades negativas associadas à geração de energia eólica no Brasil. O artigo está estruturado em cinco seções, incluindo esta introdução. A próxima seção aborda o referencial teórico que fundamenta a pesquisa, uma discussão sobre as externalidades econômicas. Na terceira seção, são apresentados os dados sobre a geração de energia eólica no Brasil. A quarta seção examina os impactos socioambientais negativos da energia eólica, evidenciando como ela afeta comunidades e o meio ambiente e o que pode ser feito para evitar ou amenizar os efeitos dessas externalidades negativas. A última seção oferece as considerações finais.

EXTERNALIDADES ECONÔMICAS

O objetivo desta pesquisa é realizar uma análise abrangente das externalidades negativas associadas à geração de energia eólica no Brasil, considerando seus impactos ambientais, sociais e econômicos. Dessa forma, observa-se que a geração de energia eólica possui algumas externalidades negativas, sendo necessário conhecer a literatura que trata desse tipo de falha de mercado para um melhor entendimento das externalidades negativas que o setor de energia eólica apresenta no Brasil.

Em economia, existe um princípio que em um mercado livre e competitivo, as ações individuais dos agentes econômicos levam ao bem-estar para a sociedade como um todo, mesmo que esses agentes estejam agindo em busca de seus próprios interesses. Esse princípio na verdade é a denominada teoria da mão invisível de Adam Smith.

Segundo Smith, quando os indivíduos buscam maximizar seus próprios benefícios – seja aumentando seus lucros ou buscando melhores condições para si – eles acabam, através do sistema de preços e da concorrência, contribuindo para uma alocação eficiente dos recursos na sociedade. Na obra *A Riqueza das Nações*, Adam Smith ilustra a dinâmica do interesse próprio com o exemplo do padeiro, do cervejeiro e do açougueiro, explicando como o benefício coletivo não surge da benevolência desses profissionais, mas de sua busca por ganhos próprios. Conforme Smith (1776, p. 74),

“Não é da benevolência do açougueiro, do cervejeiro ou do padeiro que esperamos nosso jantar, mas da consideração que eles têm pelo seu próprio interesse. Não nos dirigimos à sua humanidade, mas ao seu amor-próprio, e nunca falamos de nossas próprias necessidades, mas das vantagens que eles podem obter”.

Dentro desta perspectiva, as empresas de energia eólica ao buscarem seus interesses, ou seja, o lucro, deveriam gerar o bem-estar coletivo de forma indireta. No entanto, em determinadas circunstâncias, o funcionamento do mercado não resulta em alocações eficientes ou desejáveis, caracterizando o fenômeno conhecido como falha de mercado. Assim, as falhas de mercado representam situações nas quais os mercados são incapazes de alcançar resultados ótimos para a sociedade ou para os agentes envolvidos, devido a obstáculos ou desequilíbrios específicos que comprometem o processo de alocação eficiente dos recursos.

Em outras palavras, as externalidades podem levar a uma falha de mercado, onde os recursos não são alocados de maneira eficiente. Isso ocorre porque os custos e benefícios sociais (aqueles que afetam a sociedade como um todo) diferem dos custos e benefícios privados (aqueles que afetam apenas os indivíduos diretamente envolvidos na transação). Desse modo, pode-se afirmar que o setor de energia eólica no Brasil pode ser caracterizado pela existência de uma falha de mercado, apresentando algumas externalidades negativas importantes.

O conceito de externalidades na economia se refere aos efeitos indiretos, positivos ou negativos, que a produção ou o consumo de bens e serviços impõe a terceiros que não estão diretamente envolvidos na transação econômica. Esses efeitos não são refletidos nos custos ou benefícios de mercado para os indivíduos ou empresas diretamente envolvidas, levando a uma alocação ineficiente de recursos. Em outras palavras, o livre mercado não funciona de forma eficiente (Cunha et al., 2024b).

Costa (2005) afirma que, esse fenômeno pode afetar consumidores, empresas ou até a combinação entre os dois agentes econômicos citados. Ao considerar a situação de uma externalidade negativa, *ceteris paribus*, é sempre desejável para os agentes passivos uma menor quantidade de externalidades. E quando as externalidades são positivas, o agente passivo sempre prefere uma maior quantidade.

Neto (2020), afirma que as externalidades podem ser definidas a partir de seus efeitos sobre o bem-estar dos agentes econômicos. De maneira direta, as externalidades são classificadas como positivas, quando uma pessoa ou empresa gera benefícios para outros que não são recompensados. São inúmeras situações que apresentam externalidades positivas. Desde o campo da saúde, da educação e da agricultura. Na saúde, é importante salientar o papel da vacinação, que não só protege o indivíduo vacinado, mas também reduz a propagação de doenças para outras pessoas. A teoria do capital humano trata dos efeitos positivos da educação sobre o aumento da produtividade, considerando que, *ceteris paribus*, mais anos de estudo implicam em maiores níveis de produtividade dos trabalhadores de determinado setor econômico, beneficiando toda a sociedade.

Por outro lado, se a atividade de um consumidor ou empresa impõe custos a outros que não são compensados, a externalidade é do tipo negativa. Como exemplos, é importante citar os efeitos da poluição do ar e das águas de um rio através das atividades de uma fábrica em determinada região; o ruído de um aeroporto impactando a qualidade de vida dos moradores próximos e o congestionamento de trânsito que aumenta o tempo de viagem e os custos de transporte para todos.

Neto (2020) apresenta uma discussão sobre o papel das externalidades negativas e a propagação das doenças contagiosas, como é o caso do Covid-19, onde os efeitos das transações podem afetar outras partes. Nessas situações, as transações e interações entre indivíduos geram efeitos que podem impactar negativamente terceiros, independentemente de sua participação direta nas transações. Por exemplo, uma pessoa que escolhe não se vacinar ou não seguir protocolos de saúde pode aumentar o risco de transmissão do vírus para outras pessoas na comunidade, inclusive aquelas que não têm contato direto com ela.

Esse tipo de externalidade negativa, resultam em custos adicionais para a sociedade, como aumento nas internações hospitalares e sobrecarga dos sistemas de saúde. Assim, essa situação exemplifica como o mercado pode falhar ao não contabilizar esses impactos indiretos, exigindo, muitas vezes, a intervenção de políticas públicas para mitigar os efeitos e assegurar um nível de bem-estar coletivo.

Costa (2005) também destaca os efeitos do crescimento econômico e o aumento das emissões de gás carbônico na atmosfera na medida em que o aquecimento global apresenta uma correlação positiva com a destruição da camada de ozônio, caracterizando como uma externalidade negativa. Ferreira e Brasil (2020) trataram de externalidades negativas ligadas aos danos ambientais. Para eles, as ações humanas estão ligadas diretamente com as mudanças climáticas, com enfermidades como o câncer e intoxicações que podem surgir de alimentos contaminados com agrotóxicos.

Nessa perspectiva da produção de alimentos, Watanabe e Schmidt (2008) afirmam que, a agricultura não serve apenas para o fornecimento de alimentos para determinados países e regiões, mas também é necessário internalizar as externalidades positivas desse setor. O respeito à natureza, a preservação de espécies em extinção, o cultivo sem agrotóxicos está entre algumas atitudes que podem transformar o território agrícola das cidades. Assim, trata-se do conceito de multifuncionalidade da agricultura.

