



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS - CCJE  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS - FACC

FELIPE PACHÁ MORAES

PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:  
IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO CENÁRIO BRASILEIRO

Rio de Janeiro  
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS JURÍDICAS E ECONÔMICAS - CCJE  
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO E CIÊNCIAS CONTÁBEIS - FACC

FELIPE PACHÁ MORAES

PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:  
IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO CENÁRIO BRASILEIRO

Monografia apresentada como  
requisito parcial à obtenção do grau  
de Bacharel em Administração da  
Faculdade de Administração e  
Ciências Contábeis da  
Universidade Federal do Rio de  
Janeiro (FACC/UFRJ)

Orientador: Prof. Dr. Carlos Navarro Fontanillas

Rio de Janeiro  
2022

## Ficha catalográfica

FELIPE PACHÁ MORAES

PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL:  
IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS NO CENÁRIO BRASILEIRO

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Bacharel em Administração da Faculdade de Administração e Ciências Contábeis da Universidade Federal do Rio de Janeiro (FACC/UFRJ) aprovada pela seguinte banca examinadora:

---

Prof. Dr. Carlos Navarro Fontanillas (Orientador)

---

Prof. Dr. Fábio Francisco de Araujo UFRJ (Leitor)

---

Prof. Dr. Maurício de Souza Leão UFF (Leitor)

Rio de Janeiro  
2022

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Universidade Federal do Rio de Janeiro, pela excelência em seu ensino público, gratuito e de qualidade.

Ao meu pai, Robson, pelo apoio incondicional durante toda a minha vida e trajetória na universidade.

À minha mãe, Cecília, por todo o suporte e carinho que me foi dado em toda a minha vida.

Aos meus avós, Neyde, Jorge, Nilcea e Demerval, por sempre me incentivarem a ser minha melhor versão.

À Isadora Gimenes, por não medir esforços para ajudar não só a mim, mas a todos que têm o prazer de tê-la em suas vidas. E por acreditar em mim mais do que eu acredito em mim mesmo.

Ao meu irmão, Bruno Pachá, por ser referência e inspiração não só para mim, mas para todos ao seu redor.

A todos os Professores e Professoras da UFRJ que dedicam suas vidas a enriquecer as nossas através do conhecimento.

A todos os meus colegas e amigos que de alguma maneira fizeram parte da minha jornada na graduação.

À minha amiga Sabrina, por sua amizade e pelas tantas conversas e momentos compartilhados ao longo dos anos.

E ao meu amigo Matheus Pellegrino, por sua amizade leal e sincera.

*Don't gain the world and lose your soul*  
*Wisdom is better than silver and gold*  
(Não conquiste o mundo e perca a sua alma  
A sabedoria é melhor que ouro e prata)

Trecho de "Zion Train" (1991)

Bob Marley & The Wailers

## RESUMO

MORAES, Felipe Pachá. **Produção de energia eólica e desenvolvimento sustentável: impactos da implantação de parques eólicos no cenário brasileiro.** Rio de Janeiro, 2022. Monografia (Graduação em Administração). Faculdade de Administração e Ciências Contábeis - FACC, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022.

A cada dia a demanda por energia elétrica aumenta e cada vez mais a energia eólica vem aumentando a sua participação na matriz energética brasileira. O objetivo deste trabalho é apontar os impactos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais da geração de energia eólica, sejam eles positivos ou negativos, no contexto de implantação de parques eólicos no Brasil. Por suas características de competitividade e confiabilidade, a energia eólica vem deixando de ser considerada apenas como fonte complementar e assumindo o papel de protagonista entre as fontes consideradas limpas e renováveis. E como tal, a geração eólica apresenta uma série de vantagens com relação às fontes tradicionais de geração elétrica, principalmente levando em conta a redução nos impactos socioambientais negativos. No entanto, como em todo empreendimento de grande porte, tais impactos ainda existem, mesmo que em menor escala. Eles são percebidos principalmente, a curto, médio e longo prazos, nas comunidades onde os parques eólicos são construídos. Tais impactos devem ser estudados e eliminados ou ao menos mitigados. A metodologia do presente trabalho consiste em uma revisão da literatura de artigos e textos acadêmicos.

Palavras-chave: energia eólica, socioambiental, desenvolvimento sustentável.

## ABSTRACT

MORAES, Felipe Pachá. **Produção de energia eólica e desenvolvimento sustentável: impactos da implantação de parques eólicos no cenário brasileiro.** Rio de Janeiro, 2022. Monografia (Graduação em Administração). Faculdade de Administração e Ciências Contábeis - FACC, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022.

Every day the demand for electric energy increases and wind energy is increasing its participation in the Brazilian energy matrix. The objective of this work is to analyze the option of wind energy, within the historical context and compiling the social, environmental and economic impacts of the implementation of wind farms. Due to its characteristics of competitiveness and reliability, it has ceased to be considered only as a complementary source and has taken on the role of protagonist among sources considered clean and renewable. And as such, wind generation presents a series of advantages over traditional sources of electricity generation, mainly taking into consideration the reduction of negative socio-environmental impacts. However, as in any large enterprise, such impacts still exist, even if on a smaller scale. They are mainly perceived, in the short, medium and long term, in the communities where wind farms are built. Such impacts must be studied and eliminated or at least mitigated.

Keywords: wind energy, socio-environmental, sustainable development.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Funcionamento de um aerogerador.....	16
Figura 2 – Moinho de vento de Charles Bruch, usado para gerar eletricidade.....	17
Figura 3 – Primeiro aerogerador brasileiro (Fernando de Noronha, PE).....	18
Figura 4 – Matriz Energética Brasileira e previsão para 2026.....	21
Figura 5 – Torres instaladas por estado brasileiro.....	21
Figura 6 – Bloqueio causado por parque eólico no Ceará.....	27

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
1.1. Área tema	11
1.2. Objetivos e limites	11
1.3. Justificativa	11
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>12</b>
<b>3. CONTEXTO HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA</b>	<b>13</b>
3.1. Contexto histórico da produção de energia	13
3.2. Anos 80: início da busca pelo desenvolvimento sustentável	14
<b>4. A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL</b>	<b>16</b>
4.1. Panorama geral da energia eólica	16
4.2. A matriz energética brasileira e energia eólica	19
<b>5. IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS</b>	<b>23</b>
5.1. Processo de viabilidade de implantação de parques eólicos	23
5.2. Impactos políticos	25
5.3. Impactos econômicos	26
5.4. Impactos sociais	27
5.5. Impactos tecnológicos	28
5.6. Impactos ambientais	29
5.7. Impactos legais	31
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>33</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>35</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O nascimento da indústria, os avanços tecnológicos, o uso de combustíveis fósseis e de outras formas de geração que causam a massiva emissão de gases poluentes na atmosfera, levaram a sociedade à busca de um equilíbrio entre os desenvolvimentos econômico e socioambiental sustentáveis (SANTOS et Al., 2015). Juntamente com os impactos negativos da geração de energia não sustentável, veio a busca por alternativas de geração ao mesmo tempo limpas, sustentáveis e economicamente viáveis, como a utilização das águas, da luz solar e dos ventos focando na utilização racional dos recursos não renováveis (ARAÚJO; MOURA, 2017).

