

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

ESTUDO SOBRE A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

BÁRBARA EMANUELA DE ALMEIDA



Bárbara Emanuela de Almeida

ESTUDO SOBRE A ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Leal Teixeira

Coorientadora: Profa. Dra. Júlia Ferreira da Silva

Montes Claros

Instituto de Ciências Agrárias - UFMG

2021

Bárbara Emanuela de Almeida. ESTUDO SOBRE ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

Aprovado pela banca examinadora constituída por:

Nívia Lopes dos Santos – MBA, Msc

Prof. Dr. Rodolpho dos Reis Tinini – ICA / UFMG

Profa. Júlia Ferreira da Silva – Coorientadora, ICA/UFMG

Prof. Dr. Gustavo Leal Teixeira, Orientador – ICA / UFMG

Montes Claros, 09 de Setembro de 2021.

Dedico este trabalho aos meus pais, Elma e Leandro.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, acima de tudo, a Deus! Obrigada Senhor por sempre ser meu guia e não me deixar desistir todas as vezes que pensei não ser capaz de finalizar essa conquista.

Aos meu pais, Elma e Leandro, por absolutamente tudo! Foi uma decisão que sem o empurrão de vocês eu não teria tomado, afinal cursar uma segunda faculdade requer muitas concessões, mas à sua maneira, cada um mostrou que nada vale a pena sem esforço. Elma Almeida: meu orgulho e inspiração em forma de mulher; Leandro Almeida: meu exemplo perseverança e força de vontade!

Eder, o namorado que encontrei no meio do caminho: obrigada por isso. Minha eterna gratidão pelo apoio, ensinamentos, alegrias, companheirismo e amor!

Agradeço à tia Natividade, Karol e Layd por me acolherem em Montes Claros e estarem sempre presentes, me permitindo fazer parte de uma família nessa cidade.

Às amigas Nívia e Mairsa: obrigada por não desistirem de mim! Sem vocês eu realmente não teria saído do lugar por várias vezes! Aos amigos Helbert Neves e Cláudio de Paula, minha eterna gratidão pelo incentivo, cuidado, apoio e companheirismo de vocês!

Às amigadas que a UFMG me proporcionou: Anne Gabryelle, Ana Tereza e Melissa Alane, obrigada por nunca me deixarem “largar tudo e sair correndo pra BH”!

Aos meus familiares e amigos, em especial Tia Nelma, Vó Zezé e Vô Tião, por estarem sempre enviando pensamentos positivos e orações, deixo minha gratidão por tudo!

À educadora Júlia, sempre cuidadosa e compreensiva com o próximo, obrigada por participar dessa etapa da minha formação.

Minha eterna gratidão a todos, essa conquista é nossa!

RESUMO

O expressivo crescimento de demanda da energia elétrica no mundo, especialmente no Brasil, tem promovido o desenvolvimento do setor por meio das fontes alternativas de energia, como a eólica. Diversos países estão se mobilizando para reduzir o impacto da emissão de gás carbônico na atmosfera e a obtenção de energia renovável, através de fontes alternativas tem se tornado opção viável para geração de energia elétrica. Este trabalho teve como objetivo estudar a energia eólica como fonte alternativa para geração de energia elétrica, procurando analisar a situação do setor no Brasil, considerando seu aspecto histórico e a matriz energética do país. O trabalho foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória, reunindo informações encontradas em artigos, livros, teses, dissertações e documentos relacionados à energia eólica. Os resultados mostraram que o Brasil possui potencial energético elevado e que a energia eólica apresenta diversos benefícios, como a geração de emprego e renda, a sustentabilidade, a redução da poluição do ar e da emissão de gases de efeito estufa e que apresenta também entraves para sua ascensão no país, tais como: a falta de incentivo, a dificuldade no acesso de informações e dados sobre o setor; a falta de mão de obra capacitada; a falta de estrutura e falta de conservação das estradas e rodovias brasileiras; a má gestão das políticas públicas para o setor. A energia eólica possui grande premissa para contribuir com o crescimento do país nos aspectos econômicos, sociais e ambientais e o grande problema da expansão das fontes alternativas de energia não está na falta das políticas públicas e incentivos legais, mas em uma gestão deficiente e falta de mão de obra especializada.

Palavras-chave: Aerogerador. Fontes renováveis. Matriz energética. Impactos ambientais. Sustentabilidade.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Matriz Energética brasileira em 2019	13
Figura 2 - A evolução da instalação de energia eólica no Brasil.....	13
Figura 3 - Representação gráfica da matriz elétrica brasileira	14
Figura 4 - Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar	15
Figura 5 - Mapa do Potencial Eólico brasileiro	16
Figura 6 - Considerações acerca tamanho dos aerogeradores e suas principais aplicações	18
Figura 7 – Componentes básicos de aerogeradores horizontais	19
Figura 8 - Estrutura base em construção	20
Figura 9 - Vista interna da torre.....	19
Figura 10 - Exemplo de um painel elétrico	20
Figura 11 - Modelo de cabo que ficará enterrado	21
Figura 12 - Abertura sendo preparada para receber os cabos.....	21
Figura 13 - Parque Eólico de Laranjeiras III e IX	22
Figura 14 - Cultivo agrícola e geração de EO em Marcolândia/PI	27
Figura 15 - Mapa de Carreiras	28
Figura 16 - Mapa informativo dos municípios com projetos públicos.....	30
Figura 17 - Simulação da energia elétrica gerada através por aerogerador de forma direta	32
Figura 18 - Etapas do procedimento para obtenção de licenciamento ambiental	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI	- Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ACR	- Ambiente de Contratação Regulada
ABEEólica	- Associação Brasileira de Energia Eólica
ANA	- Agência Nacional das Águas
ANEEL	- Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	- Balanço Energético Nacional
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Social
CA	- Correte alternada
CBEE	- Companhia Brasileira de Energia Elétrica
CCEE	- Câmara de Comercialização do Setor Elétrico
CEPEL	- Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
Celpe	- Companhia Energética de Pernambuco
CO_2	- Gás carbônico
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTGAS-ER	- Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis
EO	- Energia eólica
EPE	- Empresa de Pesquisa Energética
FGV	- Fundação Getúlio Vargas
GEE	- Gases do Efeito Estufa
GW	- <i>gigawatts</i>
ICGs	- Centrais de Geração para Conexão Compartilhada
KWh	- Quilowatts por hora
<i>m/s</i>	- metros por segundo
MME	- Ministério de Minas e Energia
O&M	- Operação e manutenção
PCHs	- Pequenas Centrais Elétricas
PROEÓLICA	- Programa Emergencial de Energia Eólica
PROINFA	- Programa de Incentivos a Fontes Alternativas de Energia Elétrica
SIN	- Sistema Interligado Nacional
TEE	- Turbinas Eólicas de Pequena Escala

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 A Energia Eólica e sua evolução no Brasil.....	11
2.1.1 A matriz energética no Brasil	12
2.2 O funcionamento da EO e os principais equipamentos de um parque eólico	14
2.3 Impactos Ambientais da Energia Eólica.....	22
2.4 Sustentabilidade no setor da energia eólica.....	25
2.4.1 Geração de Empregos a partir da energia eólica	27
2.4.2 Redução da poluição do ar e da emissão de gases do efeito estufa	29
2.4.3 Geração de energia eólica para fins agrícolas	29
2.5 Obstáculos para o crescimento da energia eólica no Brasil.....	32
2.5.1 Energia Eólica e as Políticas Públicas	32
2.5.2 Licenciamento Ambiental dos parques eólicos	33
2.5.3 Dificuldades do setor eólico	35
3 METODOLOGIA.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39

1 INTRODUÇÃO

O estilo de vida adotado pela maioria da população mundial tornou a energia elétrica indispensável para a vida moderna. Por muito tempo, a energia elétrica foi gerada partindo da queima de derivados do petróleo ou carvão, que desde o início produzem elevados impactos para o planeta. Com o progresso da tecnologia e de temáticas sustentáveis, novas tecnologias foram criadas e são aprimoradas na área de energia (ANDRADE, 2019).

A matriz elétrica mundial é de origem predominantemente fóssil, como o carvão e derivados do petróleo. Sendo assim, é inegável os esforços de governos quando o assunto é reduzir a dependência sobre os combustíveis fósseis de elevado impacto ambiental (CALIJURI e CUNHA, 2013). Nesse contexto, diversos países estão se mobilizando para reduzir o impacto da emissão de gás carbônico na atmosfera, onde a obtenção de energia renovável, através de fontes alternativas tem se tornado opção viável para geração de energia elétrica.

De acordo com Simas (2012), o incentivo às energias renováveis no Brasil está relacionado à pretensão de diversificar a matriz elétrica, de assegurar o fornecimento de energia, de reduzir os impactos ambientais da expansão das hidrelétricas e de incentivar o desenvolvimento de novas indústrias e gerar empregos.

Como fonte limpa e renovável, a energia eólica tem se destacado no cenário brasileiro nos últimos anos. Sua grande evidência está nas regiões Nordeste e Sul do país, e por ser originária da natureza (do vento), seu processo de geração não desfere gases do efeito estufa. Além disso, é apresentada como uma atividade complementar às outras atividades econômicas, visto que ocupa uma área inferior a 10% do total daquela dedicada para a criação dos equipamentos, permitindo a coexistência com atividades agrícolas e pecuárias, por exemplo (OLIVEIRA *et al*, 2020).

Apesar disso, a Empresa de Pesquisa Energética – EPE, relata que o aproveitamento de oportunidades da eficiência energética carece de uma integralização entre as fontes energéticas e os agentes envolvidos, sendo esses o governo, o setor privado, as instituições financeiras e a sociedade em geral. Junto a isso, existem barreiras que prejudicam o aumento da eficiência energética, tais como a falta de conhecimento acerca do potencial e suas medidas de eficiência; a escassez de informações e dados; a baixa confiança nos reais custos e benefícios da energia eólica; a resistência infundada às mudanças; além da pouca prioridade em face dos projetos, no que diz respeito a apoio financeiro e insignificante divulgação para a sociedade como um todo (BRASIL, 2019).

Com o objetivo de estudar a energia eólica (EO) como fonte alternativa para geração de energia elétrica, este trabalho procura analisar a situação do setor no Brasil, considerando seu aspecto histórico e a matriz energética do país.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Energia Eólica e sua evolução no Brasil.

O vento é tido como uma fonte alternativa de energia e gera eletricidade a partir dele, significa transferir energia de um meio para outro, usando turbinas eólicas, proporcionando ao meio ambiente um dos mais significativos benefícios: enquanto opera, não emite gases do efeito estufa:

A energia renovável é uma solução para o problema energético global. Além disso, tem impactos socioeconômicos benéficos, como a diversificação do fornecimento de energia, aumentando as oportunidades de desenvolvimento regional e rural e a criação e oportunidades de emprego (AZEVEDO; NASCIMENTO; SCHRAM, 2016, p. 05).

A energia eólica tem sido manuseada há milhões de anos para finalidades que envolvem energia mecânica; já para geração de eletricidade as primeiras tentativas ocorreram no fim do Século XIX. Mas somente um século depois, com a busca de alguns países por segurança de abastecimento de energia e por redução de dependência de importação de combustível, advinda da crise do petróleo na década de 1970, ocorreu o interesse e o investimento suficiente para desenvolvimento em grande escala e equipamentos de aplicação comercial da energia eólica (ANEEL, 2005).

O uso eólico para geração de energia teve início na Dinamarca, onde a primeira turbina comercial foi instalada em 1976. Já na França, em meados de 1929, foi projetado o primeiro aerogerador com dimensões aproximadas aos modelos atuais, conforme descreve Rodrigues (2011).

