

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
**DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS**  
Campus Universitário — Trindade  
CEP 88.040-900 — Florianópolis — Santa Catarina  
FONE (48) 3721-9286 — FAX: (48) 3721-9751

---

---

**Gabriela Jacobsem**

**Critérios geográficos para implantação dos parques eólicos: o papel do clima e dos sistemas de informações geográficas**

Florianópolis – SC  
Março, 2022

**Gabriela Jacobsem**

# **CRITÉRIOS GEOGRÁFICOS PARA IMPLANTAÇÃO DOS PARQUES EÓLICOS: O PAPEL DO CLIMA E DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Lindberg Nascimento Junior  
Orientador

Florianópolis – SC  
Março, 2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Jacobsem, Gabriela  
Critérios geográficos para implantação dos parques  
eólicos: : o papel do clima e dos sistemas de informações  
geográficas / Gabriela Jacobsem ; orientador, Lindberg  
Nascimento Júnior, 2022.  
59 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,  
Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Implantação de parques eólicos. 3.  
Regularização fundiária. 4. Sistemas de informações  
geográficas. 5. Critérios geográficos para a produção de  
energia. I. Júnior, Lindberg Nascimento. II. Universidade  
Federal de Santa Catarina. Graduação em Geografia. III.  
Título.

## **Critérios geográficos para implantação dos parques eólicos: o papel do clima e dos sistemas de informações geográficas**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção de Título de Bacharelado em Geografia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, março de 2022.



Documento assinado digitalmente  
Lindberg Nascimento Junior  
Data: 26/05/2022 14:46:28-0300  
CPF: 049.596.139-63  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

**Prof. Lindberg Nascimento  
Júnior**  
Coordenador do Curso

### **Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Lindberg Nascimento Junior  
Data: 26/05/2022 14:41:33-0300  
CPF: 049.596.139-63  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

**Prof. Lindberg Nascimento  
Júnior**  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Michele Monguilhott  
Data: 26/05/2022 17:38:37-0300  
CPF: 609.299.280-91  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

**Prof<sup>ª</sup>. Michele Monguilhott**  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
PAULO CESAR ZANGALLI JUNIOR  
Data: 26/05/2022 14:49:45-0300  
CPF: 368.233.678-81  
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

---

**Prof. Paulo Cezar Zangalli Junior**  
Avaliador  
Universidade Federal da Bahia

Este trabalho é dedicado a todos que se interessem pela temática e a todos que tem importância em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente meus sinceros e singelos agradecimentos vão para os meus pais. Para minha mãe, Bene, que sempre se manteve firme e focada em meu desenvolvimento pessoal e profissional. A educação é baseada no incentivo, na constância e na disciplina, e sem ela, certamente seria diferente. Meu pai, Marco, repleto de muita paciência e respeito, que me direcionou às minhas próprias escolhas, com muita sabedoria e ética, sendo um exemplo diário de leveza, bom humor e empatia. Aos meus irmãos, Thaís e Guilherme, que trilharam esse caminho antes de mim e sem dúvida alguma, foram inspirações e guias leais na minha trajetória. Às minhas amigas de São Paulo, que me apoiaram na escolha da minha mudança, permaneceram e continuam comigo, acreditando em mim e em nós. Às minhas amigas de Florianópolis, que foram fundamentais na decisão de continuar e permanecer, e se tornaram minha segunda família. Ao meu namorado Patrick, uma pessoa exigente e de ideias ambiciosas, que diariamente me direciona para meu desenvolvimento e aperfeiçoamento enquanto pessoa e profissional, ele é certamente muito especial e tem extrema importância em minha vida. Aos meus professores, todos eles, que contribuíram com minha chegada até aqui. Ao meu orientador Lindberg, que desde o início foi aberto a discussões, debates, ideias e se manteve sempre muito disponível e solícito, além de me apoiar nesse processo longo e desafiador que é a construção TCC. Obrigada pela confiança, incentivo e disciplina. Dedico este trabalho à cada um de vocês que trilharam esse caminho junto comigo. Finalizo este ciclo, com muito orgulho e felicidade, e certa de que tomei grandes escolhas até agora, e cresci de muitas maneiras, intelectualmente, socialmente, profissionalmente e espiritualmente.

“Diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, é um imenso prazer dividir um planeta e uma época com você.” – Carl Sagan.

## RESUMO

O presente trabalho buscou identificar e apresentar os processos envolvidos no desenvolvimento e implantação de parques eólicos a partir da análise geográfica do clima e do uso e aplicação de sistemas de informações geográficas. A metodologia utilizada foi basicamente na análise, discussão, apresentação e mapeamento de áreas representativas com potencial eólico, destacando os conhecimentos geográficos e o domínio técnico-instrumental utilizados nas rotinas de trabalho. Os resultados indicam a organização de um conjunto parcial das práticas que envolvem a definição de fatores locacionais para escolha das áreas com potencial eólico (localização, situação e posição geográfica), também instrumentos legais que dão suporte para garantir a viabilidade do projeto, como por exemplo as leis, decretos, exigências técnicas e jurídicas, iniciativas públicas e privadas.