Nesse cenário, a geração eólica vem sendo apontada como uma das principais fontes alternativas de energia, sendo utilizada em escala cada vez maior no Brasil e no mundo (PACHECO; SANTOS, 2012). E, mesmo sendo considerada uma fonte de energia limpa, se faz urgente a realização de estudos sobre os aspectos e os impactos socioambientais dos empreendimentos eólicos, que tendem a crescer exponencialmente nas próximas décadas, principalmente no Brasil. (LIMA; OLIVEIRA, 2015). Várias medidas já vêm sendo adotadas nos últimos anos em resposta às organizações nacionais e internacionais, dos governos e principalmente da sociedade (RIBEIRO; CORRÊA; PIEROT, 2022), mas ainda há um longo caminho até o cenário ideal. Tendo em vista os fatos mencionados, a presente monografia tem por objetivo responder ao seguinte problema de pesquisa: **quais são os principais impactos da geração de energia eólica no contexto de implantação e funcionamento de parques eólicos no Brasil?**

Em um primeiro momento, será abordado o contexto histórico de produção de energia, no qual será feito um panorama da geração de energia ao longo da história e marcos importantes do desenvolvimento sustentável. Em seguida, será feita uma análise da energia eólica no Brasil, com dados complementares acerca da matriz energética brasileira e sua mudança ao longo dos anos. Por fim, serão mapeados tanto o processo de viabilidade de implantação de parques eólicos no Brasil, como os impactos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais inerentes a esse processo.

### 1.1. Área tema

A área tema deste trabalho acadêmico é a produção de energia eólica e desenvolvimento sustentável, levando em consideração o cenário brasileiro de utilização desse tipo de geração de energia renovável.

## **1.2. Objetivos e limites**

O presente trabalho possui como objetivo principal apontar os principais impactos políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais da geração de energia eólica, sejam eles positivos ou negativos, no contexto de implantação de parques eólicos no Brasil.

A pesquisa se baseará fundamentalmente no modelo brasileiro, citando outros modelos apenas quando necessário. Não é objetivo deste trabalho acadêmico criar soluções para os problemas relacionados, apenas apontar caminhos viáveis a serem seguidos, baseados em lições aprendidas e nas perspectivas para o futuro.

## **1.3. Justificativa**

Em decorrência da confiabilidade e competitividade no cenário econômico, a energia eólica tem sido muito explorada ao redor do mundo. Como causa disso, podemos observar o custo-benefício dessa fonte energética e a diminuição dos problemas ambientais (ARAÚJO; MOURA, 2017). Nesse cenário, mostra-se fundamental o mapeamento dos impactos, ainda que reduzidos, da implementação de parques eólicos no Brasil, tendo em vista os aspectos acima mencionados.

## 2. METODOLOGIA

Este estudo trata-se de uma revisão de literatura de artigos e textos acadêmicos, e segundo Gil (2008), “é desenvolvida a partir de material já elaborado acerca do tema, constituído de livros e artigos científicos” que abordam uma temática semelhante e pode ser classificada como, descritiva qualitativa, visando compreender os estudos relevantes a fim de apontar os fatores relacionados aos empreendimentos de geração eólica.

O modelo de análise utilizado será a matriz de Porter por meio da Análise PESTAL de fatores políticos, econômicos, sociais, tecnológicos, ambientais e legais (ABREU; DAMASCENO, 2018). Segundo Fontanillas (2015):

A análise PESTAL surgiu sob a ótica relacionada ao ambiente externo das organizações com a função e explicitar as ameaças e oportunidades que rondam as organizações envolvidas em várias perspectivas. Ela tem a função de demonstrar vários fatores macroambientais a fim de que se possa compreender sua posição de mercado e orientar para futuras estratégias organizacionais. [FONTANILLAS, 2015, p. 44].

Nesse contexto, as perspectivas abordadas envolvem as seis forças macroambientais: política, econômica, social, tecnológica, ambiental e legal. Ainda sobre o autor, Fontanillas (2015) destaca:

A fundamental característica destas forças estabelece o princípio de que elas não estão sob controle das organizações, dessa forma, faz-se inerente a criação de condições para que a organização se torne eficaz em seu processo decisório diante das oportunidades e ameaças relativas ao ambiente organizacional. [FONTANILLAS, 2015, p. 44].

### 3. CONTEXTO HISTÓRICO DA ENERGIA EÓLICA

#### 3.1. Contexto histórico da produção de energia

A necessidade de produzir energia existe desde os primórdios da humanidade. O controle do fogo e o uso da força animal, da água e do vento, por exemplo, ilustram a busca constante enquanto sociedade pela produção de energia. (SANTOS et. Al, 2015, p.1). No entanto, à medida em que a demanda por energia cresceu ao longo dos anos, também puderam ser observados diversos impactos no âmbito social e ambiental. Novas formas de se fazer energia precisaram ser exploradas, principalmente para a produção em larga escala para atender as necessidades da população.

O enorme aumento na demanda por energia e a expansão socioeconômica, principalmente após a Revolução Industrial (segunda metade do século XIX), causaram um incremento exponencial da exploração intensiva e desmedida de fontes de energia fósseis e não renováveis - principalmente petróleo, carvão e gás (VARELA; ZINI, 2015, p. 43). O excesso desse uso é responsável até os dias atuais por impactos consideráveis ao nosso meio ambiente, conforme explicitado por Varela e Zini (2015):

A demanda crescente de energia e seu uso desmedido ocasionaram sérias consequências, sendo a poluição do ar, o desmatamento, a chuva ácida, a desertificação, a contaminação radioativa, bem como o efeito estufa meros exemplos. A tais consequências, outro fator deve ser acrescido: a escassez energética gerada pelo uso desmedido de matrizes energéticas não-renováveis, ou seja, aquelas que apresentam grande potencial de esgotamento por serem utilizadas em velocidade inversamente proporcional à sua formação. (VARELA; ZINI, 2015, p. 43).

Apesar das consequências do uso de fontes não-renováveis à qualidade de vida e o equilíbrio ambiental sentidas a partir do século XX, até a década de 60 pouco falava-se sobre a necessidade de um olhar sobre formas alternativas de produção de energia. Algumas pautas ambientais só começaram a ser discutidas de fato em 1968, na Conferência da Biosfera em Paris organizada pela UNESCO (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura). Nessa conferência, introduziu-se o conceito da Biosfera enquanto “uma fina camada de terra, água e ar na superfície do Planeta, sustentando a vida”, além da discussão e implementação de boas práticas entre o homem e o meio ambiente em todo o planeta (CALDWELL, 1973, p.5).

Finalmente, em 1972, foi realizada em Estocolmo a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente:

Na década de 80, são criados alguns mecanismos econômicos com o objetivo de solucionar a pressão do desenvolvimento econômico sobre a natureza. São quatro os principais instrumentos que vêm sendo discutidos e adotados, a saber: Imposto sobre Poluição, Cotas sobre Emissão de Poluentes, Conversão da Dívida em Investimentos na Natureza e Contabilização dos Recursos Naturais. [SOUZA, 1993].

Essa conferência foi considerada um grande marco nas discussões sobre os danos ambientais ocasionados pelo desenvolvimento econômico, sendo pioneira no apontamento de indicadores relacionados aos impactos da produção em larga escala ao meio ambiente.

### **3.2. Anos 80: o início da busca pelo desenvolvimento sustentável**

O termo desenvolvimento sustentável só foi pensado em 1980 no documento Estratégia de Conservação Mundial, publicado pela União Internacional para Conservação da Natureza (UICN), pelo Fundo Mundial de Vida Selvagem (WWF) e pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). O documento diz:

Para ser sustentável, o desenvolvimento precisa levar em conta fatores sociais e ecológicos, assim como econômicos; as bases dos recursos vivos e não-vivos; as vantagens e desvantagens de ações alternativas, a longo e a curto prazos. [STARKE, 1991, p. 9].

Já a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, formada em 1987, defendeu que o desenvolvimento sustentável seria “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras a atenderem suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1988). No que tange a harmonia na relação entre indivíduo-ambiente, pensar em desenvolvimento sustentável implica em entendê-lo enquanto um processo de equilíbrio entre a exploração de recursos, direção dos investimentos e desenvolvimento tecnológico atrelado ao atendimento às necessidades humanas (MOREIRA et Al., 2017, p. 83). Em 1992 aconteceu no Rio de Janeiro, por ocasião dos 20 anos da Conferência de Estocolmo, a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que ficou conhecida como Rio 92 (LIMA; OLIVEIRA, 2015). E, em 2012, foi realizada a Rio +20 marcando os 20 anos da primeira edição.