Enquanto isso, somente em 1992 o território brasileiro obteve o primeiro aerogerador de potência elevada instalado, no arquipélago de Fernando de Noronha (ANEEL, 2005). Este acontecimento foi possível após a parceria entre a Companhia Energética de Pernambuco (Celpe) e o CBEE. Em seguida, os projetos de pequeno porte foram sendo executados no país (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017).

Em 2001, a crise energética que provocou severo racionamento de energia, fez com que o incentivo à contratação de novos empreendimentos para geração de energia elétrica se tornasse real, criando o Programa Emergencial de Energia Eólica – PROEÓLICA. O objetivo

era adquirir 1050 megawatts dos projetos eólicos até 2003, porém não obteve sucesso (BATISTA, 2019).

No ano seguinte, em 2002, foi constituído o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, com a finalidade de incentivar a geração de energia através das usinas eólicas, de biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCHs), conforme aponta Diniz (2018). O programa foi instituído pela Lei 10.438 de 26 de abril de 2002, regulamentado pelo Decreto N°. 5.025 de 30 de março de 2004 e constituído junto ao Ministério de Minas e Energia (MME), que foi o responsável pela definição das diretrizes, elaboração do planejamento do programa e definição dos valores de cada fonte. A Eletrobrás ficou encarregada apenas da comercialização da energia (SIMAS, 2012).

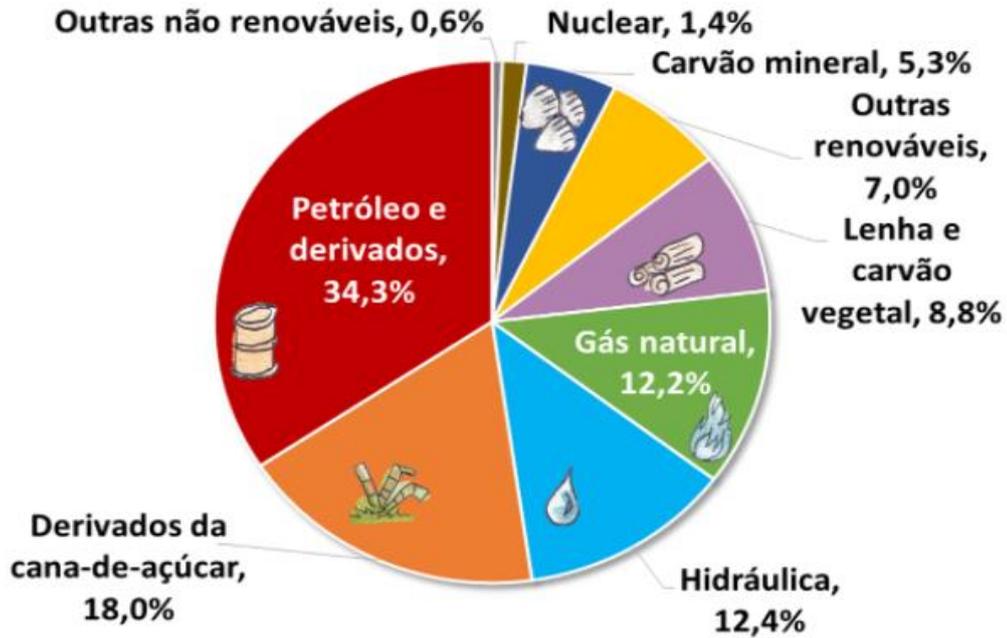
2.1.1 A matriz energética no Brasil

A matriz energética¹ configura o conjunto de fontes de energia que estão disponíveis no território de um determinado país para suprir as demandas energéticas, ou seja, é através da disponibilidade da matriz energética que se torna possível a captação, distribuição e utilização da energia para os setores comerciais, industriais e residenciais (MAIO, 2014).

Segundo o Balanço Energético Nacional – BEN, no Brasil a matriz energética é diversa da mundial. O consumo energético por meio das fontes renováveis é menor em relação às fontes não renováveis, porém utilizamos mais fontes renováveis quando comparados com o restante do mundo. As energias renováveis no Brasil, quando somadas, totalizavam no ano de 2019, 46,2 %, refletindo quase metade da matriz energética nacional (EPE, 2020).

¹ a matriz energética é diferente de matriz elétrica, que é responsável pela geração da eletricidade, ou seja, representa as fontes disponíveis para produção de energia elétrica (EPE, 2020).

Figura 1 - Matriz Energética brasileira em 2019



Fonte: EPE, 2020.

Em 2011 o Brasil tinha menos de 1 GW (*gigawatts*) de capacidade instalada e hoje, dez anos depois, o país conta com 18 GWs. Na Figura 2 é mostrada essa ascensão, com início em 2005 até os dias atuais, com estimativa do crescimento até 2024 (ABEEólica, 2021).

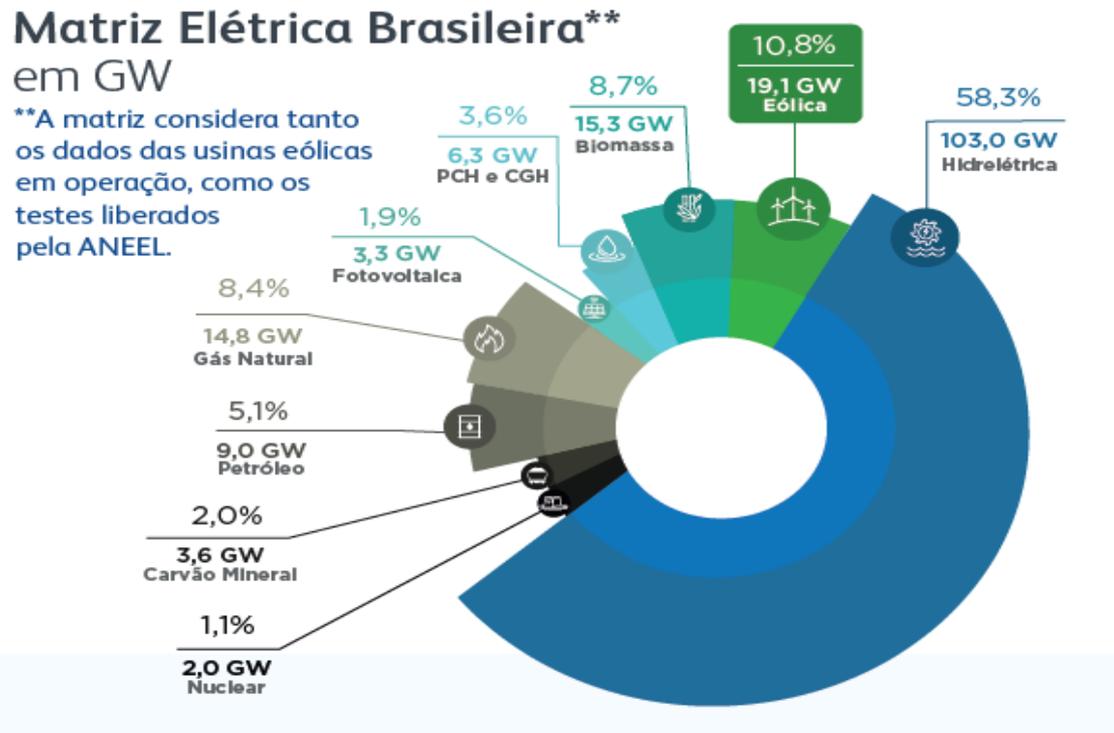
Figura 2 - A evolução da instalação de energia eólica no Brasil entre 2005 e 2024 (estimativa)



Fonte: ABEEólica, 2021. “Adaptada de: ANEEL, s.n.”

Os últimos dados ilustram o cenário atual da matriz elétrica brasileira, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 - Representação gráfica da matriz elétrica brasileira no ano de 2021



Fonte: ABEEólica, 2021.

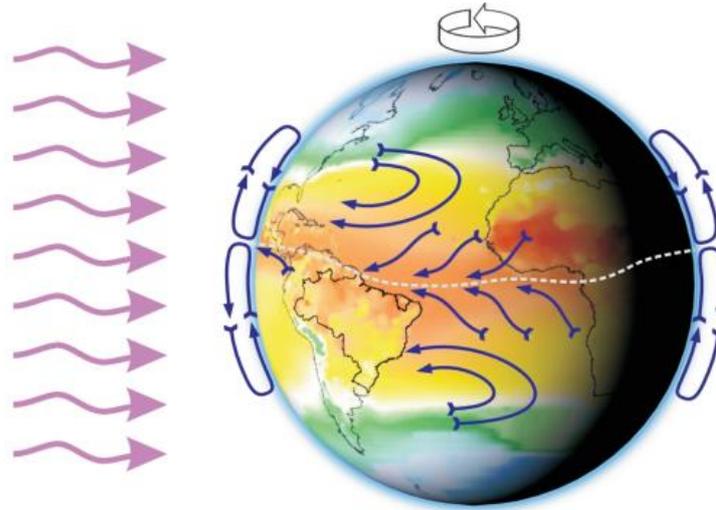
Rodrigues (2019) considera que, por ser um país com alta condição de geração de energia eólica no mundo, o Brasil torna-se interessante para o investimento em usinas eólicas. Apesar de ainda tímidos, os proventos governamentais para o desenvolvimento dessa energia auxiliam em tais investimentos, além das amplas áreas para construção das usinas, bem como o fato de as peças dos aerogeradores serem produzidas em território nacional, diminuindo o custo final da implantação.

2.2 O funcionamento da EO e os principais equipamentos de um parque eólico

Nunes e Manhães (2010), explicam que quando o ar se move rapidamente em forma de vento, as suas partículas, que estão em formas gasosas, também se movimentam rapidamente, e que esse movimento significa a energia cinética capturada pela turbina eólica. As pás dessas turbinas são projetadas para capturar a energia cinética contida no vento e o aerogerador é responsável por transformar essa energia rotacional em eletricidade.

A energia originária dos ventos é uma forma indireta de energia decorrente do aquecimento desproporcional da superfície da terra, já que tal processo acaba por resultar na formação de zonas de alta e baixa pressão (DUTRA, 2008). Este processo é representado na Figura 4:

Figura 4 - Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar



Fonte: CEPTEL, 2001.