Já Sartori e Gewehr (2011) analisam a relação entre crescimento econômico e meio ambiente, de modo que seus efeitos podem ser compreendidos a partir da análise das consequências das externalidades negativas. A junção de crescimento e desenvolvimento econômico fez com que a humanidade explorasse os recursos naturais de forma exponencial, resultando no esgotamento de bens naturais como, água potável, e algumas espécies de flora e fauna. Isso se deve ao fato de não considerar o princípio da escassez, o que pode ter contribuído seriamente para os níveis atuais de degradação da natureza.

No setor energético, as externalidades negativas são comuns e envolvem vários impactos ambientais, sociais e econômicos que não estão refletidos

diretamente no preço da energia, mas afetam a sociedade de maneira ampla. Por exemplo, após as instalações de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), que de acordo com Lima et al. (2019), podem causar alterações nos leitos dos rios, oscilação nos níveis de água, alteração nos fluxos de peixes, fluxo migratório de pessoas etc. A queima de combustíveis fósseis, como carvão e petróleo, para geração de eletricidade libera grandes quantidades de dióxido de carbono (CO₂) e outros gases de efeito estufa. Esses gases contribuem para o aquecimento global e a mudança climática, afetando ecossistemas, saúde pública e até economias locais. Algumas fontes de energia, como hidrelétricas, podem alterar ecossistemas locais. Hidrelétricas, por exemplo, afetam o fluxo dos rios, interferindo em habitats de espécies aquáticas. De maneira geral, as consequências das externalidades surgem sempre em atividades humanas, sejam no âmbito da atividade econômica, até na produção e distribuição de energia elétrica para a sociedade. Como visto acima, nos estudos considerados.

Todavia, segundo o Teorema de Coase, as externalidades existem principalmente devido à falta de definição clara de direitos de propriedade e à presença de custos de transação. Ou seja, externalidades surgem quando não há clareza sobre quem tem o direito de fazer uso de um recurso (como o ar limpo ou um rio não poluído) e quando os envolvidos não conseguem negociar livremente devido a altos custos de transação, como custos legais, de comunicação e de coordenação.

Quando os direitos de propriedade são mal definidos ou inexistentes, os agentes econômicos tendem a não levar em conta o impacto de suas ações sobre terceiros. Se, por outro lado, esses direitos fossem bem estabelecidos e os custos de transação fossem baixos ou inexistentes, as partes afetadas poderiam negociar entre si para internalizar os custos e benefícios da atividade, e as externalidades seriam reduzidas ou até eliminadas sem a necessidade da intervenção governamental.¹

Assim, o Teorema de Coase, proposto pelo economista Ronald Coase, sugere que, em um cenário de mercado onde os direitos de propriedade estão claramente definidos e as partes podem negociar sem custos de transação, é possível que os agentes envolvidos cheguem a uma solução eficiente para as externalidades, independentemente de quem possui esses direitos inicialmente. Em outras palavras, o teorema afirma que, desde que as partes possam negociar livremente e a custos baixos ou nulos, elas conseguirão internalizar as externalidades, resultando em um uso eficiente dos recursos.

Considere uma fábrica que gera poluição, afetando uma comunidade vizinha. De acordo com o Teorema de Coase, essa externalidade negativa pode ser internalizada de duas formas conforme a definição de quem possua o direito de propriedade. Primeiro, se a comunidade tem o direito ao ar limpo, a fábrica terá que compensar os moradores pela poluição se desejar continuar operando. As negociações entre a fábrica e os moradores podem resultar em um acordo onde a fábrica paga para continuar operando ou investe em tecnologias mais limpas. Segundo, se a fábrica tem o direito de poluir, os moradores poderiam decidir pagar a fábrica para reduzir ou interromper a poluição. Novamente, um acordo é alcançado entre as partes para equilibrar o custo e o benefício da atividade de poluição.

Em ambos os casos, a negociação leva a uma alocação eficiente dos recursos. O Teorema de Coase, portanto, mostra que o mercado pode corrigir suas próprias falhas, desde que as condições de negociação ideais estejam presentes. No entanto, na prática, muitas vezes surgem custos de transação elevados (como custos legais, dificuldades de coordenação, etc.), o que limita a aplicabilidade do teorema em cenários reais.²

Por outro lado, tem-se um princípio em economia que diz que os agentes econômicos respondem a incentivos, e, na ausência de estímulos para que uma empresa reduza ou elimine a poluição, é improvável que ela o faça voluntariamente. Frequentemente, esses estímulos são fornecidos pelo governo, que atua por meio de instrumentos como multas, regulamentações, sistemas de licenças de poluição e incentivos fiscais, entre outras políticas voltadas à mitigação da poluição e demais externalidades negativas. Dessa forma, o governo pode intervir para corrigir falhas de mercado e promover resultados mais eficientes e sustentáveis.

Assim, as soluções para as externalidades abrangem desde a implementação de tributos e concessão de subsídios até a regulamentação governamental de determinados setores. De acordo com a teoria econômica neoclássica, o governo intervém na economia para corrigir falhas de mercado identificadas, promovendo uma alocação mais eficiente de recursos. Entre as intervenções mais conhecidas, destaca-se a aplicação de impostos, subsídios e regulação como mecanismos de correção.

Um exemplo é o imposto Pigouviano, utilizado para internalizar os custos das externalidades negativas. Por meio dele, os governos podem tributar atividades econômicas poluentes, induzindo empresas e agentes a considerar os custos sociais de suas ações, com o objetivo de reduzir os impactos ambientais adversos. O governo também pode estabelecer normas e regulamentações que limitam atividades prejudiciais, como limites de emissão para poluentes.³

No caso do subsídio, as externalidades negativas podem ser evitadas através de um subsídio para energia limpa, como aquele oferecido para a produção e consumo de fontes renováveis de energia, incluindo eólica, solar e biomassa. Ao subsidiar essas fontes, o governo incentiva a produção e o uso de energia que emite menos gases de efeito estufa, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e, assim, as emissões de carbono e outros poluentes atmosféricos. Esse tipo de subsídio ajuda a corrigir a externalidade negativa associada à poluição ambiental e promove uma transição para uma matriz energética mais sustentável.⁴

Uma forma de regulação para corrigir externalidades negativas é a criação de padrões de emissão para indústrias poluentes. Essas regulamentações definem limites máximos para a emissão de poluentes no ar, água ou solo, visando reduzir o impacto ambiental das atividades industriais. No setor automobilístico, por exemplo, leis que obrigam a instalação de catalisadores nos veículos para reduzir a emissão de gases nocivos à atmosfera ajudam a minimizar a poluição do ar, melhorando a qualidade ambiental e a saúde pública.

Além da intervenção governamental para a correção das falhas de mercado, é possível aplicar algumas soluções de mercado. Duas situações podem ser

aplicadas. A primeira é executada dentro de um novo mercado (Mercado de Permissões Negociáveis). A estratégia seria criar um mercado para direitos de poluição, onde as empresas podem comprar e vender permissões para emitir uma quantidade específica de poluentes. Isso cria um incentivo para reduzir a poluição de maneira custo-efetiva. Dessa forma, por meio do que ficou conhecido como Sistema de cap and trade, as empresas que estão emitindo gases abaixo do mínimo, podem vender suas licenças para outras empresas que estão emitindo acima do permitido, criando um mercado que incentiva a redução das emissões.⁵

A segunda solução de mercado permite a criação de acordos voluntários. Funciona com incentivos para empresas e indivíduos para adotarem práticas sustentáveis através de acordos voluntários e iniciativas de responsabilidade social corporativa. Para Varela (2005), as autoridades públicas podem formar grupos e mesas de negociação para em comum acordo, encontrar a política ambiental ótima. Importante destacar a importância da regulação exercida de forma correta e com o monitoramento correto para superar problemas com corrupção, o que pode requerer a coordenação do estado.