Também é importante destacar um dos principais documentos sobre o tema, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), desenvolvidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2015. São 17 temas interconectados, entre os quais merece destaque, no caso do presente trabalho, o item 7, que se intitula “energia limpa e acessível” e traça como

objetivo “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos”. Esse documento traça, inclusive, metas para 2030, como por exemplo, “aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global” (ONU, 2015), meta essa de grande importância para embasar o tema deste trabalho acadêmico.

Esses foram alguns dos encontros importantes no contexto histórico da energia e desenvolvimento sustentável, com metas que dependem fundamentalmente do engajamento dos governos e do comprometimento das iniciativas privadas. Todas as metas e objetivos desenhados nesses encontros ao longo da história são considerados de natureza urgente em relação à questão energética, uma vez que processos convencionais de energia estão entre os principais responsáveis pelas emissões dos Gases de Efeito Estufa (GEE). (PAZHERI et. Al., 2014)



## 4. A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

### 4.1. Panorama Geral da Energia Eólica

A humanidade faz uso da energia dos ventos desde os seus primórdios, seja para impulsionar barcos a vela, moer grãos, retirar sal da água ou drenar água de terrenos alagadiços. Embora os cata-ventos remontem à antiguidade e os moinhos existam na Europa desde o século XV, foi apenas no século XIX que surgiram os aerogeradores, cata-ventos destinados à geração de energia elétrica (AZEVEDO; NASCIMENTO, 2016). Por definição, os aerogeradores são grandes turbinas cujo objetivo é maximizar o aproveitamento do vento para produção de energia respeitando aspectos como a intensidade do vento, conexão aos sistemas elétricos locais, integração ao meio ambiente e impacto visual na região, por exemplo (GONTIJO, 2013; MACHADO, 2015).

Segundo dados da ANEEL (2006), a tecnologia implementada em todo o mundo é eixo horizontal com três pás de perfil aerodinâmico projetado para converter a energia cinética do vento em rotação do eixo horizontal, além de alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível (GONTIJO, 2013; MACHADO, 2015). A força dos ventos faz girar as pás, que estão conectadas aos eixos horizontais, que por sua vez transmitem a rotação ao gerador. Ele transforma a energia cinética em eletricidade, que é conduzida pelo interior da torre até uma subestação, que eleva a tensão para que a energia possa ser transmitida através da rede elétrica até as subestações distribuidoras, que finalmente repassam a eletricidade ao consumidor final. A figura 1 demonstra a estrutura e o funcionamento de um aerogerador usado para a produção de energia eólica.



Figura 1: Funcionamento de um aerogerador.  
Fonte: Casa dos Ventos (sítio).

A expressão padrão de viabilidade de um projeto de energia eólica está diretamente relacionada a dois fatores: à energia disponível extraída do vento e à variação desse recurso natural no local do empreendimento, sendo amplificada pela relação cúbica entre a potência e a velocidade do vento na região em específico (Burton et Al., 2001). Ou seja, fatores como a complexidade da topografia e do clima da região vão influenciar na variabilidade temporal do vento, implicando, por conseguinte, na viabilidade ou não do recurso eólico para determinada região. No entanto, é possível que alguns estudos e medições sejam realizados no local com o intuito de indicar a presença do recurso disponível no local de interesse por meio de campanhas de medições de sítio. Nesse cenário, são usados anemômetros (instrumentos utilizados para medição da velocidade de um fluido) e sensores de direção na mesma altura que o eixo do rotor do aerogerador (Burton et Al., 2001).

O primeiro registro histórico de produção de energia eólica data de 1888. O industrial Charles F. Brush ergueu na cidade de Cleveland, nos EUA, o primeiro aerogerador, que gerava 12 kW e carregava baterias que eram usadas para acender 350 lâmpadas, sendo mantido em atividade até 1908 (BOCALETTO, 2009, p.25). A figura 2 mostra o primeiro aerogerador criado pelo industrial Charles Brush.

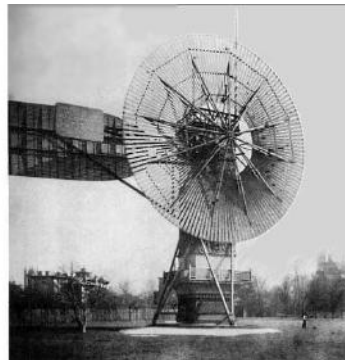


Figura 2: Moinho de vento de Charles Brush, usado para gerar eletricidade.  
FONTE: Wikipédia.

O primeiro programa governamental de incentivo ao desenvolvimento eólico foi criado na Europa, em 1890. Alguns anos mais tarde foram construídas mais de 70 turbinas com potência de 25 kW cada. Os aerogeradores conectados à rede elétrica apareceram pela primeira vez na União Soviética, em 1931. O aerogerador Balaclava tinha potência instalada de 100 kW.

No Brasil, os primeiros projetos de geração eólica foram implantados nas regiões Norte e Nordeste na década de 90 (MARTINHO, 2016, p.26), sendo o primeiro aerogerador do

país instalado no arquipélago de Fernando de Noronha (PINTO et al., 2017, p.1085) conforme apresentado na figura 3. As regiões foram escolhidas para os projetos pela sua acentuada carência de abastecimento elétrico em decorrência de comunidades isoladas que não eram atendidas pelo fornecimento das fontes convencionais de energia. Nesse cenário, ocorreu a instalação tanto de sistemas fotovoltaicos (para a geração de energia solar) como de sistemas eólicos, com o intuito de geração descentralizada de energia elétrica.



Figura 3: Primeiro aerogerador brasileiro (Fernando de Noronha, PE)  
Fonte: Bibocaambiental – blogspot.

Um marco importante para o desenvolvimento da geração eólica no Brasil em larga escala foi o Programa Emergencial de Energia Eólica iniciado em 2001 (CUNHA, 2022). O programa foi criado por ocasião da crise hídrica que acontecia na época que deixou os níveis dos reservatórios das hidrelétricas perigosamente baixos e sinalizou o risco da necessidade de racionamento de energia elétrica, o que representaria um estado de calamidade para a economia brasileira vigente (GORAYEB; MEIRELES, 2019). Vale lembrar que até hoje a geração hidráulica (hidrelétricas) é a base da nossa matriz energética, correspondendo a 62% da capacidade instalada do SIN (Sistema Interligado Nacional), ou 108.933 MW (ONS, 2022).

Esse programa, por não ter obtido os resultados esperados, foi substituído em 2002 pelo Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, o PROINFA (CUNHA, 2022, p.1). Além de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis na matriz energética, o PROINFA abriu caminho para o estabelecimento da indústria voltada para a energia eólica no Brasil, com exigências de conteúdo nacional para os aerogeradores fruto desse programa (MONTEZANO, 2012, p.12).

A importância da energia eólica vem crescendo a cada dia, tendo sua maior participação nos Estados Unidos e na Europa (AZEVEDO; NASCIMENTO, 2016, p.3). No entanto, como toda fonte de geração de eletricidade, a eólica também apresenta desvantagens, como a intermitência na geração, a baixa produtividade por área ocupada, a impossibilidade de

armazenamento da energia, por conta da já citada intermitência e a necessidade em longo prazo de modernização ou de desativação dos aerogeradores, por exemplo.

#### 4.2. A matriz energética brasileira e energia eólica

Segundo Goldenberg (2014), a utilização de combustíveis fósseis não renováveis (carvão, petróleo e gás natural) representa mais de 80% do consumo mundial. Ainda segundo o autor, a dependência acerca de utilização desses combustíveis a longo prazo pode ocasionar impactos como o esgotamento das fontes desses combustíveis, problemas geopolíticos relacionados ao acesso a essas fontes e degradação da saúde e de condições ambientais em decorrência da emissão de CO<sub>2</sub> resultante da queima de combustíveis fósseis (GOLDENBERG, 2014, p. 36).