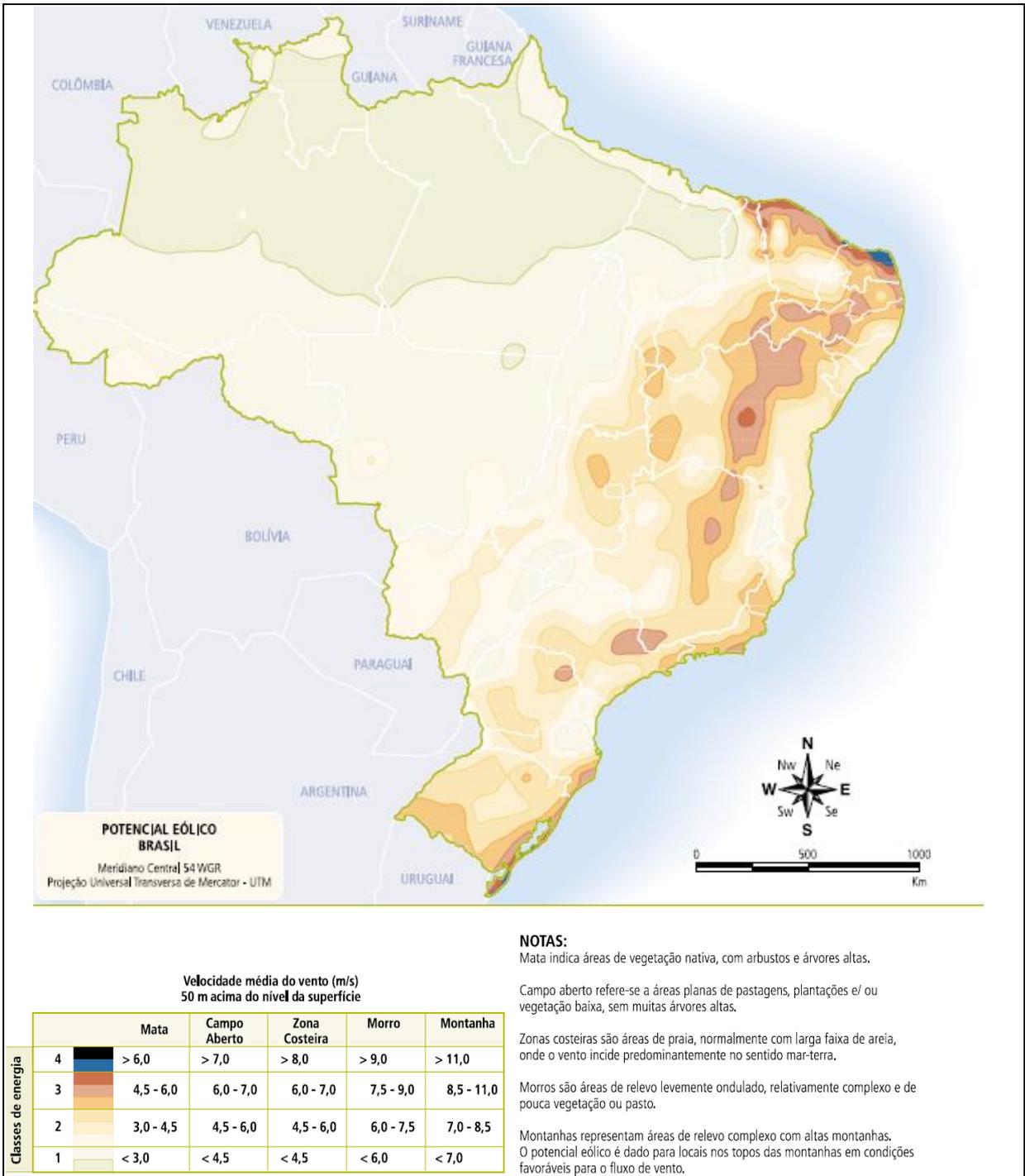
A produção da energia eólica depende, primordialmente, da velocidade dos ventos nos locais onde estão instalados os aerogeradores, sem imposição de outras matérias primas senão aquelas utilizadas em suas estruturas e equipamentos (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

A Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2005) descreve a energia eólica como a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (o vento), e seu aproveitamento dá-se por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, através das turbinas eólicas, conhecidas como aerogeradores, para geração da energia elétrica.

Por depender fortemente de condições geográficas e climáticas, principalmente relacionadas à velocidade dos ventos (anemométricas), a localização dos parques eólicos prioriza aquelas áreas que contenham velocidades médias de ventos elevadas o ano todo, ou seja, a partir de 6 *m/s* (OLIVEIRA *et al.*, 2020).

Na Figura 5 está exemplificada a capacidade de geração de energia eólica baseada na velocidade média do vento, em *m/s*, e que justifica a maior concentração dos empreendimentos eólicos no litoral do país, detentor dos ventos mais fortes (OLIVEIRA, 2014).

Figura 5 - Mapa do Potencial Eólico brasileiro



Fonte: ANEEL, 2005.

Além de ser importante para possibilitar a estimativa da geração de um parque eólico e seus rendimentos, o conhecimento do comportamento do vento é essencial para os fabricantes, permitindo a eles o aperfeiçoamento das turbinas, conforme o local de instalação dos aerogeradores (OLIVEIRA, 2014). Para obter os dados essenciais para realizar o

levantamento das condições regionais em concordância com o comportamento dos ventos, Dutra (2008) afirma que podem ser alcançados a partir de visitas ao local de interesse, além de mapas topográficos, imagens aéreas e dados de satélite.

Oliveira (2014) enfatiza que após o criterioso estudo das condições de vento, é necessário que a região disponha de certas características para se tornar viável a instalação de um parque eólico, tais como:

- existência de ventos constantes, com alta velocidade média, e baixa variação e direção;
- respeito ao distanciamento entre as turbinas, a fim de evitar que a alta turbulência que a proximidade entre elas provoca, prejudique a geração e a integridade física dos equipamentos,
- necessidade das torres que sustentam os aerogeradores serem elevadas, devido à velocidade dos ventos variarem de acordo com a altura;
- presença de pouca rugosidade no terreno.

Os principais equipamentos necessários para a instalação dos parques eólicos, são divididos entre:

Aerogeradores: “são os responsáveis pela transformação da energia cinética presente no vento para energia elétrica entregue, na maioria das vezes, à rede da concessionária ou ao Sistema Interligado Nacional – SIN” (OLIVEIRA, 2014, p. 43). São classificados em pequeno, médio e grande porte, conforme mostrado na Figura 6:

Figura 6 - Considerações sobre o tamanho dos aerogeradores e suas principais aplicações

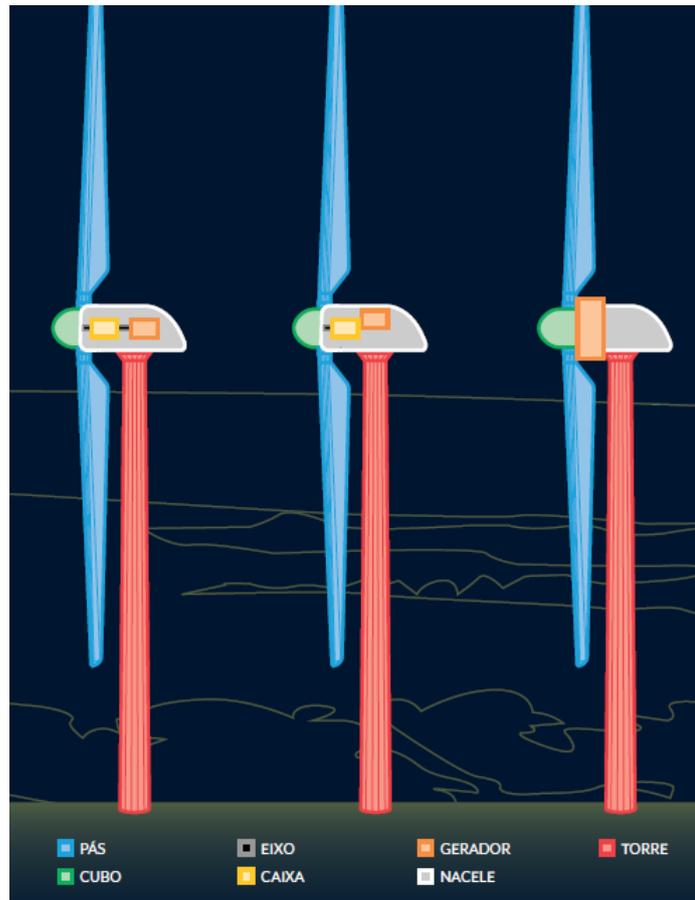


Fonte: Dutra, 2008.

O Comitê Técnico Setorial de Energia Eólica (2020) define os principais componentes dos aerogeradores (FIGURAS 7, 8 e 9):

Rotor: Consiste na parte giratória do aerogerador. É o conjunto composto pelas pás e o cubo do rotor, que efetua a transformação da energia cinética dos ventos em energia mecânica de rotação. Todo o conjunto é conectado a um eixo que transmite a rotação das pás para o gerador, por vezes, por meio de uma caixa multiplicadora; *Nacele*: Compartimento instalado no alto da torre dos aerogeradores, que abriga todos os componentes essenciais para produção de energia. As naceles costumam ter um formato oval ou retangular. O formato oval geralmente está associado a um sistema de transmissão direta, ou seja, sem a caixa multiplicadora (gear box); *Torre*: Elemento que sustenta o rotor e a nacele na altura adequada para o funcionamento do aerogerador. Geralmente fabricada em aço, concreto e híbrido (segmentos de concreto, mais segmentos de aço); *Sistema de Controle*: Conjunto de dispositivos que controla a conversão do movimento mecânico em energia elétrica e sua disponibilização à rede de transmissão elétrica; *Fundação*: Estrutura-base que sustenta todo o aerogerador, normalmente construída em concreto nas instalações em campo ou *on shore*. Nas instalações no mar ou *off shore*, a estrutura pode ser em aço (COMITÊ TÉCNICO SETORIAL DE ENERGIA EÓLICA, 2020, p. 03; 06; 08-10).

Figura 7 –Componentes básicos de aerogeradores horizontais



Fonte: ABDI, 2017. “Adaptada de: Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito, 2008”

Figura 8 - Estrutura base que sustenta o aerogerador, em construção



Fonte: Soares, 2010.

Figura 8 - Vista interna da torre do aerogerador



Fonte: Hailo Wind Systems®

Transformadores: Os transformadores de potência são dispositivos acomodados na parte superior de cada torre do aerogerador, com finalidade de subir o nível da tensão para que as torres operem com correntes mais baixas e cabos de menor espessura (OLIVEIRA, 2014).

Painéis elétricos: São embalagens devidamente protegidas, montadas com todas as interconexões internas de natureza elétrica e mecânica (FIGURA 10), acolhendo “ (...) uma combinação de equipamentos responsáveis por diversas funções, como por exemplo: manobra, controle, medição, sinalização, proteção e regulação” (OLIVEIRA, 2014, p. 59).

Figura 9 - Exemplo de um painel elétrico



Fonte: Oliveira, 2014

Cabos: A instalação dos cabos (FIGURAS 11 e 12) é orientada pela Norma ABNT NBR 14036/2005, que indica como valor mínimo 0,90 metros de profundidade para serem enterrados (OLIVEIRA, 2014).

Figura 10 - Modelo de cabo que ficará enterrado



Fonte: Prysmian Group®

Figura 11 - Abertura sendo preparada para receber os cabos



Fonte: Soares, 2010.

Conhecidos os equipamentos, é possível conceituar o parque eólico (FIGURA 13), que é o conjunto de aerogeradores, condutores de eletricidade, subestação de energia e algumas instalações necessárias para viabilizar a produção de energia procedente da ação do vento (NIEVES, 2012).

Figura 12 - Parque Eólico de Laranjeiras III e IX, no estado da Bahia.



Fonte: Goetzel Lobato Engenharia, 2021.

A determinação do aerogerador a ser operado em uma determinada usina eólica irá variar de acordo com a aplicação da central eólica, a característica física do terreno e o comportamento do vento (OLIVEIRA, 2014).

2.3 Impactos Ambientais da Energia Eólica

O fato de a energia eólica reduzir impactos ambientais não exime ninguém de negligenciar ou esquecer a necessidade de defender e preservar o meio ambiente. A Constituição Federal de 1988, em seu artigo 225, *caput*, dispõe que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à

coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

A legislação ambiental brasileira apesar de complexa, é valorosa. Existe regulação das atividades de organizações instaladas através do Ministério do Meio Ambiente, Secretarias Estaduais de Meio Ambiente e órgãos estaduais. Na Resolução nº 01/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) impacto ambiental é definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II – as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V – a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Em relação à energia eólica, os impactos ambientais negativos são pequenos, mas existem, uma vez que nenhum empreendimento consegue garantir risco zero. Gorayeb e Brannstrom (2016), consideram importante ouvir a comunidade que habita a localidade em relação às informações completas sobre as negociações, os projetos e o porte do empreendimento, com o propósito de analisar como tal empreendimento poderá afetar, direta ou indiretamente, o grupo de moradores locais.