Assim, as externalidades são uma parte fundamental do estudo econômico, destacando como as ações individuais podem ter amplos impactos sociais e econômicos. A intervenção governamental, a criação de mercados para direitos de emissão e a negociação entre partes interessadas são algumas das maneiras de lidar com esses efeitos indiretos, buscando uma alocação mais eficiente e justa dos recursos. Compreender e abordar as causas e consequências das externalidades é essencial para melhorar a eficiência do mercado energético e promover o bem-estar social. Assim, este estudo tem como objetivo identificar as externalidades negativas associadas à geração de energia eólica, a fim de subsidiar a busca de soluções tanto por parte dos agentes privados quanto do Estado, visando a uma transição energética efetivamente limpa e com o menor impacto social possível no Brasil. Contudo, antes de apresentar tais externalidades, faz-se necessário examinar o desenvolvimento e a expansão da geração de energia eólica no país.

A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

O Brasil é amplamente reconhecido como um local propício para a geração de energia limpa, em virtude de seu vasto volume de recursos hídricos, extensa área territorial, condições favoráveis de velocidade dos ventos, entre outros fatores. Especificamente no que tange à energia eólica, que utiliza o vento como recurso primário, o país tem se destacado significativamente. A energia eólica tem se mostrado crucial para a segurança energética nacional e vem experimentando um crescimento exponencial ao longo dos anos. De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, o Brasil possui aproximadamente 143 GW de potencial eólico.

Segundo Pinto e Santos (2019), já na década de 1970 o Brasil se tornou alvo de estudos envolvendo a energia eólica, quando entre 1976 e 1977 foi colhido dados anemométricos indicando a direção, velocidade e constância dos ventos. Os resultados desse estudo, realizados em aeroportos brasileiros, indicaram a possibilidade de uma promissora geração de energia eólica no litoral do Nordeste e no arquipélago de Fernando de Noronha. Em 1992 o arquipélago foi palco da instalação da primeira turbina do país, sendo também pioneira em operação comercial na América do Sul.

Mesmo tendo resultados favoráveis na década de 1970, a administração só demonstrou real interesse pela eólica em 2001, quando o Brasil sofreu uma grande crise energética, com apagões em diversas cidades do país. Com a exposição da situação energética brasileira, o governo precisou se movimentar, investindo em programas que incentivassem fontes limpas de energia.⁶

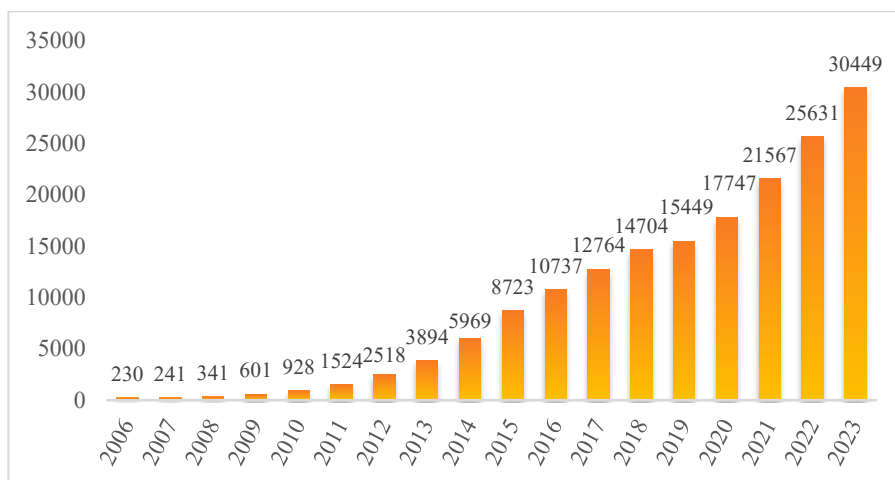
Conforme Alves (2010), em 2001 o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA foi criado, com objetivo de incentivar o avanço da produção de energia através da eólica e promover o aproveitamento da fonte no desenvolvimento energético, econômico, social e ambiental. No entanto, principalmente pela falta de recursos necessários para a geração, o PROEÓLICA não se mostrou eficaz na ampliação de novos projetos eólicos. Apesar de nenhum parque eólico ter entrado em operação, o PROEÓLICA contribuiu com a entrada de diversas empresas internacionais no mercado brasileiro. Em 2002 o PROEÓLICA foi substituído pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – PROINFA.

O PROINFA foi criado em 2002, sendo responsável por promover o crescimento de fontes como eólica, pequenas centrais de hidroelétricas e biomassa. O objetivo do programa, que segue ativo até os dias atuais, é diversificar a matriz energética nacional com fontes limpas de energia, promover segurança para a sociedade, criar empregos e reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Alves (2010) apresenta o PROINFA como um instrumento de complementaridade à energia hidráulica, uma vez que, na região Nordeste, a energia que servirá como complemento é a eólica, já que os períodos de chuvas e ventos são inversamente proporcionais, e nas regiões Sul e Sudeste é a biomassa, onde as colheitas e as chuvas também acontecem em períodos diferentes.

Além dos programas de incentivo para produção de energia eólica, foi definido pela Lei nº 10.848/2004 que a contratação de energia elétrica deveria ser realizada através de leilões públicos. Para isso, segundo Salino (2011), novos agentes constitucionais foram criados, entre eles a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que tem como objetivo mediar, regulamentar e fiscalizar o Sistema Elétrico, e a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica – CCEE, que objetiva administrar a contratação de energia e realizar os leilões com a autorização da ANEEL.

De acordo com esse modelo de mercado, os interessados determinam seus negócios no Ambiente de Contratação Regulado (ACR) ou no Ambiente de Contratação Livre (ACL), que, segundo Correia et al. (2006), no ACR o objetivo é suprir a demanda de energia das distribuidoras para depois chegar aos consumidores, e no ACL o objetivo é o negócio direto entre geradores e consumidores. Civitarese (2022) faz uma comparação entre o desenvolvimento da eólica com e sem a participação dos leilões, e pôde concluir que com a participação houve um desenvolvimento três vezes mais rápido na produtividade eólica, trazendo diversificação e segurança para a matriz energética.

Gráfico 1 – Evolução da Capacidade Instalada: Eólica no Brasil (MW), 2006-2023



Source: ABEEólica, 2024.

No gráfico 1 é possível observar os dados fornecidos pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) acerca da evolução que a fonte vem tendo ao longo dos anos no país. É notório um crescimento significativo a partir de 2009, quando a capacidade dobra em relação ao ano anterior.

O Brasil entrou no top 10 dos países com maior capacidade eólica instalada em 2015. Em 2017, com 12,7 GW, o Brasil passou a ocupar o 8º lugar. Chegou no 7º lugar em 2019, quando acumulava um total de 15,4 GW. Em 2021 se firmou como a segunda maior fonte da matriz elétrica brasileira, reunindo 21,5 GW, passando a ocupar o 6º lugar no ranking. Posição em que se encontra atualmente, em 2024, com 32 GW de capacidade instalada em operação e em teste (ABEEólica, 2024).