Embora alta no cenário mundial, quando se trata da matriz energética brasileira, a porcentagem relacionada ao consumo de combustíveis não-renováveis mostra-se menor. Segundo dados do Balanço Energético Nacional (BEN), no ano de 2020 essa porcentagem era de 54%, explicitando uma matriz mais renovável se comparada ao cenário mundial (MATRIZ, p.1). Nesse sentido, a matriz energética brasileira é considerada uma das mais limpas do mundo (BARBOSA, 2014, p.3). No entanto, ainda faltam incentivos para o aproveitamento adequado dessas fontes de energia, uma vez que o modelo brasileiro ainda é muito dependente da geração hidráulica, permanentemente sujeita ao regime de chuvas anual ser suficiente para o enchimento dos reservatórios.

Com base nos dados acima explicitados, é possível observar o Brasil enquanto potencial para a transição energética para combustíveis renováveis (GOLDENBERG, 2014, p.43). Por definição, entende-se por transição energética a mudança na matriz energética de um país, passando do modelo baseado em combustíveis fósseis para uma matriz focada na geração de energia por fontes renováveis.

Nas palavras da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABE Eólica):

Falar de transição energética, no caso do Brasil, é fácil. Já temos uma matriz elétrica e energética com participação de renováveis acima da média mundial. No caso da elétrica, por exemplo, temos 83% de renováveis, enquanto a média global é de cerca de 25%. Na matriz energética, temos 46% e a média mundial está ao redor dos 15%. E seremos cada vez mais renováveis. Temos um dos melhores ventos do mundo para geração de energia eólica em terra, em alguns anos teremos eólicas *offshore*, nosso potencial solar é enorme, a biomassa cresce com solidez e temos a possibilidade de aproveitar o gás natural do pré-sal para gerar energia (ABE EÓLICA, sítio).

O Brasil é privilegiado no quesito matriz energética, pois suas características permitem o aproveitamento de diversas fontes limpas e renováveis de energia (PINTO et al., 2017, p.1083). A transição energética brasileira é cada vez mais uma realidade, mas ainda esbarra em conflitos de interesses, questões políticas, governamentais e principalmente econômicas, devido ao alto custo de pesquisa e desenvolvimento de novas fontes energéticas e pela falta de incentivos. E, com o crescente e irrefreável clamor acerca da preservação dos recursos naturais e do meio ambiente, foram surgindo alternativas de geração limpa de energia elétrica, em contraponto aos combustíveis fósseis (RIBEIRO; CORRÊA; PIEROT, 2012).

Nesse contexto, as chamadas fontes de energia limpa são basicamente aquelas que não poluem o meio ambiente durante a sua geração e consumo ou que liberam quantidades muito pequenas de resíduos. São de suma importância para proteger o meio ambiente e garantir a qualidade de vida, uma vez que não geram gases que provocam o efeito estufa, evitando entre outros fatores o aumento do aquecimento global. A utilização de energias limpas é irreversível e também fundamental para o desenvolvimento sustentável, sendo inclusive um dos itens do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), como previamente citado. O documento traça como meta também:

Reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa. [ONU, sítio, 2012].

As principais fontes de energia limpa hoje são solar, hidráulica, biomassa, geotérmica, maremotriz e eólica. A energia eólica, foco da presente pesquisa, consiste na energia cinética das massas de ar em movimento (PACHECO; SANTOS, 2012), processo que foi otimizado ao longo da história conforme explicitado nos capítulos seguintes. Na figura 4 é possível observar o cenário atual da matriz energética brasileira (2022), bem como o cenário previsto para 2026:

Tipo de geração	Capacidade instalada (MW)		Percentual do SIN	
	2022	2026	2022	2026
Hidrelétrica	108.933	109.736	62,0%	55,8%
Termelétrica Gás + GNL	15.275	20.935	8,7%	10,6%
Eólica	21.684	28.772	12,3%	14,6%
Termelétrica Óleo + Diesel	4.346	4.634	2,5%	2,4%
Biomassa	14.898	16.221	8,5%	8,2%
Termelétrica Carvão	3.017	3.017	1,7%	1,5%
Solar	4.925	10.777	2,8%	5,5%
Termonuclear	1.990	1.990	1,1%	1,0%
Outras	645	775	0,4%	0,4%
Total	175.713	196.857	100,0%	100,0%

Figura 4: Matriz Energética Brasileira e previsão para 2026.  
Fonte: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)

De acordo com os dados acima, fornecidos pelo ONS (Operador Nacional do Sistema Elétrico), a capacidade de geração eólica instalada no SIN (Sistema Integrado Nacional) é de 21.648 MW ou 21,6 GW. A energia eólica já é hoje a segunda principal fonte de energia elétrica no Brasil, atrás apenas da hidrelétrica, e com previsão de aumentar ainda mais essa fatia nos próximos anos (de 12,3% para 14,6%, um incremento de quase 20% com relação a 2022). A figura 5 demonstra a relação das torres instaladas por estado brasileiro.



Figura 5: Torres instaladas por estado brasileiro.  
Fonte: Associação Brasileira de Energia Eólica (ABE EÓLICA).

Na última década, a participação da energia eólica no Brasil cresceu substancialmente, principalmente em decorrência das políticas específicas e incentivos estabelecidos para o setor. O Brasil ocupa hoje a sexta posição no *ranking* internacional de capacidade de energia eólica *onshore*, atrás de China, Estados Unidos, Alemanha, Índia e Espanha (MONTEZANO, 2012, p. 5). Segundo dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), há expectativa de que a geração eólica represente 13,6% da matriz energética brasileira ao fim de 2025, indicando um aumento de 2,8% em relação a 2021 (CUNHA, 2022, p.1)

A análise do setor eólico mundial feito pelo *Global Wind Energy Council* (GWEC) traz o Brasil entre os cinco principais mercados do mundo em 2021 para novas instalações, junto com a China, os Estados Unidos, o Vietnã e o Reino Unido. Combinados, esses cinco mercados representaram 75,1% das instalações. (GOVERNO FEDERAL)

Conforme a publicação do Atlas do Potencial Eólico Brasileiro de 2001, identificou-se que a maior parte do potencial eólico *onshore* brasileiro está na região nordeste, que também é a região com os piores IDH do país. A implantação de parques eólicos nessa região poderia trazer, além do benefício energético, outros benefícios como geração de empregos e desenvolvimento social e tecnológico (AMARANTE, 2001, p.45). Existe também um potencial considerável nas regiões sudeste e sul do Brasil, embora não tão expressivos.

De acordo com Amarante (2001), embora seus dados sejam considerados subestimados nos dias de hoje, as áreas de maior potencial para a instalação de parques eólicos *onshore* no Brasil são os litorais dos Estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão e a faixa interiorana que vai do litoral do Piauí até o norte de Minas Gerais.

Outro fator que favorece a instalação de parques eólicos na região nordeste é que eles podem atuar como energia complementar à energia hidráulica, pois o período de maior incidência de ventos coincide com o de menos chuvas na região.

No que tange ao potencial eólico brasileiro, pode-se considerar que o Brasil é favorecido em ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes maior que a média mundial e com uma variabilidade menor em uma área extensa, que o torna mais previsível. (FADIGAS, 2011, p. 34).

No entanto, é importante destacar que a viabilidade da expansão contínua de geração eólica na matriz energética nacional depende de aspectos ambientais específicos que se apresentam como barreiras em algumas regiões do país. Um dos fatores que mais afeta a qualidade da energia elétrica distribuída no contexto da produção de energia eólica, por exemplo, é a inconstância temporal não controlável. Por ser uma energia dependente de ventos, o potencial eólico é diretamente influenciado por sistemas de alta e baixa pressão atmosférica, que por sua vez apresentam variabilidade tanto anual quanto climática (Miranda et. Al., 2016). Esse fator faz com que a expansão contínua de geração eólica na matriz energética nacional ainda precise ser mais bem estudada de acordo com cada região do Brasil com potencial eólico favorável a partir de um mapeamento específico de diferentes impactos e variabilidades climáticas (PINTO et al., 2017).