Pinto (2013), considera que as vantagens da energia eólica são estimadas em decorrência das emissões evitadas de outras fontes (como emissão de gases e resíduos), não sendo excluídos os impactos ambientais que podem vir a causar.

Araújo & Moura (2017) elencam que os principais impactos negativos causados pela instalação e uso de parques eólicos são: desmatamento da vegetação e alteração da paisagem; impactos à fauna; impactos sonoros - emissão de ruídos; impactos visuais; interferências eletromagnéticas.

Desmatamento da vegetação e alteração da paisagem: Um dos impactos associados ao meio físico, segundo Barbosa Filho (2013), é causado pela terraplanagem, por estar associada às retiradas e soterramentos da cobertura vegetal, abertura de vias de acesso, áreas de manobra de caminhões, dentre outros fatores.

Muitas são as alegações desfavoráveis e que envolvem uma variedade de fatores para a implantação de parques eólicos, no entanto, a maioria dos estudos apresentam a concordância desse empreendimento nas comunidades.

Impactos sobre a fauna: De acordo com Correa (2015), a interferência dos parques eólicos nas rotas das aves é mínima quando comparado a outras causas:

Os parques eólicos devem ser instalados em áreas afastadas das rotas migratórias de aves e das áreas ocupadas por espécies em extinção. Colisões de aves e morcegos com as pás tem sido a maior preocupação dos biólogos na implantação de projetos. Estudos mostram que este impacto é mínimo se comparado a outras causas tais como redes elétricas de alta tensão e colisões de pássaros com veículos em estradas (CORREA, 2015, p. 45)

As medidas de redução para esse impacto dependem do local de instalação do parque eólico e das espécies assistidas da região. Segundo Pinto *et al* (2017):

Algumas das ações mitigadoras são comuns para todo empreendimento eólico, independente da região: importantes zonas de conservação e áreas de sensibilidade devem ser evitadas; um programa de monitoramento ambiental antes, durante e depois da construção vai fornecer a informação necessária para avaliar o impacto sobre as aves; projeto adequado de parques eólicos: situando aerogeradores próximos e agrupando aerogeradores para evitar um alinhamento perpendicular às trajetórias principais de voo das espécies nativas e migratórias; providenciar corredores livres entre grupos de aerogeradores, quando necessário; aumentar a visibilidade das pás do rotor; instalação de cabos de transmissão subterrâneos; treinamento ambiental adequada para equipe de trabalhadores do parque eólico; presença de especialistas ambientais durante a construção em localidades sensíveis; realocação de aerogeradores conflitantes; interrupção da operação durante os períodos de migração; e redução da velocidade rotor durante períodos críticos (PINTO *et al*, 2017, p. 1093).

Impactos Sonoros – Emissão de ruídos: De acordo com Barbosa Filho e Azevedo (2013), as turbinas eólicas geram duas categorias de ruídos: mecânico: de engrenagens e geradores e aerodinâmico: das pás. Os ruídos mecânicos, por meio de materiais de isolamento, têm praticamente sido suprimido; e o ruído aerodinâmico ocorre devido a rotação das pás, que produz um som estridente. Mas os projetos modernos das usinas eólicas vêm sendo aprimorados com o propósito de diminuir o ruído aerodinâmico.

Impactos visuais: O sentimento provocado por um parque eólico é abstrato, pois muitas pessoas olham uma turbina eólica como uma representação de energia limpa e tecnologia avançada; enquanto outras de forma negativa à essa nova paisagem (PINTO *et al*, 2017).

Embora o impacto visual seja muito específico para o local, em uma usina eólica em particular, algumas características no *design* e implantação podem ser identificadas para minimizar o seu impacto potencial visual: o tamanho e o tipo similares de turbinas em uma usina eólica ou de várias adjacentes; seleção de design de turbinas eólicas (torre, cor) de acordo com as características da paisagem; seleção de cor neutra e pintura anti-reflexo para torres e pás; pintura de camuflagem próxima a instalações militares, para evitar que os aerogerados constituam pontos de referência; o uso de três lâminas girando na mesma direção; o panorama visual melhora com a distribuição de turbinas em linha (BARBOSA FILHO E AZEVEDO, 2013, p. 11).

Os novos modelos de aerogeradores, com torres superiores a 100 metros de altura e pás com mais de 30 metros de comprimento, claramente criam uma alteração visual da paisagem. Assim, os estudos referentes aos impactos ambientais precisam identificar, descrever e avaliar os efeitos diretos e indiretos na paisagem do local (BARBOSA FILHO E AZEVEDO, 2013).

Interferências eletromagnéticas: Em determinados casos, os aerogeradores podem refletir as ondas eletromagnéticas, ou seja, pode ocorrer a interferência e perturbação dos sistemas de telecomunicações, conforme explicam Barbosa Filho e Azevedo (2013):

A avaliação de impacto deve abordar o problema, mas nem sempre pode garantir a segurança da distribuição ótima do campo magnético. A interferência eletromagnética com a comunicação aeronáutica não será um problema criado pela usina eólica, desde que o projeto contemple uma distância mínima do aeroporto e, ainda, uma área de servidão radioelétrica de ação da torre de eólica em relação à rota de navegação da aeronave (BARBOSA FILHO E AZEVEDO, 2013, p. 12).

São três os elementos do aerogerador que podem produzir a interferência eletromagnética: a torre, a rotação das pás e o gerador. As atuais pás são feitas de materiais como fibra de vidro, que detém impacto mínimo na transmissão de radiação eletromagnética e possibilita a minimização desse impacto (PINTO; MARTINS; PEREIRA, 2017).

2.4 Sustentabilidade no setor da energia eólica

Para Buarque (2004) o desenvolvimento sustentável viabiliza conciliar crescimento econômico e eficiência, conservação ambiental, equidade social e qualidade de vida. Neste contexto o desenvolvimento sustentável inclui as perspectivas sociais, econômicas e ambientais, permitindo o uso moderado e sustentado dos recursos naturais, estimando a capacidade de reprodução e recomposição de tais recursos e desenvolvendo mecanismos capazes de permitir acesso a esses recursos por toda sociedade.

O desenvolvimento sustentável aborda a gestão de todos os ambientes e, principalmente, das comunidades receptoras de recursos que têm como objetivo atender às necessidades econômicas, sociais e culturais, contribuindo de forma singular para a conservação dos recursos naturais e, por consequência, das atividades derivadas destes recursos (FARIAS, 2007, p.02).

Barbiere *et al* (2010) afirmam que na sociedade atual os valores ligados ao desenvolvimento sustentável e o respeito às políticas ambientais têm sido institucionalizados mundialmente por meio de movimentos sociais ambientalistas, pela mídia e pelos governos.

Como resposta a esses movimentos, novos modelos organizacionais têm surgido, adequando-se a novos ciclos, como as organizações inovadoras sustentáveis.

A inovação sustentável pode ser caracterizada como:

A “inovação sustentável” é introdução (produção, assimilação ou exploração) de produtos, processos produtivos, métodos de gestão ou negócios, novos ou significativamente melhorados para a organização e que traz benefícios econômicos, sociais e ambientais, comparados com alternativas pertinentes. Note que não se trata apenas de reduzir impactos negativos, mas de avançar em benefícios líquidos. A condição ressaltada, “comparação com alternativas pertinentes”, é essencial ao conceito de inovação sustentável, pois os benefícios esperados devem ser significativos ou não negligenciáveis nas três dimensões da sustentabilidade (BARBIERI *et al*, 2010, p. 151).

De acordo com Webber (2012), o desenvolvimento sustentável encontra-se em constante mudança, sendo a energia eólica destaque no ramo das energias, uma vez que é uma fonte sustentável e alternativa de energia renovável. Com a crise do petróleo na década de 1970, eclodiu a necessidade de recorrer ao uso de energias alternativas visando, além de segurança no fornecimento de energia, menor dependência da importação de combustível e as preocupações com o meio ambiente tornaram-se o maior incentivo na busca para geração de energia mais limpa, sendo a energia eólica destaque nas últimas décadas (SIMAS; PACCA, 2013).

Para Nunes e Manhães (2010), a energia eólica está ambientalmente posicionada como mais sustentável e economicamente mais acessível, pois consegue garantir boa parte que um país demanda e atenuar a emissão do dióxido de carbono na atmosfera, além de promover empregos.

Em uma pesquisa de campo no município de Marcolândia, região semiárida do estado do Piauí, Campêlo e Albuquerque (2016) discutem a sustentabilidade a partir da geração de energia eólica, compreendendo as energias renováveis como fontes sustentáveis, considerando o tripé ambiental, econômico e social. Segundo os autores, a geração de energia eólica em conformidade com o desenvolvimento sustentável é a maneira mais prudente de agregar valores e lograr rendimentos por meio da exploração consciente e planejada das terras.

Campêlo e Albuquerque (2016) demonstram ainda, que além de gerar energia, os proprietários conseguem agregar valor às terras, obtendo rendimentos extras através de atividades agrícolas e agropecuárias associadas aos aerogeradores (FIGURA 13).

Figura 13 - Cultivo agrícola e geração de energia eólica em Marcolândia/PI



Fonte: Campêlo (2016).

Por meio dessa associação, o pagamento pelo arrendamento de terras retrata expressivo retorno financeiro aos proprietários das áreas envolvidas. E, dessa maneira os impactos positivos pertinentes à geração de energia eólica são de grande importância para a região, uma vez que têm relação direta com a melhoria da qualidade de vida e o aumento do poder de compra da população residente na região, que antes sobreviviam apenas da renda da agricultura e da transferência de renda advinda do governo (CAMPÊLO; ALBUQUERQUE, 2016).

2.4.1 Geração de Empregos a partir da energia eólica

A geração de energia por fonte eólica é uma atividade produtiva, complementar às demais atividades econômicas, pois integra menos de 10% da área estipulada para a instalação do maquinário, possibilitando a convivência com outras atividades, como agrícolas e pecuária (Oliveira *et al*, 2020).

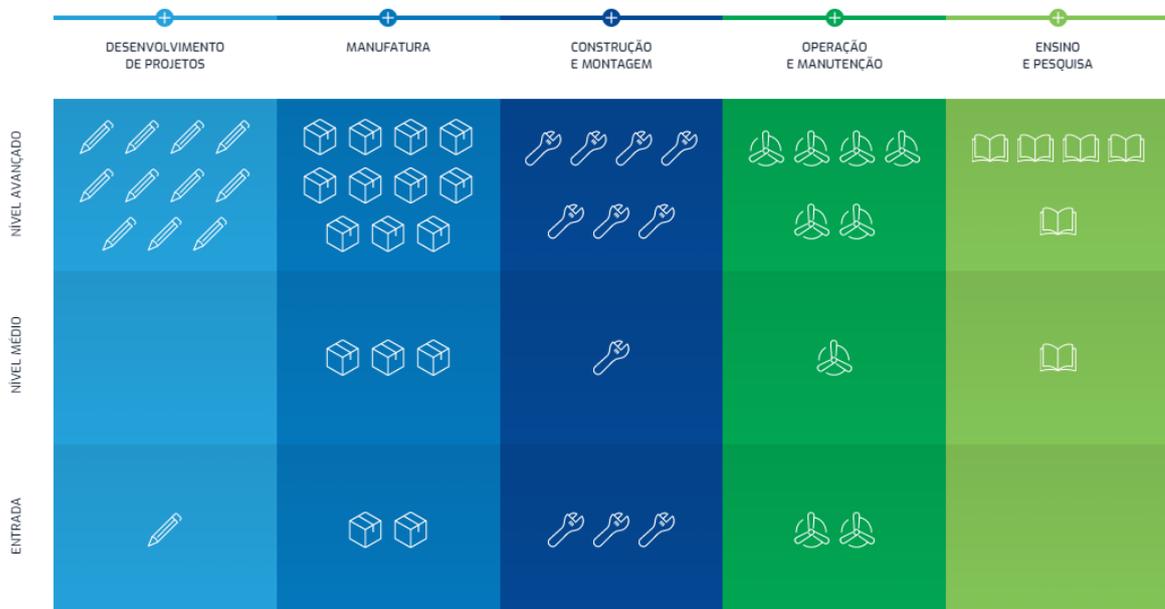
Por ser considerada complementar às demais atividades econômicas, a fonte eólica traz consigo um importante acréscimo à renda das regiões produtoras e, considerando o valor da energia elétrica, ela torna-se a fonte principal de renda nas áreas dedicadas à sua produção. Isso acontece, de acordo com Oliveira *et al* (2020), porque a maioria dos parques eólicos usam

a forma de arrendamento de pequenas propriedades, permitindo uma geração de renda aos pequenos proprietários que, na maioria das vezes, são produtores rurais e agricultores de subsistência.