Todavia, nos últimos anos, a literatura tem destacado que a expansão das tecnologias de energia renovável deve ser analisada a partir de uma perspectiva socio-técnica, na qual os sistemas energéticos são compreendidos como resultado da interação entre tecnologias, instituições, políticas públicas e atores sociais. Estudos recentes indicam que a transição energética envolve transformações não apenas tecnológicas, mas também sociais e institucionais, caracterizando processos complexos de mudança nos sistemas energéticos (ALKEMADE et al., 2024).

Nesse cenário, a literatura de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) tem enfatizado que a implementação de tecnologias energéticas, como a energia eólica, produz efeitos que vão além da esfera técnica, influenciando dinâmicas territoriais, relações sociais e percepções públicas sobre os empreendimentos. Pesquisas recentes apontam que fatores sociais, como aceitação pública, impactos paisagísticos e percepções das comunidades locais, desempenham papel central na implantação de parques eólicos e devem ser considerados no planejamento e na governança desses projetos (KIRKEGAARD et al., 2023; BUCHMAYR et al., 2022).

Além disso, estudos mais recentes destacam que a expansão da energia eólica também levanta desafios relacionados à sustentabilidade social, à justiça energética e à participação das comunidades nos processos decisórios, reforçando a necessidade de abordagens interdisciplinares que integrem dimensões

tecnológicas, ambientais e sociais no debate sobre a transição energética (KIRKEGAARD et al., 2023; KIRKEGAARD et al., 2025).

A energia proveniente dos ventos é vantajosa quanto ao seu objetivo de gerar energia de forma limpa e a não emissão de gases de efeito estufa. Entretanto, a fonte apresenta algumas dificuldades quanto a sua instalação e operação para a sociedade. É comum, no momento da instalação dos parques eólicos, a sociedade enfrentar problemas como o desmatamento da área escolhida, o afugentamento e atropelamento de animais que ocupam aquela região, a destruição dos habitats desses animais, a erosão e alteração do solo, a emissão temporária de poluentes (ocasionada pelos veículos e equipamentos usados na instalação), a grande movimentação de veículos, que causa perturbação na população e na fauna, entre outros efeitos.

Já no momento de operação do parque, frequentemente é enfrentado questões como a poluição sonora para a população próxima quando não é respeitado a distanciamento correto, a alteração na paisagem local, a interferência eletromagnética causada pelo campo magnético que é gerado, o problema em relação as aves e morcegos, que têm dificuldade em visualizar as pás e acabam colidindo, entre outros efeitos. Na próxima seção, essas externalidades negativas ocasionadas pela geração de energia eólica serão analisadas de forma mais abrangente.

A ENERGIA EÓLICA E SUAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS

As mudanças climáticas derivadas do mal uso dos recursos naturais deixaram de ser uma preocupação futura para se tornar realidade, atingindo a geração atual, que necessita com urgência entender e praticar a sustentabilidade.

A ideia de impacto ambiental veio se atualizando com o passar dos anos, primeiro foi relacionado a contaminação, logo esse termo cabia em situações envolvendo animais, vegetação e ecossistemas, e na atualidade se pode definir como a alteração significativa dos sistemas naturais transformados em recursos, sendo o impacto uma alteração causada pela ação humana de parte ou totalidade do ambiente.⁷

Dessa forma, o meio ambiente e a população mundial vêm sofrendo grandes impactos em decorrência do consumo desenfreado do próprio ser humano⁸, extraindo recursos que a natureza não tem condições de repor com tanta rapidez.

De acordo com Farias et al. (2020), o modelo capitalista é o grande impulsionador do uso excessivo de recursos naturais no mundo. Os autores ressaltam que a junção do grande consumo com o crescimento populacional requer sempre mais dos recursos, deixando mais intensos os impactos no meio ambiente. Em razão da retirada dos materiais ocorrer com mais frequência do que a natureza pode repor, a qualidade de vida da população mundial anda cada vez mais comprometida.

A partir da perspectiva da literatura de Ciência, Tecnologia e Sociedade, esses resultados indicam que a expansão da energia eólica deve ser compreendida como um processo sociotécnico, no qual tecnologias, instituições, atores sociais e territórios interagem de maneira complexa. A implantação dessa tecnologia não

envolve apenas decisões técnicas relacionadas à geração de energia, mas também processos de negociação, disputas por recursos e redefinições das relações sociais e econômicas nas regiões afetadas. Dessa forma, a análise das externalidades associadas à energia eólica evidencia que a difusão de tecnologias energéticas está profundamente vinculada às dinâmicas sociais e institucionais que moldam seu desenvolvimento e implementação.

A energia eólica não é uma exceção, embora seja considerada uma fonte limpa, sua geração pode produzir algumas externalidades negativas sobre a comunidade e o meio ambiente, como: impacto na fauna; supressão da flora; modificação das paisagens naturais; degradação do solo; desmatamento; poluição sonora; interferência eletromagnética; problemas no arrendamento de terras; e especulação imobiliária.

Fauna e flora

No momento da construção dos parques eólicos, os animais do local tendem a abandonar seus habitats, isso acontece principalmente devido ao barulho do maquinário na criação de vias de acesso. Conforme Filho e Azevedo (2013), os impactos recorrentes na flora podem ser identificados com a supressão da vegetação, a remoção de terra, e a compactação do terreno com maquinário.

Lima (2020) expressa preocupação em relação aos pássaros, que devido à dificuldade para visualizar as estruturas e os aerogeradores, acabam colidindo. A autora faz uma observação também para a fauna terrestre, onde, segundo dados de sua pesquisa, vários tatus e cobras foram mortos na construção de estradas feitas para facilitar a passagem de caminhões no período de implantação do parque. Os autores Filho e Azevedo (2013) destacam que a fauna terrestre pode ter seus habitats atingidos pelo aumento da agitação no local e ruídos na fase de implantação. Esses animais são afugentados de suas localidades, correndo o risco de possíveis atropelamentos nas rodovias.

Gerar energia através de turbinas eólicas também é uma grande ameaça aos morcegos, que sofrem tanto o risco de colisão quanto o de ter hemorragia interna somente por passar próximo as torres. Isso acontece em decorrência da queda da pressão atmosférica devido a rotação das turbinas, fazendo com que seus pulmões delicados sofram uma expansão repentina. As aves não possuem o mesmo problema graças ao seu sistema respiratório mais desenvolvido.

A autora Alberts (2023) cita em seu trabalho algumas formas de mitigar esse impacto, como: pintar as pás na tentativa de melhorar a visualização; planejar a localização do parque fora das rotas migratórias dos pássaros; e o monitoramento das áreas. O ato de vigiar o espaço e desligar as turbinas com a aproximação de pássaros, tem sido bastante eficaz para alguns programas, de acordo com a autora.

Os autores Pinhas et al. (2023) apresentam outra forma de reduzir esse impacto, que é a utilização de modelos de aerogeradores sem hélices. A estrutura é composta por um mastro vertical, que pode variar de tamanho dependendo do modelo, e faz uso de um sistema de rotação magnético para produzir eletricidade. Essa tecnologia funciona devido as oscilações causadas pelo vento na estrutura, que absorve a energia mecânica e converte em energia elétrica. Realizando a

instalação desse modelo de aerogerador, além de eliminar os efeitos negativos na vida avifauna, reduz quase que completamente os ruídos provocados.

É fundamental ressaltar que a restauração e o apoio a programas de incentivo à recuperação de vegetação ou habitats degradados são medidas essenciais. Essas ações atuam como uma forma de compensação pelos danos causados àquela área e às populações afetadas, contribuindo para a mitigação dos impactos ambientais e a preservação da biodiversidade.