## 5. IMPACTOS DA IMPLANTAÇÃO DE PARQUES EÓLICOS

### **5.1. Processo de viabilidade de implantação de parques eólicos.**

Segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2016), o Brasil conta hoje com 805 parques eólicos, totalizando mais de 9.000 aerogeradores. Desse total, 708 parques estão no Nordeste, com 8.211 torres apenas nessa região. O desenvolvimento da energia eólica no Brasil já acumula um investimento de mais de US\$ 42 bilhões nos últimos 11 anos. Só em 2021, por exemplo, o investimento foi na casa de US\$ 5,15 bilhões, números que tendem a crescer nos próximos anos. E em abril de 2022, já tínhamos mais de 100 GW de projetos em análise no IBAMA, somados os projetos *onshore* e *offshore*.

Nesse cenário crescente de geração de energia eólica no país, mostra-se necessário elucidar os critérios necessários para a determinação do local de implantação. Em primeira instância, a gestão participativa e inclusiva de todas as partes envolvidas – seja este um empreendimento público ou privado - é fator primordial na avaliação da viabilidade de um parque eólico e dos impactos socioambientais inerentes a ele, bem como a conduta ética dessas mesmas partes (LIMA; OLIVEIRA, 2015). Essa avaliação estratégica de impactos presentes nas localizações de interesse é fundamental para o melhor direcionamento do empreendedor e redução de incertezas sobre o projeto de um parque (MONTEZANO, 2012, p.3).

Além dos aspectos ambientais, mas nunca em detrimento destes, os aspectos econômicos devem ser também levados em consideração, de modo a entrarem em harmonia e atenderem aos interesses tanto das empresas quanto da parte da população impactada direta ou indiretamente com a implantação do parque eólico (STAUT, 2011, p.31). É de suma importância a escolha dos locais a serem desapropriados e a atenção dada aos indivíduos realocados, de modo a não haver favorecimentos ou conflito de interesses, tampouco prejuízo às atividades locais ou de subsistência, como agricultura, extrativismo e turismo.

Os critérios técnicos, desde que sejam devidamente embasados e imparciais são fundamentais para a definição dos locais para a implantação dos parques eólicos. Questões como relevo, características dos ventos na região (sazonalidade e direção) e tipo de solo devem ser primordiais no processo decisório, mas devem ser confrontados com os aspectos socioeconômicos e socioambientais de modo a chegar à melhor solução possível para todas as partes envolvidas (MARTINHO, 2016, p. 25).

Um bom planejamento implica na busca por uma base sólida para qualquer tipo de projeto, seja ele de pequeno, médio ou grande porte. Não há de se falar apenas em pesquisa técnica, uma vez que essa ficaria restrita a dados frios e impessoais. Aspectos como comunidade



local, o histórico da localidade e a quantificação dos impactos às famílias atingidas devem ser mapeados na fase de planejamento, no intuito de reduzir as incertezas das partes envolvidas.

Todo empreendimento de geração deve ser modernizado de tempos em tempos ou, em último caso, desativado. Esse tempo de vida útil é um fator crítico no caso da energia eólica, já que nem sempre a modernização é viável e pode haver sucateamento do parque eólico ou pior, total abandono. É preciso que haja alternativas prévias antevendo o final da vida útil do empreendimento e o término da licença de operação, que pode ou não ser renovada, levando em conta os aspectos legais de segurança, preservação do meio ambiente e a análise estratégica do planejamento econômico-financeiro da empresa (RIBEIRO; CORRÊA; PIROT, 2012).

Qualquer empreendimento de geração elétrica, seja limpa ou não, gera impacto, em maior ou menor escala. Ocupa e desapropria espaços, causa mudanças no cotidiano da comunidade local e compromete a renda. A energia eólica, por ser considerada limpa e renovável, pode passar a percepção de ser correta e livre de qualquer questionamento no âmbito ambiental em sua totalidade, o que representa um equívoco.

Nesse sentido, a “energia limpa” traz consigo inter-relações humanas e sociais, que merecem maior análise de uma política planejada em relação aos aspectos sociais, ambientais e aos impactos ambientais. [MEIRELES, 2008; MEIRELES; SILVA; THIERS, 2006].

Por essa razão, os aspectos sociais e ambientais são mapeamentos fundamentais para a construção da viabilidade de um parque eólico em determinada região. Apesar de a priori não causar impactos negativos em larga escala na mesma proporção que uma usina hidrelétrica e nem ser poluente como uma termelétrica seria, há alguns fatores específicos a serem considerados antes, durante e depois da implantação do empreendimento.

## **5.2. Impactos políticos**

No que tange aos aspectos políticos da geração de energia eólica, as políticas de mercado se consolidaram tanto pelo PROINFA como através da comercialização por meio dos leilões de energia elétrica (CAMILLO, 2013).

Como já explicitado ao longo da presente dissertação, o Proeólica (Programa Emergencial de Energia Eólica) acabou não sendo regulamentado, sendo substituído em 2002 pelo Programa de Incentivo às Fontes de Energia Elétrica (PROINFA). O objetivo principal do programa era o de ampliar a produção de energia elétrica a partir dos ventos, da biomassa e de pequenas centrais hidrelétricas, aumentando, assim, a participação da energia eólica produzida por empreendimentos de fontes eólicas (CUNHA, 2022).

Nesse cenário, o PROINFA não só criou uma reserva de mercado de geração de energia eólica para o curto prazo como também sinalizou a expansão desse mercado no longo prazo. No entanto, houve uma discrepância entre a metodologia utilizada para a expansão no contexto nacional e o instrumento utilizado, que por seguir referência internacional, não levou em conta o contexto local das instalações. Esse fator ocasionou em um interesse dos atores locais para a produção de energia eólica, mas por outro lado esses atores não se mostraram aptos técnica e financeiramente para a proposta do programa (CAMILLO, 2013). Outro entrave ao PROINFA se deu em sua segunda fase, na expansão a longo prazo da produção de energia eólica. A segunda fase do programa acabou não disponibilizando nenhum incentivo para a conexão de energia eólica à energia elétrica, e suas metas ficaram comprometidas principalmente a partir do novo marco regulatório do setor elétrico (Leis 10.487/2003 e 10.848/2004 e do Decreto 5.163/2004).

Como parte dos objetivos do novo marco era relacionado à modicidade tarifária, a segunda fase do PROINFA acabou não se casando com a proposta e suas metas a longo prazo foram invalidadas e não regulamentadas (CAMILLO, 2013). Nesse cenário, os leilões públicos de energia elétrica apareceram como principal alternativa para a ampliação da participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira e regulação da modicidade tarifária (CUNHA, 2022). Em decorrência da busca pelo menor preço, também houve um ajuste no impacto do custo da eletricidade ao consumidor final.

### **5.3. Impactos econômicos**

Por ocasião da já citada transição, o impacto na matriz energética de combustíveis fósseis para fontes renováveis é altamente positivo. E nesse contexto a energia eólica tem papel fundamental, por ser a fonte de energia limpa que mais cresce no Brasil atualmente e uma das

que causam menos impactos socioambientais negativos, como emissão de gases poluentes e causadores do efeito estufa (energia fóssil), riscos de vazamento e contaminação (energia nuclear) e impactos ambientais por alagamento de grandes áreas (hidrelétricas). Atualmente a energia eólica é apontada como a ambientalmente mais sustentável e popularmente mais acessível, proporcionando geração de empregos e mais qualidade de vida à população (BARBOSA, 2013, p.14).