Em sua pesquisa, Simas (2012) registra que o desenvolvimento de projetos eólicos é uma etapa que demanda grande especialização dos profissionais responsáveis. Esse desenvolvimento implica na seleção e no arrendamento de áreas; na avaliação de recursos; no estudo da viabilidade técnica e econômica; na revisão de questões técnicas, legais e financeiras; no desenho do parque eólico, seu planejamento e construção. Para o autor, é nessa etapa que os estudos de impacto ambiental e o licenciamento junto ao órgão competente são realizados, sendo indispensável a participação de profissionais de diversas áreas, como econômica e financeira, direito, engenharias, entre outras

A Fundação Getúlio Vargas – FGV Projetos, por meio de iniciativa da Associação Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), faz o mapeamento da ampla opção de carreiras e suas atuações na indústria da energia eólica, conforme Figura 14.

Figura 14 - Mapa de Carreiras na indústria da energia eólica



Fonte: ABDI, 2018.

A FGV Projetos mapeou 54 profissões, distribuídas em 5 áreas de atuação e diversos níveis de experiência, sendo possível obter detalhadamente as possibilidades de emprego e suas progressões, quando analisadas individualmente.

Simas (2012) ainda salienta que a contribuição significativa mais expressiva, em termos quantitativos e qualitativos, no sentido de favorecer o desenvolvimento sustentável, é a geração de emprego nos setores de construção e de operação e manutenção. As atividades de construção e operação e manutenção (O&M) possuem elevado potencial para geração de empregos locais, oferecendo chances de geração de renda em comunidades rurais com poucas oportunidades de desenvolvimento e crescimento econômico.

Existe ainda o efeito renda, que é o resultado do impacto sobre a aquisição pelas famílias de diversos bens e serviços, devido à aceleração econômica, “dado que mais trabalhadores precisam ser contratados para atender a maior demanda dos setores direta e indiretamente afetados pelos investimentos” (OLIVEIRA *et al*, 2020, p. 28).

Oliveira *et al* (2020) complementam, assegurando que, por deter a característica de complementar atividades econômicas, a fonte eólica carrega um poderoso acréscimo à renda das regiões produtoras e que, considerando o valor da energia elétrica, a renda complementar se faz dominante fonte de arrecadação das áreas destinadas à sua produção, em virtude da maior parte dos parques eólicos operarem mediante arrendamento de pequenas propriedades ao invés de as comprarem, viabilizando uma geração de renda para os pequenos proprietários.

2.4.2 Redução da poluição do ar e da emissão de gases do efeito estufa

Ao considerar parâmetros de poluição atmosférica e a emissão de gases do efeito estufa, Oliveira *et al* (2020) mencionam os benefícios da energia eólica, pelo fato de parques eólicos não exigirem a constante circulação por meios rodoviários e/ou ferroviários para transportar matéria-prima, possibilitando a redução de emissões de gases do efeito estufa desde a construção dos parques até o funcionamento dos aerogeradores.

2.4.3 Geração de energia eólica para fins agrícolas

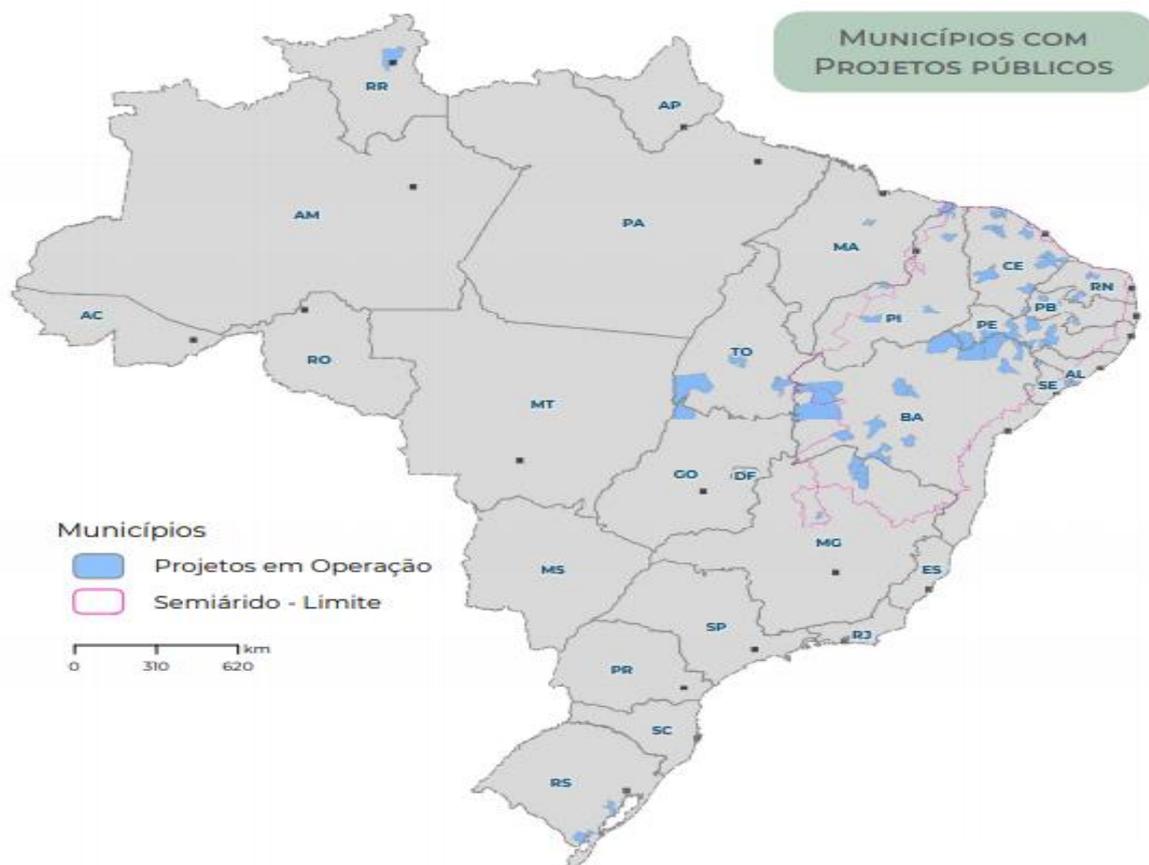
A possibilidade de investimentos direcionados à agricultura irrigada, com utilização dos recursos hídricos em volume considerável, seguido de consumo e demanda de energia elétrica, por meio de seus sistemas de bombeamento, especialmente nos projetos públicos de irrigação no Brasil, necessita de um comando moderno e idealizado, que conduza os interesses dos investidores e do grupo de produtores, mutuamente (ARAÚJO *et al*, 2011).

Araújo *et al* (2011) conceituam os projetos públicos de irrigação como empreendimentos de infraestrutura instituídos pelo poder público, mediante licitação pública, para proveito dos recursos hídricos em face das atividades agrícolas, agropecuárias e agroindustriais (da iniciativa privada):

De forma geral, esses projetos compreendem; a captação e adução, reservatórios, estações de bombeamento, canais, adutoras, redes de drenagem, de distribuição e pressurizada, subestação, linhas de distribuição e de transmissão, redes viárias, lotes agrícolas destinados a pequenos, médios e grandes produtores entre outras estruturas hidráulicas, equipamentos e edificações; cujo objetivo é incrementar a agricultura irrigada em consonância com as áreas de sequeiro aumentando-se, desta forma, a produção, a produtividade e, conseqüentemente a oferta de trabalho e a geração de renda (ARAÚJO et al, 2011, p. 02-03).

Os projetos públicos de irrigação estão presentes em 88 municípios brasileiros, distribuídos em aproximadamente 200 mil hectares, como representa a Figura 15 (ANA, 2021).

Figura 15 - Mapa informativo dos municípios brasileiros com projetos públicos de irrigação



Fonte: ANA, 2021.

Segundo Turco, Rizazzatti e Pavani (2009), a irrigação responde por boa parte do consumo de energia em ambiente rural, sendo ainda maior quando o produtor não adota nenhum método para controlar essa atividade. Na maioria das vezes, o responsável alega preocupação com o sofrimento hídrico da cultura e o comprometimento da produção para a irrigação

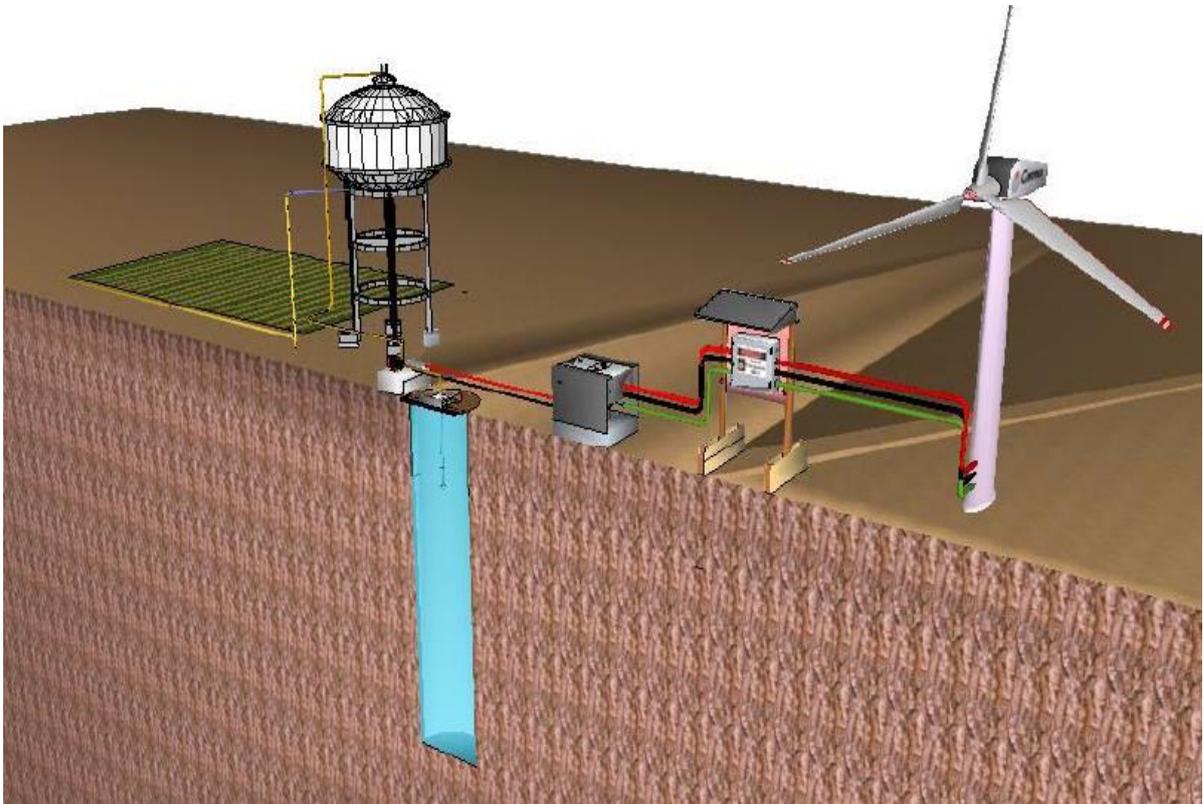
excessiva, porém, o outro lado dessa atitude é a elevação do custo da produção devido ao desperdício de água e de recursos energéticos.