Paisagens naturais

Os impactos sobre as paisagens naturais englobam uma variedade de efeitos que modificam as áreas dos parques eólicos. Esses efeitos podem ser compreendidos como: a alteração visual das áreas, a demolição de dunas locais, a necessidade de soterrar as lagoas que se formam entre elas, o desmatamento da área, e as mudanças nos trajetos turísticos.

Segundo autores como Terciote (2002), Carvalho et al. (2016), Soares (2022) e Sousa e Silva (2023), é difícil quantificar o impacto visual uma vez que ele é muito subjetivo, pois enquanto muitas pessoas veem as turbinas como símbolo de energia limpa, outras possuem uma opinião contrária e reagem negativamente à implantação. De acordo com dados da pesquisa realizada por Soares (2022), o impacto visual foi classificado como “grau baixo”, por não agredir diretamente o meio ambiente, mas impactos como soterramento de lagoas interdunares, soterramento das dunas, soterramento da vegetação e o desmatamento, foram impactos ditos como “impactos de grau alto”.

De acordo com Costa et al. (2019), a degradação das áreas se dá pelo desmatamento e a terraplanagem, tanto no período da construção das estradas de acesso, quanto na construção da base da torre. Isso pode acarretar na destruição de locais preservados. Moura-Fé e Pinheiro (2013) chamam atenção para a real importância da alteração paisagística, que se dá pela conservação natural das regiões, que muitas vezes são fundamentais para o turismo local.

Sabendo da existência dos impactos e pensando na mitigação deles, algumas medidas podem ser implementadas nos projetos de parques eólicos, como: a realização de um estudo prévio do local; a criação de projetos com cores que se adaptam as características do ambiente, buscando minimizar o impacto visual; a oferta de uma educação ambiental à população local, se apegando a esperança de uma boa aceitação das alterações causadas, dentre outras medidas que podem ser tomada para amenizar essa externalidade.

Poluição sonora

O ruído proveniente da geração de energia eólica é um dos impactos que mais foram debatidos ao longo dos anos, gerando um atraso na disseminação da fonte. Durante seu funcionamento, as turbinas eólicas emitem ruídos que podem ser classificados como: ruído mecânico, produzido pelas caixas de engrenagens, e ruído aerodinâmico, gerado na interação das lâminas com o ar. Segundo Gomes e

Alva (2016), sendo exposto ao ruído a longo prazo, é provável que o ser humano tenha sua saúde afetada, podendo atingir o sistema nervoso, digestivo, endócrino, respiratório, alterações psicológicas e psiquiátricas.

É possível medir o barulho provocado pela turbina, mas assim como a mudança visual da paisagem, o incômodo que as pessoas sentem é subjetivo e depende de vários fatores para ser definido. Azevedo et al. (2017) argumenta que o nível de ruído está associado ao número de turbinas em operação no parque e a distância entre as turbinas e a população.

Segundo Cunha et al. (2022), graças as novas tecnologias, os aerogeradores modernos praticamente eliminaram o ruído mecânico, usando o sistema de isolamento acústico e manutenção dos componentes. A respeito do ruído aerodinâmico, os autores Marinho et al. (2023) citam que com a redução da espessura das pás e o ajuste da posição da estrutura, é possível reduzi-lo.

Diante do impacto exposto, medidas mitigadoras devem ser tomadas durante o planejamento, construção e funcionamento dos parques, como: a instalação em áreas com distâncias adequadas; a utilização de tecnologia avançada, com pás otimizadas para diminuir o ruído aerodinâmico; monitoramento frequente da emissão de ruídos nas proximidades; manutenção regular e o investimento em pesquisas, visando desenvolver turbinas mais silenciosas.

Interferência eletromagnética

O funcionamento dos parques eólicos gera um campo eletromagnético, produzido pela torre, a rotação das pás e o gerador. Esse campo pode provocar interferência nos meios de comunicação e transferência de dados, podendo atingir televisão, rádio, sistemas de transmissão por micro-ondas, celular e radar.

As pás modernas, feitas de materiais sintéticos, possuem impacto mínimo na interferência eletromagnética. Em relação ao sistema elétrico, a interferência pode ser eliminada com isolamento correto na nacele e manutenção frequente. O impacto em radiocomunicação móvel e sinais de TV tem sido minimizado, graças ao novo modelo de pás. Contudo, os parques eólicos que são instalados muito próximos das residências, demonstram uma dificuldade maior na tentativa de eliminar esse impacto (Pinto, 2017).

Segundo Chaves (2023), com o intuito de mitigar os impactos na conectividade e comunicação, se faz necessário analisar o local da instalação das turbinas e da configuração das infraestruturas de comunicação.

Desequilíbrio contratual no arrendamento da terra

No Brasil é possível adquirir uma propriedade para gerar energia através da eólica de duas maneiras, (I) quando a empresa compra o local depois de analisar o potencial eólico dele, e (II) por meio de contrato de arrendamento fundiário, que consiste em um acordo onde o proprietário cede o uso da terra por um determinado tempo, e em troca a empresa realiza um pagamento periódico. A segunda opção é a que predomina (Traldi, 2021).

Segundo Traldi (2018), o contrato entre empresa e proprietário é feito de forma bilateral, colocando os interesses de ambas as partes em jogo, e regido pelas normas do direito privado, onde não há interferência da ANEEL ou do Estado brasileiro. Contudo, eventualmente, pode acontecer um desequilíbrio no contrato de arrendamento da terra, se caracterizando como uma externalidade negativa. Isso acontece quando uma das partes se encontra prejudicada em relação a outra, sendo geralmente o proprietário do terreno que recebe a compensação inadequada.

De acordo com Traldi (2019), as empresas veem as terras como um suporte para a tecnologia que gera eletricidade através dos ventos, se apropriando não só do terreno, mas do recurso natural (o vento), e da mão de obra dos agricultores. Em troca, os arrendadores recebem um aluguel que, ou deveria estar vinculado à renda gerada pela empresa com a venda da eletricidade, ou ao valor imposto pelo proprietário, mas muitas vezes os recebidos não refletem de forma transparente e justa a renda da empresa obtida do comércio de eletricidade.

Os autores Maia et al. (2024) destacam que o aluguel recebido pelos proprietários é muito baixo em relação ao lucro das empresas, dos contratos analisados pelos autores, o aluguel não ultrapassava 1,85% da receita, em muitos casos variando de R\$ 500 a R\$ 3.000. Isso quer dizer que os proprietários dos terrenos exercem pouca influência na determinação dos valores dos aluguéis, sendo determinados pela empresa e não diretamente pela receita obtida por ela na venda da eletricidade.

Traldi (2019) faz uma observação dos contratos analisados por ela, onde, segundo a autora, contratos envolvendo grandes proprietários de terrenos tende a ter um maior equilíbrio contratual entre as partes, ou seja, o dono tende a ter mais voz dentro do contrato. Isso porque, provavelmente, teve acesso a uma assessoria jurídica, já possuía algum conhecimento de como funcionam os contratos de arrendamento, ou porque compreende que tem poder para impor algumas regras no momento da negociação. Em relação aos pequenos proprietários, a autora afirma que a relação contratual tende ao desequilíbrio, deixando o proprietário em uma posição de fragilidade e submissão, tendo em vista que eles não possuem conhecimento formal e prático do funcionamento dos contratos de arrendamento.