Além desse fator, a otimização da produção, construção, operação e manutenção dos parques eólicos vem caindo ano após ano, o que muito em breve deve tornar a energia eólica a mais barata do Brasil, mesmo excluídos os impactos socioambientais. Os reflexos do incremento da energia eólica na economia brasileira podem ser percebidos, por exemplo, na geração de empregos, no aumento do PIB e do capital estrangeiro, abertura de linhas de crédito, redução em compensações e reparações financeiras, e redução no pagamento de *royalties* a outras formas convencionais de geração (MONTEZANO, 2012, p.7)

Apesar dos impactos negativos citados anteriormente existem também relatos de benfeitorias às comunidades, como oferta de serviços sociais básicos onde antes não existia, geração de empregos, mesmo que de forma pontual, incremento do turismo e da renda a ele atribuída e no desenvolvimento regional, pela construção de obras de infraestrutura (saneamento básico, estradas e sinalização) (LIMA; OLIVEIRA, 2015).

Os impactos positivos também podem ser observados pela geração de empregos na comunidade local, em que são percebidos de forma significativa durante as fases de construção e instalação na região do empreendimento. Em relação à fabricação dos componentes dos aerogeradores e aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento, a geração de empregos também é considerável, criando novos postos de trabalho para várias áreas, com reais chances de planos de carreiras sólidos. Em relação aos empregados na fabricação dos componentes, a tendência é de uma empregabilidade cada vez maior, por conta do aumento na construção de novos parques (LIMA; OLIVEIRA, 2015).

#### **5.4. Impactos sociais**

Os impactos sociais serão aqui abordados de uma forma ampla, levando em consideração tanto os aspectos locais quanto os globais. Os benefícios são possíveis e desejáveis, mas precisam de transparência para que possam ser implantados e percebidos.

Mesmo que a empresa não possa proporcionar nenhum benefício ou aumento significativo de renda de imediato à população local, é possível ainda que seja desenvolvida alguma atividade relacionada, mesmo que filantrópica, a título de compensação pelos impactos negativos causados (ARAÚJO; MOURA, 2017).

Em princípio, o impacto socioespacial é percebido principalmente nas fases de construção e de instalação, já que a população local é obrigada a conviver com uma invasão de canteiros de obras, alojamentos e novas estradas por toda a localidade e muitas vezes próximos aos quintais de suas casas. Isso pode acarretar, em médio prazo, uma urbanização desordenada da região para atender aos propósitos do empreendimento (BARBOSA, 2013, p.13). Também acontecem bloqueios por motivos operacionais ou de segurança, impedindo o acesso de pescadores e marisqueiros, interrompendo sua principal fonte de renda, como apresentado na figura 6. Outras atividades impactadas pelos bloqueios são o lazer e o turismo, por não ser possível o acesso a lagos, dunas, praias e riachos, fechados durante a construção do parque e muitas vezes assim permanecendo durante sua operação.



Figura 6: Bloqueio causado por parque eólico no Ceará.  
Fonte: Uol - Carlos Madeiro, acervo pessoal

Sobre os deslocamentos compulsórios de propriedades privadas locais, os principais impactos percebidos são: realocação em áreas impróprias e/ou improvisadas (acampamentos e abrigos) e sem estrutura alguma, atividades de subsistência e rendas cessantes, pressão de latifundiários locais, conflitos de interesses e conflitos fundiários. Já que a quantidade de famílias impactadas muitas vezes é mascarada (quando não omitida) em relatórios fornecidos

pelas empresas, é quase impossível determinar o real impacto causado às comunidades. Nesse cenário, as contrapartidas e ações compensatórias são tratadas caso a caso e dependem da transparência e da ética das empresas, além do diálogo prévio com a comunidade impactada, que em geral vê essas contrapartidas asseguradas na ilusão de crescimento da renda, avanços tecnológicos e oferta de empregos prometidos sem o respaldo de que irá se concretizar.

Quando não há diálogo ou quando há más intenções por parte da empresa, as ações compensatórias são negociadas posteriormente à construção do parque, o que deixa a empresa em situação privilegiada para negligenciar as exigências da comunidade, tendo em vista que o parque eólico já está concluído e operando. Nesse caso restam aos reclamantes as vias judiciais, que são sempre tortuosas, lentas e onerosas para as comunidades carentes, que por impossibilidade de levar a causa adiante, acabam se acomodando e aceitando a situação (GORAYEB; MEIRELES, 2019).

Por fim, no que diz respeito à realocação de sociedades indígenas e quilombolas é conduzida, ela pode trazer impactos positivos ou negativos para ambas as partes. Caso o deslocamento dos indivíduos seja feito de forma correta, oferecendo condições sociais iguais ou superiores às anteriores, o benefício é mútuo, já que a empresa também pode se beneficiar com a melhoria da imagem da empresa perante a opinião pública. Já o contrário, abandoná-los em acampamentos e abrigos precários, além de ser desastroso para as famílias, poderá causar danos consideráveis à imagem da empresa, caso os abusos sejam levados a público pela imprensa, ONGs ou políticos locais. Infelizmente os casos de abusos com indígenas e quilombolas são comuns nos empreendimentos de geração, não sendo exceção na geração eólica, embora numa escala menor que uma hidrelétrica, por exemplo (GORAYEB; MEIRELES, 2019).

## **5.5. Impactos tecnológicos**

Em relação aos impactos tecnológicos, o impacto do ruído dos parques eólicos foi o grande responsável pelo bloqueio da disseminação da energia eólica durante os anos 80 e 90 (PINTO et. Al., 2017). Os ruídos emitidos por parques eólicos são basicamente de dois tipos: durante a fase de construção/desativação dos parques e em razão do movimento dos aerogeradores, que pode ser causado tanto pelo maquinário interno quanto pelo ruído aerodinâmico das pás (AZEVEDO;NASCIMENTO, 2016). Nesse sentido, é importante destacar que, com o aperfeiçoamento do maquinário e das pás dos aerogeradores, a emissão de

ruído vem diminuindo consideravelmente, sendo praticamente inexistente quando o seu funcionamento está dentro da normalidade. Meyer et Al. (2014) destacam que os impactos sonoros de maior relevância acontecem na fase de construção, pela presença de máquinas pesadas durante a escavação e terraplanagem, além do barulho dos caminhões e dos guindastes durante a montagem das torres. No entanto, uma vez que o parque eólico é finalizado, com o aperfeiçoamento e manutenção correta dos maquinários a emissão do ruído diminui consideravelmente.

Outro impacto tecnológico observado no processo de operação de parques eólicos é o de interferências eletromagnéticas que ocasionam perturbações em comunicações e transmissão de dados (como rádio e televisão, por exemplo). Esse impacto mostra-se significativo principalmente quando os aerogeradores são instalados próximos a áreas residenciais, pelas torres que podem causar alterações nas ondas eletromagnéticas e pelas pás de metal. Como alternativa, algumas pás modernas começaram a ser feitas de material sintético (como fibra de vidro), mitigando o impacto da transmissão de radiação eletromagnética. Além disso, durante a fase de planejamento do projeto do parque eólico, pode ser aplicada a Zona de Fresnel para determinar a área de interferência de forma a localizar o aerogerador longe da linha de visão do transmissor de radiodifusão (ARAÚJO; MOURA, 2017).

## **5.6. Impactos ambientais**

Os parques eólicos são uma unanimidade quando o assunto é o desenvolvimento sustentável. Além de se tratar de uma fonte limpa e renovável, colaborando de forma considerável para a diminuição na emissão de carbono e outros gases que provocam o efeito estufa (óxido de nitrogênio, hidrofluorcarbonos, perfluorcarbonos e hexafluoreto de enxofre), possui um impacto ambiental negativo relativamente pequeno em comparação com as demais fontes de energia, conforme visto anteriormente, incluindo as fases de construção e instalação (ARAÚJO; MOURA, 2017). Os impactos aqui descritos, apesar de relativamente pequenos, serão explicitados de forma a fazer com que cada vez mais a geração eólica caminhe em consonância com as partes envolvidas no processo de implantação de parques eólicos.