A Agência Nacional das Águas, (ANA, 2021), ressalta os esforços de monitoramento do uso de água, levando em consideração o consumo de energia. Com isso, projetos para geração de energia em pequena escala, considerando as energias renováveis, têm surgido no país (GRIESER, SUNAK E MADLENE, 2015). E, nesse cenário de turbinas eólicas de pequena escala (TEE), os moradores de comunidades rurais podem ser favorecidos por essa tecnologia, especialmente aqueles que dependem da agricultura irrigada.

Observando a possibilidade da geração de energia eólica em pequena escala, Feitosa *et al* (2014) realizaram uma simulação da energia elétrica gerada através de aerogerador para demanda energética dos sistemas de irrigação, na região norte do estado do Ceará, no final do trecho da bacia do rio Acaraú, no perímetro irrigado Baixo-Acaraú, que abrange uma área de oito hectares. Os autores explicam que o sistema funciona de maneira direta, isto é, ao entrar em contato com a turbina o vento a faz rotacionar, ocorrendo a conversão da energia cinética do vento em mecânica e, desta forma, a energia é conduzida ao aerogerador, que converte a energia elétrica em corrente alternada (CA) por meio de processos eletromecânicos (FEITOSA *et al*, 2014).

Essa conversão, ainda de acordo com Feitosa *et al* (2014), ocorre porque o aerogerador está conectado a um controlador, através de cabos, com a função de estabilizar uma frequência e uma tensão de acionamento do conjunto motobomba. Concluída essa fase, o controlador entrega essa energia para o inversor, que converte a mesma para uma corrente compatível com a carga, no caso, a motobomba. Acionado, provoca o processo de sucção da fonte hídrica e o recalque para o reservatório elevado, onde tem início a distribuição de água para o sistema de irrigação. Desta forma, o sistema de geração de energia elétrica capta a energia eólica e a armazena em um reservatório elevado, na forma de energia hidráulica potencial, onde o sistema de irrigação é acionado, dispensando a utilização de baterias (FIGURA 17).

Figura 16 - Simulação da geração de energia elétrica por aerogerador de forma direta



Fonte: Feitosa *et al*, 2014.

Com o experimento, Feitosa *et al* (2014) obtiveram como resultado, a possibilidade de gerar 9.848,77 kWh por ano, considerando a velocidade média dos ventos de 5,10 *m/s*, suprindo a demanda energética, que é de 2.855,76 kWh. Os autores esclarecem que o sistema simulado, com as condições da velocidade do vento local, foi capaz de fornecer o abastecimento de água bombeada para irrigação, acarretando uma economia significativa no custo da produção agrícola.

2.5 Obstáculos para o crescimento da energia eólica no Brasil

2.5.1 Energia Eólica e as Políticas Públicas

Entre os principais recursos usados para viabilizar as energias renováveis, três são as políticas de destaque: regulatórias, fiscais e de inovação. Em síntese, elas têm o propósito de aumentar o consumo de eletricidade via fontes renováveis e incentivar o avanço tecnológico, permitindo que os custos da geração de energia a partir dessas fontes sejam reduzidos (SANTOS, 2017).

Em relação às políticas regulatórias, o melhor controle de custos e eficiência das energias renováveis é o sistema de leilões, onde a tarifa de menor valor é a vencedora da disputa. Segundo Batista (2019):

Por intermédio desse mecanismo, concessionárias, permissionárias e autorizadas de serviço público de distribuição de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN) garantem o atendimento à totalidade de seu mercado no Ambiente de Contratação Regulada (ACR). O processo de realização dos leilões de energia elétrica é de responsabilidade da Câmara de Comercialização do Setor Elétrico (CCEE), por delegação da ANEEL. Os leilões têm promovido a concorrência entre diversos agentes do setor elétrico, empreendedores provenientes de outros setores e até mesmo de outros países (BATISTA, 2019, p. 25).

As políticas fiscais são responsáveis por atraírem investimentos ao setor de energia e possibilitarem a implementação de usinas e a conquista de equipamentos. Os destaques das políticas fiscais são os financiamentos, isenção total ou parcial de impostos e subsídios para capital (SANTOS, 2017).

Em relação às políticas de inovação e às energias renováveis, os melhores resultados são observados quando existem incentivos à pesquisa e ao desenvolvimento; instalações de parques experimentais, programas de teste; padronização e certificação de qualidade e transferência de licenciamento e tecnologia (SANTOS, 2017).

Aspectos relacionados a infraestrutura compõem as barreiras regulatórias e administrativas. Nesse sentido, os problemas recorrentes no planejamento da transmissão de energia ilustram o cenário: atrasos no licenciamento e construção de linhas de transmissão; ausência de quantidade adequada; conexão baixa e instável da rede. A ausência de uma política direcionada e que estimule a indústria energética tecnologicamente, atrapalha o crescimento da utilização de energias renováveis em maiores escalas (SANTOS, 2017).

2.5.2 Licenciamento Ambiental dos parques eólicos

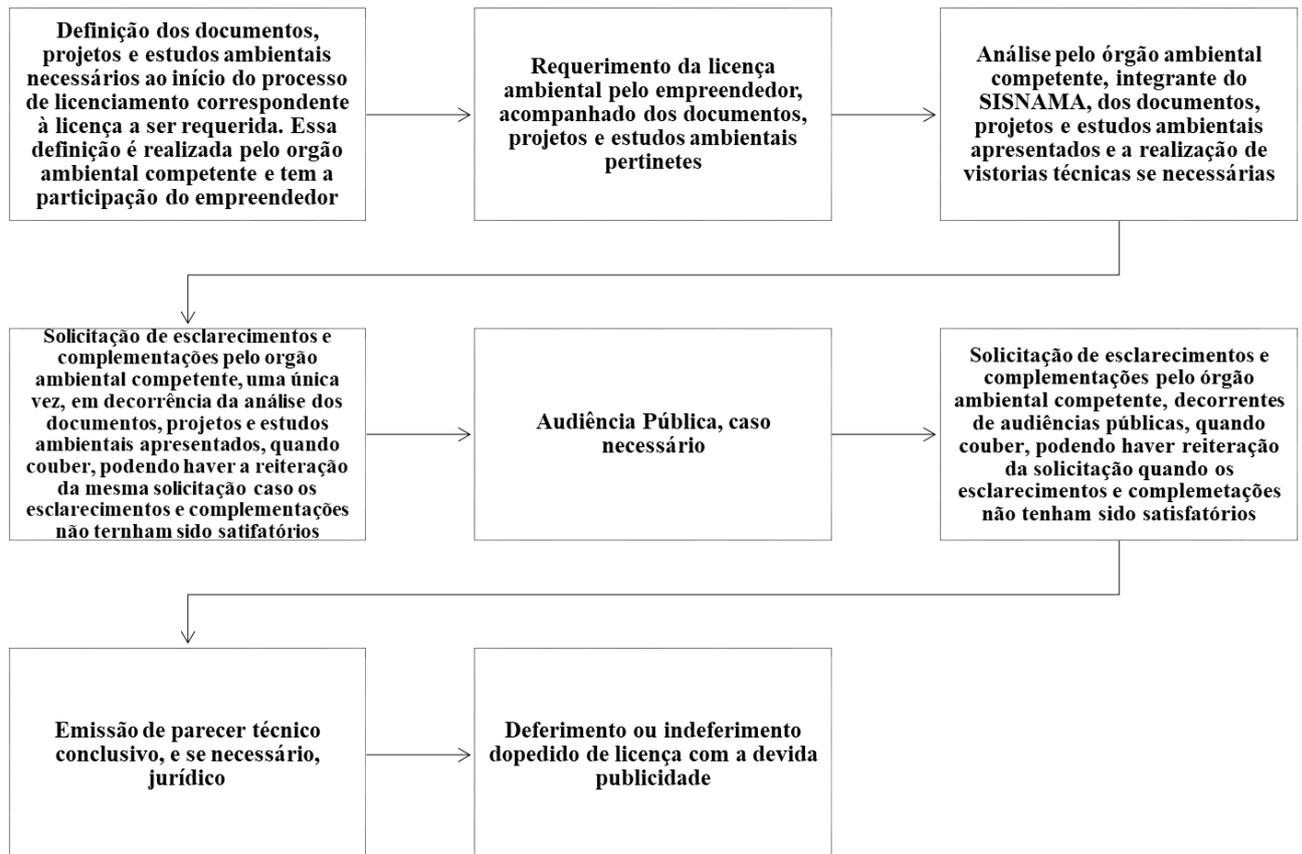
O Licenciamento Ambiental no Brasil foi criado por meio da Lei Federal nº 16.938/81, e seu procedimento objetiva “levar ao conhecimento da autoridade competente a natureza e o *modus operandi* do empreendimento, a fim de que sejam analisados os eventuais danos ambientais decorrentes, circunstância que influenciará no processo decisório, inclusive para o fim de não permitir a efetivação do projeto” (JÚNIOR, 2015, p. 02).

O Licenciamento Ambiental tem como objetivo regular as atividades e empreendimentos que utilizam os recursos naturais e que podem causar degradação ambiental no local onde se encontram instalados. É uma exigência legal a que estão sujeitos todos os empreendimentos ou atividades que empregam recursos naturais ou

que possam causar algum tipo de poluição ou degradação ao meio ambiente (CTGAS-ER, 2016, p. 28).

As etapas para o procedimento do licenciamento ambiental são descritas pela Resolução CONAMA nº 237/97, conforme Figura 18.

Figura 17 - Etapas do procedimento para obtenção de licenciamento ambiental no Brasil



Fonte: Adaptada de: CTGAS-ER, 2016.

Faria (2011), em texto publicado no Núcleo de Estudos e Pesquisas do Senado, enumera os principais motivos que tornam um pedido de licenciamento ambiental complexo e extenso. São eles:

a baixa qualidade dos estudos ambientais elaborados para a obtenção das licenças; as dificuldades inerentes aos procedimentos de previsão de impactos; a visão cartorial do processo de licenciamento; as deficiências nos processos de comunicação com a sociedade; as falhas do modelo de realização de audiências públicas; os conflitos políticos internos aos órgãos do setor ambiental; a politização dos cargos gerenciais do setor público, com reflexos sobre a qualidade da gestão; a sobreposição de funções entre órgãos públicos; a baixa capacitação técnica para analisar, com a requerida qualidade, as informações prestadas nos relatórios preparados pelos empreendedores requerentes de licenças; o aumento da influência de argumentos subjetivos e ideológicos; a indefinição das competências legais de cada nível de governo (União, estados e municípios); a judicialização do processo decisório, motivada,

principalmente, pelas ações do Ministério Público e pela fragilidade legal das resoluções do Conama que embasam a tomada de decisão no setor, abrindo espaço para contestações judiciais; e a exigência e imposição política de avaliação rápida de projetos prioritários (FARIA, 2011, p. 05-06).