Além disso, de acordo com Traldi e Rodrigues (2023), os contratos de arrendamento para a geração eólica apresentam um significativo desequilíbrio contratual em desfavor dos proprietários dos terrenos. Esse desequilíbrio é evidenciado pelos longos prazos e pelas multas estipuladas de forma unilateral, beneficiando exclusivamente as empresas responsáveis pelos parques eólicos. Os proprietários dos terrenos, além de não terem a possibilidade de negociar os valores das multas e a duração dos arrendamentos, são impedidos de discutir coletivamente a remuneração pelo uso de suas propriedades devido à imposição de cláusulas de confidencialidade.

A autora Hofstaetter (2016) aborda outra preocupação relacionada ao agricultor familiar que arrenda sua terra para produção eólica, que é o risco de perder sua futura aposentadoria como segurado especial do INSS. Essa condição dá ao trabalhador rural direito a aposentadoria e benefícios previdenciários, desde que o mesmo comprove que sua renda provém de atividades agrícolas. Ao

arrendar a terra, a renda do agricultor pode passar a ser proveniente também desse arrendamento, e com isso corre o risco de perder os benefícios.

Traldi (2019) apresenta algumas formas de mitigar esse impacto, que afeta principalmente os proprietários das terras, sendo elas: a necessidade de revisar as leis e regulações existentes, para que os proprietários tenham suas desvantagens reconhecidas e seus direitos protegidos; a exigência da transparência no momento das negociações contratuais, onde as empresas precisam fornecer aos arrendadores informações claras a respeito dos impactos que esses moradores irão sofrer; e o fornecimento de uma assessoria jurídica para o proprietário, para que ele tenha ciência e compreenda completa e inteiramente os termos do contrato que está assinando.

Especulação imobiliária

A implementação de parques eólicos em pequenos municípios traz uma mudança significativa nas atividades locais, isso porque a cidade passa a ter um fluxo maior de pessoas, sendo geralmente pessoas desconhecidas vindas de fora da comunidade. Devido ao grande número de pessoas que chegam à cidade em busca de moradia, a especulação imobiliária, caracterizada pela valorização ou desvalorização de terras, frequentemente acontece.

Conforme Klingler et al. (2024), o grande potencial do Brasil, principalmente na região Nordeste, atrai investimentos significativos de empresas que buscam desenvolver parques eólicos e solares. No entanto, os autores argumentam que, junto ao desenvolvimento, surgem os processos de especulação imobiliária, e que, muitas vezes, é às custas da população local que os investidores adquirem as terras.

Os especuladores aproveitam momentos de desvalorização de uma região para adquirir imóveis/terras na esperança do mercado se reestabelecer, para que assim possam elevar o valor. A implementação de um parque eólico é o momento ideal para os especuladores, que costumam elevar os valores dos aluguéis ou construir imóveis para alugar em terrenos que adquiriram quando o valor estava baixo no mercado.

Em seu trabalho, Araújo (2016) destaca a resistência das comunidades frente à especulação imobiliária, citando o exemplo do assentamento “Acampamento Nossa Terra” localizado no município de Itapipoca – CE, criado pelos próprios moradores como forma de luta contra os empresários que desejam se apropriar das terras por interesses privados. Conforme Souza e Santos (2024) e Farias (2025), comunidades como estas, através de movimentos sociais, se mobilizam para garantir que suas terras não sejam tomadas, para proteger suas famílias, e preservar seu modo de viver.

Já Ferreira (2019) destaca os principais conflitos socioambientais que ocorrem no litoral do Nordeste brasileiro, sendo dois deles a especulação imobiliária e a eólica. De acordo Nóbrega et al. (2025) e Carvalho e Neto (2025), esses conflitos resultam em impactos sociais como impedimento de acesso à área de pesca e lazer das comunidades, ameaças de expulsão e remanejamento de famílias de seu território, privatização de terras públicas, entre outros. Apesar de

ser caracterizada como um dos principais conflitos, a especulação imobiliária ainda é um tema pouco debatido em trabalhos acadêmicos e menos ainda em sociedade. É importante ampliar os debates com relação a essa problemática, pensando em políticas que promovam a segurança de comunidades próximas a parques eólicos.

Assim, de um modo geral, os resultados do estudo sugerem que a expansão da energia eólica no Brasil, embora represente um avanço importante na diversificação da matriz energética e na promoção de fontes renováveis, também demanda maior atenção às dimensões sociais e ambientais associadas à implantação desses empreendimentos. A incorporação dessas questões no planejamento energético e nas políticas públicas torna-se fundamental para garantir que os benefícios da transição energética sejam distribuídos de forma mais equilibrada entre os diferentes atores sociais envolvidos.

Considerações finais

A expansão da energia eólica no Brasil tem desempenhado um papel relevante na diversificação da matriz energética e no avanço da transição para fontes renováveis de energia. O país apresenta condições naturais favoráveis para a geração eólica, especialmente na região Nordeste, o que explica o crescimento expressivo da capacidade instalada nas últimas décadas.

Entretanto, os resultados deste estudo indicam que, apesar de seus benefícios ambientais e energéticos, a expansão da energia eólica também está associada a importantes externalidades negativas. Entre os principais achados da pesquisa, destacam-se os impactos socioambientais relacionados à alteração da fauna e da flora, à modificação das paisagens naturais, à poluição sonora e à interferência eletromagnética decorrente da operação dos aerogeradores. Além desses aspectos ambientais, o estudo identificou externalidades socioeconômicas relevantes, como desequilíbrios contratuais nos arrendamentos de terras e processos de especulação imobiliária em municípios que recebem parques eólicos.

Outro resultado importante evidenciado pela pesquisa é que tais externalidades indicam a presença de falhas de mercado no setor, uma vez que parte dos custos sociais da produção de energia eólica não é plenamente internalizada pelos agentes econômicos envolvidos. Nesse contexto, torna-se fundamental a adoção de mecanismos institucionais e políticas públicas capazes de mitigar esses impactos, promovendo maior equilíbrio nas relações contratuais e maior proteção às comunidades locais.

Dessa forma, conclui-se que, embora a energia eólica represente uma alternativa estratégica para a transição energética e para a redução das emissões de gases de efeito estufa, sua expansão deve ser acompanhada por instrumentos regulatórios, planejamento territorial e políticas de mitigação que garantam uma transição energética socialmente justa e ambientalmente sustentável.

The Expansion of Wind Energy and Socio-Environmental Conflicts in Brazil

ABSTRACT

The expansion of wind energy has been increasingly recognized as a strategic alternative for diversifying the energy matrix and reducing emissions associated with fossil fuels. However, despite its environmental benefits, this energy source may also generate negative externalities. This study aims to analyze the socio-environmental and socioeconomic externalities associated with wind power generation in Brazil. Methodologically, the research adopts a qualitative bibliographic approach, based on the literature on environmental economics, externalities, and the impacts of wind energy generation. The results indicate that, although Brazil has a high wind potential and has experienced significant growth in installed capacity, the expansion of this energy source has generated relevant impacts, including effects on fauna and flora, changes in natural landscapes, noise pollution, electromagnetic interference, imbalances in land leasing contracts, and real estate speculation in municipalities hosting wind farms. The study concludes that, although wind energy contributes to the energy transition and to the diversification of the electricity matrix, it also produces negative externalities that require stronger regulation, greater transparency in contractual relations, and public policies aimed at mitigating socio-environmental impacts on affected communities.

KEYWORDS: Visual impact. Public health. Wind fauna. Renewable energy.