Começando com o impacto visual, esse aspecto do parque eólico é considerado menor do que uma usina termelétrica, term nuclear, de biomassa ou hidrelétrica. Ainda assim, Chagas e Lucas (2011) apontam determinadas alterações na paisagem - como produção de sombras e

reflexo pela incidência do sol do parque - como exemplos que podem causar transtorno à fauna e à comunidade local e podem ser mais bem delineados de forma a mitigar suas consequências.

Sobre os impactos faunísticos, se a construção acontece em áreas de mangue - áreas costeiras e muitas vezes ideais para a construção de parques eólicos - os impactos negativos acabam sendo significativos. Os manguezais são importantes para o ecossistema e têm um bioma muito frágil, sendo vulnerável aos efeitos de qualquer tipo de construção. Alterações faunísticas também podem ser observadas no habitat e nos hábitos alimentares e reprodutivos dos animais em decorrência da construção de parques eólicos (STAUT, 2011, p.42), além de casos de atropelamento de animais causados pelo trânsito de caminhões e máquinas pesadas, tanto na fase de construção quando nas fases de operação e desativação.

Alguns estudos também relacionam a mortalidade de aves de determinada região à atividade dos aerogeradores - no entanto, essa relação foi encontrada somente em parques eólicos dos quais não era mandatório um estudo de rotas migratórias anterior à sua instalação. Estatísticas de países como Alemanha, Espanha, Dinamarca e Holanda mostraram um valor de mortalidade de aves por turbinas inferior a 0,1% por ano em comparação às mortes não naturais de aves nos países, sendo considerado um valor pouco expressivo. Ainda sim, algumas alternativas foram pensadas de forma a mitigar esse impacto ambiental observado em aves, tais como: estímulos visuais e auditivos nas torres eólicas, monitoramento ambiental da região, instalação de cabos de transmissão subterrâneos e interrupção da produção durante os períodos de migração de aves (PINTO et al., 2017).

É importante ainda destacar que, embora em menor escala, os impactos por ação de agentes poluidores se mostram presentes na geração eólica. Contaminação do solo por lubrificantes dos maquinários e produção de lixo durante a fase de instalação são exemplos desse tipo de impacto. No entanto, apesar de alternativas de reciclagem do lixo e manutenção de maquinários poderem ser melhor pensadas nesse cenário, o saldo da energia eólica é positivo no que diz respeito à ação de agentes poluidores (STAUT, 2011).

Quando se trata do meio físico, podem ser ocasionados danos à vegetação e às dunas em decorrência do desmatamento do local onde as torres serão instaladas, além dos trabalhos de escavação e terraplanagem inerentes à implantação (AZEVEDO; NASCIMENTO, 2016). Esse impacto somado à necessidade de criação de novas estradas ou do seu alargamento para o trânsito e manobra do maquinário pesado causa degradação da vegetação e do relevo no entorno do local.

Grande parte dos parques eólicos é construída sobre dunas, e embora a vegetação nesse ecossistema seja escassa, se retirada pode causar erosão e consequente desequilíbrio ambiental.

A erosão pode vir a causar rachaduras nas casas do entorno. Já a construção das fundações para as torres forma uma verdadeira barreira e causa a diminuição na movimentação das dunas migratórias (ou dunas móveis) (AZEVEDO; NASCIMENTO, 2016).

Por fim, é normal que haja a produção de algum lixo durante a fase de construção e instalação, seja pelos materiais descartados e resíduos da obra, ou ainda pelo lixo orgânico e inorgânico produzido pelos trabalhadores. Embora esse impacto seja pequeno em comparação com outras fontes de geração, sem uma política séria de descarte, seleção e reciclagem do lixo os impactos podem ser consideráveis e até permanentes (AZEVEDO; NASCIMENTO, 2016).

### **5.7. Impactos legais**

Por fim, no que diz respeito aos impactos legais da produção de energia eólica, hoje o Brasil conta com alguns marcos, avanços e incentivos para o segmento. Em relação aos incentivos fiscais, a Lei nº 13.097/2015, entre outras medidas, reduz a zero as alíquotas da Contribuição para o PIS/Pasep, Cofins, PIS/Pasep-Importação e Cofins-Importação (CUNHA, 2022). Além desse incentivo, há desoneração fiscal para projetos aprovados para implantação de obras de infraestrutura, que inclui o setor de energia. Essa desoneração é feita pelo Regime Especial de Incentivos para o Desenvolvimento da Infraestrutura (Reidi) em relação a carga tributária incidente sobre a receita para pessoa jurídica. A suspensão da incidência das contribuições para PIS (1,65%) e COFINS (7,6%) ocorre por meio de quatro aquisições: venda de maquinários e equipamentos para incorporação em obras de infraestrutura, venda de materiais de construção, prestação de serviços e locação de maquinários e equipamentos (Governo Federal, 2021).

Já em relação às iniciativas mais recentes, o decreto nº 10.946/2022 regulamentado pelo Governo Federal em janeiro de 2022 é um marco regulatório no que tange a exploração do potencial eólico relacionado ao avanço de projetos de geração de energia *offshore*. Ainda em janeiro de 2022, foi aprovado pelo Senado o Programa de Incentivo ao Desenvolvimento da Energia Eólica e da Solar Fotovoltaica (Pides). Esse programa “visa o financiamento pela União de até R\$ 500 milhões em energia eólica e energia solar fotovoltaica para todas as regiões do Brasil” (CUNHA, 2022).





## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em virtude dos fatos mencionados ao longo da presente pesquisa, a energia eólica mostra-se como uma alternativa sustentável de geração de energia fundamental para o cenário e perspectivas do Brasil. Apesar de terem sido apontados, através da análise Pestal, alguns impactos desfavoráveis no que tange à implantação de parques eólicos no contexto brasileiro, esses impactos são mínimos se comparados aos aspectos favoráveis observados nos fatores político, econômico, social, tecnológico, ambiental e legal de geração de energia eólica.

Em relação ao problema de pesquisa proposto de apontar os principais impactos da geração de energia eólica no contexto de implantação e funcionamento de parques eólicos no Brasil, o presente trabalho se propôs a elucidar cada impacto de acordo com os aspectos da Análise Pestal. No aspecto político, os impactos são observados principalmente em relação à modicidade tarifária ocasionada pelos leilões de energia públicos. No aspecto econômico, os reflexos estão relacionados principalmente à geração de empregos, aumento do PIB e do capital estrangeiro, abertura de linhas de crédito, redução em compensações e reparações financeiras. Já no aspecto social, o impacto socioespacial pode ser percebido de forma negativa principalmente nas fases de construção e de instalação, já que a população local é obrigada a conviver com uma invasão de canteiros de obras, alojamentos e novas estradas por toda a localidade e muitas vezes próximos aos quintais de suas casas.

Sobre o aspecto tecnológico, os principais impactos estão relacionados aos ruídos sonoros dos aerogeradores, além de interferências eletromagnéticas que causam instabilidade em aparelhos celulares e televisores. Sobre o aspecto ambiental, os impactos são faunísticos na fase de construção de parques eólicos e visuais, uma vez que o parque eólico começa a fazer parte da paisagem. Por fim, os aspectos legais estão relacionados principalmente a leis e decretos de incentivo fiscal à produção de energia eólica no Brasil.

Mesmo sendo considerada uma fonte limpa e uma grande aposta para a matriz energética brasileira, mostra-se necessário o estudo e constante pesquisa científica que aborde todos os impactos presentes, a fim de pensar-se em formas de mitigar seus impactos negativos, mesmo que estes sejam poucos. A instalação de parques eólicos sempre trará impactos, positivos ou negativos, dependendo do ponto de vista. Nesse sentido, a relevância do presente estudo mostra-se através do apontamento dos impactos acima citados, para que a energia eólica torne-se um empreendimento cada vez mais limpo.