Com essas considerações, o autor caracteriza o licenciamento ambiental como um processo melindroso, por exigir que prazos e recursos sejam estabelecidos em proporção incompatível com a realidade jurídica do país. Essa situação é majorada devido às licenças serem indispensáveis para o empreendedor ser contemplado com financiamentos e incentivos governamentais, uma vez que, atender tão somente à legislação ambiental não garante ao empreendedor que seu projeto se cumprirá sem embargos ou paralisações (FARIA, 2011).

Silva *et al* (2011) afirmam que, para o controle e licenciamento da geração de energia a partir de fontes renováveis, ainda é deficiente o ordenamento jurídico, pois não se adota um padrão uniforme para todo o território brasileiro. Ou seja, cada Estado e o Distrito Federal é livre para adotar critérios individuais, o que amplia a burocracia para o desenvolvimento e celeridade de cada etapa e gera instabilidade perante os investidores.

2.5.3 Dificuldades do setor eólico

A infraestrutura é considerada o maior obstáculo para a EO no Brasil, uma vez que os fatores infraestrutura e logística estão relacionados ao transporte dos aerogeradores, seja via terrestre ou marítima. Em sua pesquisa, Simas (2012) diz que dois são os aspectos relacionados à questão do transporte: a condição de tráfego nas rodovias brasileiras e a disponibilidade de caminhos para o transporte.

Além da questão do transporte, Simas (2012) aponta a questão da transmissão da energia gerada como um problema, uma vez que os leilões para construção de Centrais de Geração para Conexão Compartilhada² (ICGs) não estão acompanhando os leilões de geração de energia, fazendo com que os parques eólicos localizados em áreas afastadas da rede de transmissão ou com rede básica fraca operem com baixa conexão, comprometendo a entrega final da energia produzida.

Em relação à contratação da mão de obra para esse setor de energia, destaca-se como dificuldade a falta de capacitação. Simas (2012) observou que, com o aumento da produção de equipamentos e da instalação de parques eólicos, esse aspecto tornou-se um

² As ICGs são instalações que unem as centrais de geração às redes básicas de Energia. Sua utilização possibilita a diminuição nos custos das usinas de fontes renováveis, pois os encargos relacionados à conexão de rede são divididos entre os usuários conforme a potência injetada (EPE, 2010b).

problema para o setor, principalmente quando demandados desenvolvedores e gestores de projetos, pelo alto nível exigido, de especialização e experiência dos candidatos.

A obtenção de financiamento para construção dos parques eólicos e os insumos necessários para produção das peças a serem utilizadas compõem a dificuldade de ascensão da EO no Brasil. Os bancos privados possuem taxas de juros elevadas, sendo o Banco Nacional de Desenvolvimento Social (BNDES), o principal financiador para projetos eólicos, e essa concentração gera barreiras para obtenção de créditos, principalmente para empresas de menor capital financeiro (SIMAS, 2012).

Gaylord (2011) identificou o oferecimento de até 80% dos itens financiáveis³ pelo BNDES. O autor explica que, para o financiamento de parques eólicos, é solicitado um índice de nacionalização⁴ mínimo de 60 % em peso e valor do empreendimento, enquanto para o financiamento de turbinas requer-se aproximadamente 70 % do valor do projeto.

Junto à dificuldade do financiamento, ainda há que ser considerada a escassez de competitividade para obtenção de insumos fabricados no Brasil:

As chapas de aço possuem baixa competitividade devido ao alto preço comparado com o preço de importação deste material. Segundo entrevistados, o baixo preço da energia eólica vendida nos últimos leilões poderá aumentar a importação de chapas de aço para a fabricação de torres no Brasil, ou mesmo a importação das torres já fabricadas. No entanto, devido ao peso das torres e aos custos de fabricação das mesmas, a importação gerará dificuldades para a obtenção de financiamento do BNDES (SIMAS, 2012. p. 114).

A falta de incentivos tecnológicos no campo energético compõe as barreiras relacionadas ao crescimento da energia eólica em território brasileiro. Mesmo apresentando um campo de estudos em crescimento, ainda há pouco destaque para o desenvolvimento dessa tecnologia, uma vez que poucos são os estudos aprofundados sobre potencial eólico brasileiro tanto em nível federal quanto estadual e municipal; (SIMAS, 2012).

3 METODOLOGIA

³ De acordo com Simas (2012), os itens financiáveis em questão são: aquisição de terrenos, custos de manutenção, transferência de ativos, aquisição de bens importado (com exceção das máquinas e equipamentos sem similar nacional) e despesas de internalização de bens importados (também com exceção para máquinas e equipamentos sem similar nacional).

⁴ É um índice estipulado pelo governo federal no qual um determinado equipamento deve dispor de um percentual produzido nacionalmente.

O trabalho foi desenvolvido mediante pesquisa exploratória, reunindo informações encontradas em artigos, livros, teses, dissertações e documentos relacionados à energia eólica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que a energia eólica apresenta entraves para sua ascensão no Brasil. A falta de incentivo para estudos atrapalha a divulgação desse recurso como fonte alternativa de energia. O Brasil possui um potencial energético elevado, porém não investe em estudos relacionados ao assunto, dificultando até mesmo a facilidade ao acesso de dados e informações sobre o setor.

Esse pouco acesso acaba afetando até mesmo um setor primordial do país: a agricultura, uma vez que é possível fazer uso da irrigação a partir da geração de energia eólica, e isso contribui para que pequenos produtores possam ter seus cultivos irrigados mesmo não detendo alto poder financeiro para custear o sistema.

O pouco incentivo para capacitar mão de obra, seja do projetista ou do operário que irá executar a fundação da torre, e a falta de abertura para o ingresso de profissionais nos quadros de serviço impedem, de maneira significativa, a expansão do uso da EO, expondo ainda mais a necessidade de aplicação financeira para a reversão desse quadro. Ainda em relação às dificuldades e barreiras para uso desse recurso natural, está a baixa estrutura e conservação das estradas e rodovias brasileiras, que carecem urgentemente de incentivo financeiro e tecnologia por parte do poder público.

Verifica-se que as políticas públicas implementadas desde os anos 2000 estimularam o crescimento da fonte eólica na matriz energética nacional, porém os resultados alcançados no setor desde então, ainda são tímidos. Isso ocorre devido à má gestão dessas políticas, além da dificuldade encontrada para o licenciamento ambiental e seu extenso tempo de conclusão.

Em contrapartida, nota-se como benefícios da utilização de energia eólica, a viabilidade econômica e a geração de empregos. A construção do parque eólico é capaz de gerar empregos diretos e indiretos para os moradores da região, e os postos de trabalho criados podem se estender para além do contrato de duração, ou seja, caso não ocorra a desativação do parque após o período, ele pode seguir operando por muitos outros anos. Além disso, por não ocupar toda a área da usina, a energia eólica permite a continuidade de atividades produtivas na mesma, independentemente do tempo de vigência do contrato e sua renovação.

A existência de impactos ambientais no processo de instalação e até mesmo no uso da energia eólica, não impede a existência da sustentabilidade no processo e o uso dessa fonte alternativa de energia. Isso porque estes impactos podem ser avaliados por profissionais qualificados, permitindo a celeridade do processo de licenciamento ambiental e garantindo políticas públicas ambientais que auxiliem a todos os envolvidos.

Entende-se que, ambientalmente, a energia eólica é considerada como a mais sustentável, principalmente em relação à emissão de gases do efeito estufa, sendo essa premissa sustentada pelo fato de os parques eólicos não necessitarem de constante circulação de veículos para transporte de matéria-prima para geração de energia.

O Brasil possui ventos extremamente favoráveis à implantação de parques eólicos, que são determinados por estudos e informações sobre a velocidade e o regime do vento, justificando o alto potencial eólico que o território brasileiro detém.

5 CONCLUSÃO

Este estudo permitiu concluir que a energia eólica, considerada a mais sustentável entre as fontes alternativas, possui grande premissa para contribuir com o crescimento econômico do país, possibilitando, por exemplo, a redução da poluição do ar e a emissão dos gases de efeito estufa. A utilização da EO permite ainda a geração de empregos no início de um projeto, no decorrer da instalação dos parques eólicos e na execução, uma vez que sempre será necessária mão de obra nos parques e nas subestações de energia, além da manutenção dos equipamentos e da área de instalação das estruturas.

Por outro lado, os obstáculos para ampliação do uso de EO existem e intimidam o crescimento dessa fonte alternativa de energia, como a infraestrutura das estradas brasileiras e logística que necessitam de apoio financeiro urgente para melhorar as condições de tráfego. Além disto, a limitada frota de carretas adequadas para transportar equipamentos grandes e a carência de profissionais capacitados na área, a dificuldade de obter financiamento de bancos públicos e a falta de incentivos tecnológicos, fundamentam a timidez do uso dessa fonte alternativa de energia.

A melhoria da atuação do poder público no setor de energia eólica é o ponto de partida para garantir maior investimento financeiro para seu crescimento, maior visibilidade, divulgação e acessibilidade para toda a sociedade. O grande problema da expansão das fontes alternativas de energia não está na falta das políticas públicas e incentivos legais, mas em uma gestão deficiente e falta de mão de obra especializada.

REFERÊNCIAS

- ABEEÓLICA – ASSOCIAL BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – Dados ABEEólica. Disponível em: <http://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2021/06/2021_06_InfoVento21.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- ABENDI – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENSAIOS NÃO PRODUTIVOS E INSPEÇÃO – Terminologia Básica Aplicável aos Componentes do Aerogerador – Comitê Técnico Setorial de Energia Eólica. São Paulo, 2020. 10 p. Disponível em: <http://www.abendi.org.br/abendi/Upload/file/consulta_publica/pre-004_rev00_terminologia-setor-eolico.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- ANDRADE, J. R. A. de. Viabilidade da implantação de energia eólica em condomínios horizontais - estudo de caso: Condomínio Residencial Paraíso de Maracajaú/RN. 2019. 23 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Viabilidade-da-implanta%C3%A7%C3%A3o-de-energia-e%C3%B3lica-em-de-Andrade/c8690a7e0c30f0985416b6aee2f9f9521636658c>>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- ARAÚJO, A. A.; MOURA, G. J. B. de. A Literatura Científica sobre os impactos causados pela instalação de Parques Eólicos: Análise Cienciométrica. R. Tecnol. Soc., Curitiba, v. 13, n. 28, p. 207-223, mai./ago. 2017. Disponível em <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rts> >. Acesso em: 15 jun. 2021.
- ARAÚJO, D. da.; NETO, J. D.; LIRA, M. V.; LIMA, V. L. A. de. Avaliação dos custos de energia elétrica no contexto operação e manutenção dos projetos públicos de irrigação. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.7, n.12, p. 1-10, 2011. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/Avaliacao%20dos%20custos.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BARBOSA FILHO, W. P; AZEVEDO, A. C. S. de. Impactos Ambientais em Usinas Eólicas. In: IX CONGRESSO SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL – AGRENER GD, 2013, ITAJUBÁ. Anais eletrônicos... Itajubá: AGRENER, 2013. Disponível em: <<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/mudnacaclimatica/2013/ag-267.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2021.
- BARDELIN, C.E.A. Os efeitos do Racionamento de Energia Elétrica ocorrido no Brasil em 2001 e 2002 com ênfase no Consumo de energia elétrica. 2004. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2004. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-23062005-084739/publico/DissertRacionamento.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- BATISTA, Carlos José Monteiro. Avaliação do procedimento de licenciamento ambiental e a normatização de empreendimentos voltados à geração de energia eólica em Pernambuco. Dissertação (Mestrado) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco - IFPE, Recife, 2019. Disponível em <https://repositorio.ifpe.edu.br/xmlui/handle/123456789/75>

Acesso em: 15 jun. 2021.

BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. G. de.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. de. Inovação e Sustentabilidade: Novos Modelos e Proposições. RAE-Revista de Administração de Empresas, v. 50, n. 2, p.146-154, abr-jun, 2010. Disponível em: <<https://rae.fgv.br/rae/vol50-num2-2010/inovacao-sustentabilidade-novos-modelos-proposicoes>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. ANA – AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Atlas Irrigação Uso da Água na Agricultura Irrigada. 2. ED. Brasília – DF, 2021. 130 p. Disponível em: <<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1b19cbb4-10fa-4be4-96db-b3dcd8975db0>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. ED. Brasília – DF, 2005. 243 p. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=publicacoes&task=livro&cid=1>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Atualização do mapeamento da cadeia produtiva da indústria eólica no Brasil. Brasília – DF, 2017. 144 p. Disponível em: <http://inteligencia.abdi.com.br/wp-content/uploads/2017/08/2018-08-07_ABDI_relatorio_6-1_atualizacao-do-mapeamento-da-cadeia-produtiva-da-industria-eolica-no-brasil-WEB.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

BRASIL. ABDI – AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. Mapa de Carreiras. Disponível em: <<http://sitesinteligencia.abdi.com.br/sites/carreiras-eolica/>>. Acesso em: 30 jun. 2021.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Promulgada em 05 de outubro de 1988. In: Vade Mecum. 19ª ed. São Paulo: Saraiva, 2015. Energética e Elétrica. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 01, de 23 de janeiro de 1986. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95508>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental e no exercício da competência, bem como as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cecav/images/download/CONAMA%20237_191297.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2021.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional 2019: Ano base 2018**. Rio de Janeiro, 2119. 300 p. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-377/topico-494/BEN%202019%20Completo%20WEB.pdf>>. Acesso em: 19 jul. 2021.

BUARQUE, S.C. Construindo o desenvolvimento local sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. 180 p. Disponível em <<https://repositorio.iica.int/handle/11324/8794>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 789 p. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/single.php?_id=002472254&locale=en_US>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CAMPÊLO, J. R.; ALBUQUERQUE, E.L.S. Energias Renováveis e Sustentabilidade: um olhar geográfico para o parque eólico de Marcolândia, estado do Piauí, Brasil. Revista de Geociências do Nordeste, v. 2, p. 904-912, 27 out. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10552>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

CENTRO DE TECNOLOGIA DO GÁS E DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS. Legislação ambiental aplicada à implantação de parques eólicos. Centro de Tecnologias do Gás e Energia Renováveis. Natal – RN, 2016, 67 p. Disponível em <http://ead2.ctgas.com.br/a_rquivos/Pos_Tecnico/EOLICA/LAIPE/APOSTILA_LAIPE.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2021.

CORREA, F.A. Impacto visual gerado pela central geradora eólica Cassino, Rio Grande / RS: um estudo de percepção ambiental. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande, Instituto de Ciências Humanas e da Informação, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio Grande, 2015. Disponível em: <<https://festivaldascataratas.com/wp-content/uploads/2017/04/11.-mudan%c3%87a-da-paisagem-e-prefer%c3%8ancia-impacto-visual-gerado-pela-central-geradora-e%c3%93lica-cassino.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

Diniz, T. B. Expansão da indústria de geração eólica no brasil: uma análise à luz da nova economia das instituições. Planejamento E Políticas Públicas, n. 50, p. 233-255, jan/jun. 2018. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/864/468>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

DUTRA, R. **Energia Eólica – Princípios Tecnológicos**. Cresesb, 2008, 58 p. Disponível em <http://www.cresesb.cepel.br/download/tutorial/tutorial_eolica_2008_e-book.pdf>. Acesso em 17 jul. 2021.

EPROTENAX EPR 90 ®. Catálogo de cabos de energia média tensão. Disponível em: <<https://br.prysmiangroup.com/pt/cabos-energia>>. Acesso em: 05 set. 2021.

FARIA, I. D. Ambiente e Energia: Crença e Ciência no Licenciamento Ambiental - Parte III: Sobre Alguns dos Problemas que Dificultam o Licenciamento Ambiental no Brasil. Núcleo de Estudos e pesquisas do Senado, Brasília – DF, p. 1-33, jul. 2011. Disponível em <<https://www.terrabilis.org.br/ecotecadigital/index.php/estantes/diversos/1412-ambiente-e-energia-crenca-e-ciencia-no-licenciamento-ambiental-parte-iii-sobre-alguns-dos-problemas-que-dificultam-o-licenciamento-ambiental-no-brasil>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

FARIAS, L. das.G.Q. O desafio da sustentabilidade nas áreas costeiras do sul da Bahia. Revista Urutágua – revista acadêmica multidisciplinar, Maringá, n. 12. p. 1-10, abr-jul. 2007. Disponível em: <<http://www.urutagua.uem.br/012/12farias.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

FEITOSA, E. O. de; ALBIERO, D.; PRACIANO, A.C.; MACEDO, D.X.S.; CHIODEROLI, C.A. Simulação do aproveitamento da energia eólica para irrigação no de irrigado baixo Acaraú-CE. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 3, p. 65-79, 2014. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/35560>>. Acesso em: 24 jun. 2021.

GEL – GOETZE LOBATO ENGENHARIA S.A. Projeto e execução de obras de subestações. Disponível em: <<https://www.gel-eng.com.br/obra/complexo-capoeiras-assuraa-50-mw-parque-eolico-laranjeiras-iii-e-parque-eolico-laranjeiras-ix-3/>>. Acesso em: 05 set. 2021.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma Gestão Participativa dos Recursos Energéticos de Matriz Renovável (Parques Eólicos) no Nordeste do Brasil. Mercator, Fortaleza, v.15, n.1, p. 101-115, 2016. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/1812>> Acesso em: 24 jun. 2021.

GRIESER, B; SUNAK, Y; MADLENE, R. Economia de pequenas turbinas eólicas em ambientes urbanos: Uma investigação empírica para a Alemanha. Energia Renovável, Elsevier, v. 78(C), p. 334-350, 2015. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/renene/v78y2015icp334-350.html>>. Acesso em: 12 jul. 2021.

HAILO WIND SYSTEMS ®. Produtos e Serviços tecnológicos para acesso profissional no setor de energia eólica. Disponível em: <<https://pt.wind-turbine.com/provedor%20de/75240/hailo-wind-systems-gmbh-co-kg-haiger.html>>. Acesso em: 05 set. 2021.

JÚNIOR, R. R.F. O licenciamento ambiental simplificado como instrumento de desenvolvimento sustentável às futuras gerações. Revista Páginas de Direito, Porto Alegre, ano 15, nº 1205, mar. 2015. Disponível em: <<https://www.paginasdedireito.com.br/artigos/303-artigos-mar-2015/6936-o-licenciamento-ambiental-simplificado-como-instrumento-de-desenvolvimento-sustentavel-as-futuras-geracoes>>. Acesso em: 05 set. 2021.

MAIO, Thiago. Fontes de energias renováveis na matriz energética brasileira: políticas públicas, legislação e instrumentos econômicos. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Jurídicas, Programa de Pós-Graduação em Direito, Florianópolis, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/129541>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

MATRIZ ENERGÉTICA E MATRIZ ELÉTRICA. Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2020. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

NIEVES, A. A. Gestión del mantenimiento de instalaciones de energía eólica. 1ª ed. Barcelona: Vértice, 2012. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/portmortpichi/3dg41d1f5oq4cp>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

NUNES, N. G. A.; MANHÃES, A. A. Energia eólica no Brasil: uma alternativa inteligente frente às demandas elétricas atuais. Revista de divulgação do Projeto Universidade Petrobras, IF Fluminense v. 1, p. 163-167, 2010. Disponível em: <<http://essentiaeditora.iff.edu.br/index.php/BolsistaDeValor/article/view/1810/>>. Acesso em: 18 fev. 2021.

OLIVEIRA, K. L. M. de. Projeto básico de um parque eólico e estudos de conexão. 114 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2014. Disponível em <

<https://www.ufjf.br/prh-pb214/files/2014/01/PDPETRO-2013-Projeto-B%C3%A1sico-de-um-Parque-E%C3%B3lico-e-Estudos-de-Conex%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2021.

OLIVEIRA, G.; CURI, A.Z.; FELINI, P.S.; FICARELLI, T.R.A. Impactos Socioeconômicos e ambientais da geração de energia eólica no Brasil. GO Associados – ABEEólica, São Paulo, p. 01-84. jul. 2020. Disponível em http://abeeolica.org.br/formato_docs/outros/ Acesso em: 02 ago. 2021.

PINTO, L. I. C.; MARTINS, F. R.; PEREIRA, E. B. O mercado brasileiro da energia eólica. Revista Ambiente & Água, v. 112, n. 6, 2017. Disponível em <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000601082>. Acesso em: 18 fev. 2021.

RODRIGUES, H. B. Estudo de fundação de aerogeradores com métodos numéricos. 2019. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/215264>>. Acesso em: 02 ago. 2021.

RODRIGUES, P. R. **Energias renováveis: energia eólica**. [S.l]: Jelare, 2011. Disponível em: <http://youssefyoussef.wikispaces.com/file/view/energia_eolica.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.

SANTOS, L. T. dos. Avanços da energia eólica no brasil: uma análise das políticas públicas e seus resultados. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, Vitória, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufes.br/bitstream/10/9533/1/tese_11470_Vers%C3%A3o%20final%20em%20PDF.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2021.

SILVA, C. S. G. da; TORRES, C.V. DANTAS, H. W. F. MARTINIANO, S. G. JÚNIOR, S. A. M. B. A problemática do licenciamento ambiental para produção de Energia eólica no estado do Rio Grande do Norte. In: VII SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA – CIÊNCIA E INTERNACIONALIZAÇÃO DA PESQUISA NA UERN, Mossoró, 2011. Anais eletrônicos... Mossoró: UERN, 2011. Disponível em <<https://propeg.uern.br/sic/default.asp?item=sic-anais>>. Acesso em: 12 jul. 2021..

SIMAS, Moana Silva. Energia eólica e o desenvolvimento sustentável no Brasil: estimativa da geração de empregos por meio de uma matriz insumo-produto ampliada. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Energia) – EP / FEA / IEE / IF da Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-10092012-095724/en.php>>. Acesso em: 05 set. 2021.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. Estudos Avançados, v. 27, n. 77, p. 99-115, 2013. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40142013000100008>>. Acesso em: 31 jul. 2021.

SOARES, L. T. Planejamento e implantação de um parque eólico. 2010. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010. Disponível em: <

<http://www.dee.ufc.br/anexos/TCCs/2010.1/LUCIANE%20TEIXEIRA%20SOARES.pdf>>.
Acesso em: 31 jul. 2021.

WEBBER, L. S. Estudo sobre a energia eólica no Brasil. Revista Gestão Premium, Osório, p. 42-66, dez. 2012. Disponível em <http://facos.edu.br/publicacoes/revistas/gestao_premium/dezembro_2012/pdf/estudo_sobre_a_energia_eolica_no_brasil.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2021.