NOTAS

¹ Vide Salles e Matias (2022).

² Soares, Silva e Torrezan (2015) citam, por exemplo, que para uma empresa obter sucesso em determinado mercado é necessário que o valor de produção seja maior que o custo da transação. E com a soma dos custos de transação com os custos administrativos, o resultado pode ser um cenário com grandes custos de transação.

³ Pires (2005) exemplifica esse caso realizando um panorama dos instrumentos de gestão da poluição do ar da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ). E buscou propostas para o planejamento do ambiente atmosférico dessa região.

⁴ De maneira similar, subsídios podem ser direcionados para atividades que promovem externalidades positivas, como educação ou pesquisa e desenvolvimento. Conforme analisado por Filho e Pessoa (2010), os impactos da educação sobre a economia são significativos. Em consonância com a Teoria do Capital Humano, a educação proporciona retornos microeconômicos ao aumentar os salários individuais. No âmbito das políticas educacionais, aprimorar a eficiência do sistema educacional pode gerar efeitos benéficos nos níveis subsequentes de escolaridade, promovendo o desenvolvimento econômico e social ao longo do tempo.

⁵ Vide Godoy e Saes (2015).

⁶ Vide Lima et al. (2024) e Cunha et al. (2024).

⁷ Moura-Fé; Pinheiro (2013).

⁸ Vide Furtado (1974).

REFERÊNCIAS

- ALBERTS, E. C., What's black and white and spins? Wind turbines that don't kill birds. Mongabay, 2023. Disponível em: <https://news.mongabay.com/2023/03/whats-black-and-white-and-spins-wind-turbines-that-dont-kill-birds/>.
- ALKEMADE, F., DE BRUIN, B., EL-FEIAZ, A., PASIMENI, F., NIAMIR, L., & WADE, R. (2024). Social tipping dynamics in the energy system. **Earth System Dynamics**, 15(2), 485-500.
- ALVES, J. J. A. (2010). Análise regional da energia eólica no Brasil. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, 6(1).
- ARAÚJO, J. C. H. (2016). Entre expropriações e resistências: a implementação de parques eólicos na zona costeira do Ceará, Brasil. **Cadernos do CEAS: Revista crítica de humanidades**, (237), 327-346.
- Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). Disponível em: <https://abeeolica.org.br/> Acesso em: 21 de junho de 2024.
- AZEVEDO, J. P. M. de, DO NASCIMENTO, R. S., & Schram, I. B. (2017). Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. **Revista Uningá**, 51(1).
- BALBINOTTO NETO, G. Externalidades, economia da prevenção e pandemias. Análise: conjuntura nacional e Coronavírus. FCE/UFRGS. Porto Alegre. 12 maio 2020, 2020.
- BAYER, N. M. et al. O transbordamento das boas práticas educacionais na Educação Fundamental do Brasil. **Anais do VII ALCADECA**, 2019, Brasil., 2019.
- BUCHMAYR, A., VERHOFSTADT, E., VAN OOTEGEM, L., THOMASSEN, G., TAELEMAN, S. E., & DEWULF, J. (2022). Exploring the global and local social sustainability of wind energy technologies: An application of a social impact assessment framework. **Applied Energy**, 312, 118808.
- CARVALHO, F. A., & NETO, E. M. D. F. L. (2025). Energia eólica no Semiárido Baiano: percepção dos impactos socioambientais dos moradores de Gentio do Ouro. **Revista Ouricuri**, 15(1), 03-28.
- CARVALHO, I. M. L., RUZENE, D. S., & SILVA, D. P. (2016). Análise dos impactos da energia eólica. **Anais do VIII SIMPROD**.
- CARVALHO, PM de et al. Energia eólica. (2003). Fortaleza, imprensa Universitária.
- CIVITARESE, C. H. Avaliação de impacto do leilão específico para contratação de energia eólica: uma análise utilizando método de controle sintético. **Brazilian Journal of Business**, v. 4, n. 2, p. 689-708, 2022.
- CORREIA, T. B.; MELO, E.; DA COSTA, A. Análise e avaliação teórica dos leilões de compra de energia elétrica proveniente de empreendimentos existentes no Brasil. **Revista Economia**, v. 7, n. 3, p. 98-119, 2006.

COSTA, M. A. D. S., COSTA, M. D. S., COSTA, M. M. D. S., & LIRA, M. A. T. (2019). Impactos socioeconômicos, ambientais e tecnológicos causados pela instalação dos parques eólicos no Ceará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 34, 399-411.

COSTA, S. S. T. Introdução à economia do meio ambiente. **Análise—Revista de Administração da PUCRS**, v. 16, n. 2, 2005.

CUNHA, A. L. X., DOS SANTOS GOMES, A., DE MENEZES, G. C., DE ANDRADE LIMA, K. P. B., DA SILVA, D. D. E., DE HOLANDA, R. M., ... & NETO, J. D. (2022). Análise dos impactos ambientais causados pela implantação de parques eólicos no Seridó Paraibano. *Research, Society and Development*, 11(16), e70111638050-e70111638050.

CUNHA, G. S.; DA SILVA, J. A.; SILVA, W. G. Desenvolvimento Sustentável e a Energia Eólica no Brasil. **Revista de Economia Mackenzie**, v. 21, n. 1, p. 183-210, 2024.

CUNHA, G. S.; DA SILVA, J. A.; SILVA, W. G. Os efeitos adversos da energia eólica no Brasil: Uma perspectiva crítica. **Princípios**, v. 43, n. 170, p. 136-155, 2024b.

DE HOLANDA BARBOSA FILHO, F.; DE ABREU PESSÔA, S. Educação e crescimento: o que a evidência empírica e teórica mostra? **Revista Economia**, v. 11, n. 2, p. 265-303, 2010.

FARIAS, E. S.; et al. Instalação e operação de parques eólicos: impactos negativos para o meio ambiente e sociedade. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62189-62201, 2020.

FARIAS, T. M. (2025). Psicologia, mudança climática e fontes renováveis de energia: psicologia do lugar e resistência popular. **Psicologia USP**, 36, e240100.

FERREIRA, F. S. M. (2019). Índice de vulnerabilidade socioambiental dos impactos dos parques eólicos em Ponta do Mel, Areia Branca-RN (Doctoral dissertation).

FERREIRA, R. C. V.; BRASIL, D. R. Dano ambiental: externalidade negativa decorrente da relação entre meio ambiente e sociedade de risco. **Revista Húmus** v. 10, n. 30, 2020.

FILHO, W. P. B.; AZEVEDO, ACS de. Impactos ambientais em usinas eólicas. **Anais Agrener GD, Belo Horizonte**, v. 1, p. 1-17, 2013.

FURTADO, C. O mito do desenvolvimento econômico. 2. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1974.

GODOY, S. G. M. de; SAES, M. S. M. Cap-and-Trade e projetos de redução de emissões: comparativo entre mercados de carbono, evolução e desenvolvimento. **Ambiente & Sociedade**, v. 18, p. 135-154, 2015.

GOMES, L. R. T. C., & ALVA, J. C. R. Impactos ambientais gerados pelos ruídos emitidos pelos aerogeradores situados nas proximidades de Morro do Chapéu no Estado da Bahia

HOFSTAETTER, M. Energia eólica: entre ventos, impactos e vulnerabilidades socioambientais no Rio Grande do Norte. 2016. Dissertação de Mestrado. Brasil.