Em relação às limitações da pesquisa, cabe ressaltar a abrangência realizada a nível Brasil no que tange à instalação dos parques eólicos, não sendo possível o aprofundamento dos

impactos de cada região em específico. Como sugestões para pesquisas futuras, recomenda-se a investigação dos impactos presentes divididos por região, para que os resultados obtidos contribuam de uma forma mais assertiva para pensar-se em alternativas viáveis.

O confronto entre energia limpa e seus impactos negativos causados existe em todos os empreendimentos de geração de energia eólica. A energia 100% limpa é um mito, assim como o “risco zero”, e não obstante a instalação de parques eólicos também trará impactos, sejam estes positivos ou negativos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABE Eólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. **Energia eólica tem média diária recorde no Sul e Nordeste do País.** (2016) Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/>

ABREU, Y. V.; DAMASCENO, V. S. **Avaliação da energia eólica no Brasil utilizando a análise SWOT e PESTEL.** Campo Grande, 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/inter/a/THBdY7vzpnGvfBwvmvPSTxn/?format=html&lang=pt#>>

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; DE SÁ, A. L. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro.** Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2001.

ARAÚJO, Amanda Alves; MOURA, Geraldo Jorge Barbosa. **A literatura científica sobre os impactos causados pela instalação de parques eólicos: análise cientométrica.** Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 13, n. 28, p. 207-223, mai/ago. 2017.

AZEVEDO, João Paulo Minardi de; NASCIMENTO, Raphael Santos do. **Energia Eólica e impactos ambientais: um estudo de revisão.** XX Encontro Latino Americano de Iniciação Científica, XVI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação e VI Encontro de Iniciação à Docência – Universidade do Vale do Paraíba, 2016.

BARBOSA FILHO, W. P. **Impactos Ambientais em Usinas Eólicas.** AGRENER, GD. Itajubá – MG, 2013. Disponível em: <http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

BOCALETTO, Vinícius Otávio. **Estudo de Caso do Fornecimento de Energia por Fontes Alternativas em uma Escola da Rede Pública.** Itatiba, 2009. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2009.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Comissão Mundial Sobre Ambiente e Desenvolvimento.** Nosso futuro em comum. Rio de Janeiro: FGV, 1988.

CALDWELL, Lynton K. **Uma política mundial para o meio ambiente.** O Correio, Rio de Janeiro, v. 1, n. 3, p. 4-7, mar. 1973.

CAMILLO, E. V. **As políticas de inovação da indústria de energia eólica: uma análise do caso brasileiro com base no estudo de experiências internacionais.** Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2013.

CHAGAS, L. D. A.; LUCAS, T. B. **Ponderações sobre a energia eólica e sua aplicação.**

Revista Eletrônica, Colégio Mãe de Deus. Vol. 2, set. 2011. Disponível em:

<[http://www.colegiomaededeus.com.br/revistacmd/revistacmd\\_v22011/artigos/](http://www.colegiomaededeus.com.br/revistacmd/revistacmd_v22011/artigos/)

a14\_remc\_cmdset2011.pdf>.

CUNHA, Glória. **Energia eólica no Brasil: marcos, avanços e incentivos fiscais para o setor.** Disponível em <https://www.dpc.com.br/energia-eolica-incentivos-fiscais/>. Acesso em: 12 jul. 2022.

FADIGAS, Eliane A. Farias Amaral. **Energia eólica.** Barueri: Manole, 2011, 285p. (Série Sustentabilidade/Arlindo Philippi Jr., coordenador).

FONTANILLAS, Carlos Navarro. **Uma análise da cadeia produtiva do petróleo a partir da aplicação do método AHP/Fuzzy ao modelo pestal sob a ótica dos experts do petróleo.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Tese de Doutorado. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe\\_d/CarlosNavarroFontanillas.pdf](http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_d/CarlosNavarroFontanillas.pdf)

GOLDEMBERG, José. **Energia e desenvolvimento sustentável.** 2. reimpr. São Paulo: Blucher, 2014, p. 82 (Série sustentabilidade; v. 4/José Goldemberg, coordenador).

GORAYEB, Adryane; Brannstrom, Christian; MEIRELES, Antonio Jeovah de Andrade. **Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil.** Fortaleza, Edições UFC, 2019.

LIMA, Carolina Carneiro; OLIVEIRA, Márcio Luis. **Energia eólica: por uma revisão das bases energéticas e por um incentivo à economia de baixo carbono.** Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM, v. 10, n. 2 / 2015.

MARTINHO, Felipe Miguel. Energia eólica: estudos e reflexões sobre a viabilidade do potencial dessa matriz energética no Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, ano 1, v. 10, p. 25-28, 2016. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/energia-eolica>. Acesso em: 23 ago. 2021.

MEIRELES, A. J. A., SILVA, E. V.; THIERS, P. R. L. **Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira.** Espaço e Tempo, São Paulo, n. 20, 2006.

MEYER, M.F., SEIXAS, A.S., MELO, I.M.L., CASSIANO, L.J.S., RAPOSO, L.Q. **Energia Eólica e seus impactos ambientais.** In: 4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente, Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014.

MONTEZANO, B. E. M. **Estratégias para identificação de sítios eólicos promissores usando sistema de informação geográfica e algoritmos evolutivos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

MOREIRA, Roseilda Nunes; BIZARRIA, Fabiana Pinto de Almeida; MARQUESAN, Fábio Freitas Schilling; BARBOSA, Flávia Lorenne Sampaio. **Sustentabilidade e energia eólica:**

**percepções comunitárias no interior do Ceará – Brasil.** Colóquio – Revista do Desenvolvimento Regional – Faccat – Taquara/RS – v. 14, n. 1, jan/jun. 2017.

PACHECO, C. S. G. R.; SANTOS, R. P. **Parques eólicos e transformações espaciais: Uma análise dos impactos socioambientais na região de Sento Sé/BA.** Revista Brasileira de Geografia Física, v. 5, p. 1243-1258, 2012.

PINTO, Lucía Iracema Chipponelli; MARTINS, Fernando Ramos; PEREIRA, Enio Bueno. **O mercado brasileiro da energia eólica, impactos sociais e ambientais.** Rev. Ambient. Água, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1082-1100, dez. 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambiagua/a/5b77GB9j4yPTzkS4pjxyhVH/?lang=pt>. Acesso em: 23 ago. 2021.

RIBEIRO, H. C. M.; CORRÊA, R; PIEROT, R. M. **Projeto de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo: Um Estudo de Caso na Empresa de Energia Eólica do Estado do Piauí.** Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade – Vol. 2, nº 2 – Edição Especial Rio +20, ago., p.61-75, 2012. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/reunir/index.php/uacc/article/view/61/pdf>. Acesso em: 15 jun. 2022.

SANTOS, Paola Ribas Gonçalves; FLORENTINO, Maria Caroliny Camargo; BASTOS, Jhennyfer Lopes Cerqueira; TREVISAN, Giselle Vanessa. **Fontes renováveis e não renováveis geradoras de energia elétrica no Brasil.** Trabalho do Curso Técnico Integrado ao Ensino Médio em Administração IFC – Campus São Francisco do Sul, 2015.

SILVA, José Janderson Lopes da. **A gestão ambiental e a sustentabilidade no setor de energia eólica no Ceará.** 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) - Centro de Ensino Superior do Ceará, Faculdade Cearense, Fortaleza, 2013.  
GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa.* 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008. 173 p.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva. **Rumo à prática empresarial sustentável.** Artigo baseado na dissertação de mestrado apresentada ao Curso de Pós-Graduação da EAESP / FGV. Revista de Administração de Empresas / EAESP / FGV, São Paulo, Brasil, 1993.

STAUT, Fabiano. **O processo de implantação de parques eólicos no nordeste brasileiro.** Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador-BA, 2011.

VARELA, Isabela Dalle; ZINI, Júlio César Faria. **Energias Renováveis: meio ambiente e sustentabilidade.** In.: CUSTÓDIO, Maraluce M.(org.). Energia e Direito: Perspectiva para um diálogo de sustentabilidade. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2015, p. 43.