KIRKEGAARD, J. K., CRONIN, T. H., NYBORG, S., & FRANTZEN, D. N. (2025). The multiple understandings of wind turbine noise: Reviewing scientific attempts at handling uncertainty. **Wind Energy Science**, 10(5), 907-924.

KIRKEGAARD, J. K., RUDOLPH, D. P., NYBORG, S., SOLMAN, H., GILL, E., CRONIN, T., & HALLISEY, M. (2023). Tackling grand challenges in wind energy through a socio-technical perspective. **Nature Energy**, 8(7), 655-664.

KLINGLER, M., AMELI, N., RICKMAN, J., & SCHMIDT, J. (2024). Large-scale green grabbing for wind and solar photovoltaic development in Brazil. *Nature Sustainability*, 1-11.

LIMA, A. R. D. (2020). Energia eólica e o meio ambiente: o estudo das implicações socioespaciais no Alto Sertão Baiano.

LIMA, J. A. V. et al. Pequenas centrais hidrelétricas: externalidades de atores inseridos na Bacia Hidrográfica do Rio Branco e Colorado. **Nature and Conservation**, v. 12, n. 1, p. 55-65, 2019.

LIMA, G. M. B. de et al. Energia Eólica no Rio Grande do Norte: Evolução e Perspectivas. Espaço e Economia. **Revista brasileira de geografia econômica**, 2024.

MAIA, F. J. F., BATISTA, M. P., SILVA, T. A. A. D., & RODRÍGUEZ, D. C. (2024). O arrendamento de terras para produção de energia eólica: um novo capítulo da questão agrária brasileira. **Revista Direito GV**, 20, e2413.

MARINHO, R. L. N., DE ALMEIRA, J. E., & DO CARMO, A. F. Externalidades socioambientais da energia eólica nos municípios de João Câmara e Parazinho—RN. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, 12(2), 501-536, 2023.

MARTINI, L. C. P. Medidas compensatórias aplicáveis à questão da poluição hídrica de origem agrícola. 2000.

MOTTA, R. S. da. Precificação do carbono: do Protocolo de Quioto ao Acordo de Paris. 2018.

MOURA-FÉ, M. M.; DE AGUIAR PINHEIRO, M. V. Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados. **Revista Geonorte**, v. 4, n. 13, p. 22-41, 2013.

NÓBREGA, L. N., BARBOSA, L. P., & JOCA, P. (2025). Transição energética e injustiças socioambientais: um debate emergencial no contexto brasileiro. *Cadernos de Campo*: **Revista de Ciências Sociais**, e025014-e025014.

PÊGO FILHO, B. et al. Impactos fiscais da crise de energia elétrica: 2001 e 2002. 2001.

PINHAS, M. A. M., MARTINS, A., MONTES, C. S. do E. S., SILVA, C. A. da, GOMES, C. B. U. Análise técnica de aerogeradores. Trabalho de conclusão de curso - (Curso Técnico em Eletrotécnica) Escola Técnica Philadelpho Gouvêa Netto, São José do Rio Preto, 2023.

PINTO, L. I. C., MARTINS, F. R., & PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais. **Revista Ambiente & Água**, 12, 1082-1100, 2017.

PINTO, R. J.; DOS SANTOS, V. M. L. Energia eólica no Brasil: Evolução, desafios e perspectivas. **Journal on Innovation and Sustainability RISUS**, v. 10, n. 1, p. 124-142, 2019.

PIRES, D. O. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro. **Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2005.

POYER, F. H., CUMPLIDO, M. A., GONÇALVES, A. R., ALVES, L. M., COSTA, R. S., MARTINS, F. R., & PEREIRA, E. B. (2024). Trilema da energia: uma perspectiva no contexto das mudanças ambientais globais. **Revista Tecnologia e Sociedade**, 20(61), 269-291.

SALINO, P. J. Energia eólica no Brasil: uma comparação do PROINFA e dos novos leilões, 2011.

SALLES, A. O. T.; MATIAS, A. L. Uma análise da teoria das externalidades de Pigou e Coase e suas aplicações na abordagem teórica da Economia Ambiental. **Informe Econômico (UFPI)**, v. 44, n. 1, 2022.

SANTO, P. E. de L., & ARAÚJO, F. J. C. O desenvolvimento da energia eólica no brasil: uma revisão bibliográfica. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, 9(6), 2978-2989, 2023.

SARTORI, L. P.; GEWEHR, L. O crescimento econômico e as consequências das externalidades ambientais negativas decorrentes do processo produtivo. **Revista de Direito Econômico e Socioambiental**, v. 2, n. 2, p. 439-458, 2011.

SILVA, J. A. Energia Eólica no Brasil: Avanços e Desafios. **Princípios**, 42(167), 179-202, 2023.

SMITH, A. A Riqueza das Nações (4ª edição). Volume I. Serviço de Educação. **Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian**, 1776.

SOARES, D. D. F. Implantação da energia eólica no estado da Paraíba, Brasil: estudo de caso dos Parques dos Ventos e Millennium, Mataraca-PB. **Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2022.

SORES, D. de A. M.; DA SILVA, G.; TORREZAN, R. G. A. Aplicação Ambiental do Teorema de Coase: o caso do mercado de créditos de carbono. **Revista Iniciativa Econômica**, v. 2, n. 2, 2015.

SOUSA, F. W. de A., & SILVA, T. O. Energia eólica e transformações da paisagem no litoral piauiense. **Revista Eletrônica Multidisciplinar de Investigação Científica**, 2(9), 2023.

SOUZA, V. F., & SANTOS, C. D. (2024). Turismo comunitário, territorialidades e resistências: o caso do território quilombola do Cumbe (Aracati-Ceará-Brasil). **PASOS Revista de Turismo y Patrimonio Cultural**, 22(4), 675-689.

TERCIOTE, R. A energia eólica e o meio ambiente. **Proceedings of the 4th Encontro de Energia no Meio Rural**, 2002.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil. 1. ed. **Rio de Janeiro: Relume Dumará**, 2004.

TRALDI, M. Os impactos socioeconômicos e territoriais resultantes da implantação e operação de parques eólicos no semiárido brasileiro. **Scripta Nova**, 22(589), 1-34. 2018.

TRALDI, M. Acumulação por despossessão: a privatização dos ventos para a produção de energia eólica no semiárido brasileiro (Doctoral dissertation, [sn]). 2019.

TRALDI, M. Acumulação por despossessão e green grabbing: parques eólicos, arrendamento e apropriação de terras no semiárido brasileiro. **Ambiente & Sociedade**, 24, e00522. 2021.

TRALDI, M., & RODRIGUES, A. M. O duplo caráter da despossessão na produção de energia eólica no semiárido brasileiro. Espaço e Economia. **Revista brasileira de geografia econômica**. 2023.

VARELA, C. A. Instrumentos de políticas ambientais, casos de aplicação e seus impactos. 2005.

WATANABE, K.; SCHMIDT, C. M. A multifuncionalidade da agricultura e suas externalidades positivas para o desenvolvimento local. 2008.

Recebido: 30/09/2025
Aprovado: 18/05/2026
DOI: 10.3895/rts.v22n70.20938

Como citar:

SILVA, Maria Eduarda Medeiros; SILVA, José Alderir; GOMES, Thiago Geovane Pereira. A expansão da energia eólica e os conflitos socioambientais no Brasil. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 22, n. 70, p.118-142, jul./set., 2026. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts/article/view/20938>

Acesso em: XXX.

Correspondência:

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