**Palavras-chave:** Clima – Energia - Sistemas de Informações Geográficas – Parques Eólicos.

## ABSTRACT

The present work sought to identify and present the operational processes in the development and implementation of geographic climate parks and the use and application of geographic information systems. The methodology used was in the discussion, presentation and analysis, mapping of representative areas with potentialities and analyses, highlighting the geographic knowledge and the technical-instrumental domain used in the work routines. The results indicate an organization of a partial of practices that involve the definition of locational factors for the choice of areas with wind potential (location, situation and geographic position), as well as legal instruments that support to guarantee the viability of the project, as per such as laws, decrees, technical and legal requirements, public and private initiatives.

**Keywords:** Climate – Energy – Geographic Information Systems – Wind Farms.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da metodologia do trabalho.....	16
Figura 2: Sistema de captação eólica para produção de energia elétrica. Fonte: Lobato (2010)	24
Figura 3: Evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil. Fonte: Abeeólica, 2018. .....	25
Figura 4: Resultados do leilão de geração de energia nova A-5 do ano de 2021. Fonte: ANEEL, 2021.....	26
Figura 5: Matriz Elétrica Brasileira e Mundial em 2019. Fonte: EPE, 2021.....	27
Figura 6: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: ONU.....	30
Figura 7: Modelo de circulação geral da atmosfera considerando a superfície terrestre homogênea. .....	33
Figura 8: (A) Modelo de circulação geral considerando a superfície homogênea e (B) circulação observada na atmosfera real. Fonte: Reboita, 2017. ....	34
Figura 9: Gradiente de Pressão e Força de Coriolis. Fonte: Laboratório de Modelagem Atmosférica (LMA). ....	35
Figura 10: As escalas da circulação atmosférica, incluindo a dimensão horizontal e temporal dos fenômenos. Fonte: Meteorologia, noções básicas, 2017. ....	36
Figura 11: Rosa dos ventos e os pontos cardeais, colaterais e subcolaterais, com seus respectivos valores em graus. ....	37
Figura 12: Mapa da velocidade média anual do vento a 50 m de altura [m/s]. Fonte: Atlas Eólico Brasileiro.....	39
Figura 13: Mapa de direções predominantes anuais. Fonte: Atlas Eólico Brasileiro.....	39
Figura 14: Fluxograma de critérios climáticos para análise de climática. Org. Autora. ....	42
Figura 15: Mapa da velocidade média anual de vento a 50m de altura [m/s] no Brasil. Fonte de dados: Atlas Eólico Brasileiro.....	45
Figura 16: Mapa de localização das torres anemométricas, parques eólicos, linha de transmissão e subestações existentes no território brasileiro. Fonte de dados: EPE, 2022. ....	45
Figura 18: Prospecção de área com potencial eólico no Estado da Bahia. Fonte de dados: Atlas Eólico Brasileiro. ....	46
Figura 19: Restrições socioambientais da área prospectada.....	48
Figura 20: Localização dos imóveis rurais certificados pelo INCRA. Base de dados: SIGEF, 2022. .....	53
Figura 21: Exemplo de memorial descritivo – Imagem ilustrativa disponibilizada pelo SIGEF – INCRA.....	53

Figura 22: Manual do usuário SEIA para upload do shapefile do limite do imóvel (CEFIR-INEMA)	55
Figura 23: Recibo de inscrição do imóvel rural no CAR.....	55
Figura 24: Exemplo de controle fundiário de imóveis correspondentes aos ativos em desenvolvimento.....	56
Figura 25: Linha de transmissão e subestações próximas a área delimitada.....	57

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Municípios que compreendem a área de potencial eólico delimitada.....	47
Tabela 2: Municípios com maior velocidade média anual de vento.....	47
Tabela 3: Município com parques eólicos instalados e/ou em expansão.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALAGER - Associação Latino-Americana de Geração de Energia Renovável  
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica  
APP - Área de Preservação Permanente  
BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social  
CAR - Cadastro Ambiental Rural  
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica  
CDA – Coordenadoria de Desenvolvimento Agrário  
CECAV -Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas  
CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica  
CNIR - Cadastro Nacional de Imóveis Rural  
CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito  
DUP - Declaração de Utilidade Pública  
EPE- Empresa de Pesquisa Energética  
FC - Força de Coriolis  
FGP - Força do Gradiente de Pressão  
FUNAI - Fundação Nacional do Índio  
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
INCRA - Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional  
LEN - Leilões de Energia Nova  
LER - Leilões de Energia de Reserva  
LFA - Leilões de Fontes Alternativas  
MDA - Ministério do Desenvolvimento Agrário  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MME - Ministério de Minas e Energia  
NMM - Nível Médio do Mar  
ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável  
OMM - Organização Meteorológica Mundial  
ONS - Operador Nacional do Sistema  
ONU - Organização das Nações Unidas  
PNUD - Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento  
PROEÓLICA - Programa Emergencial de Energia Eólica  
ProGD - Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica  
PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica  
RL - Reserva Legal  
SDR - Secretaria de Desenvolvimento Rural  
SGB - Sistema Geodésico Brasileiro  
SIG - Sistema de Informação Geográfica  
SIGEF - Sistema de Gestão Fundiária  
SIN - Sistema Interligado Nacional  
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 <i>Objetivos Gerais</i> .....	15
2.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	15
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	16
<b>4. CLIMA E ENERGIA</b> .....	19
4.1. A energia eólica e a produção da eletricidade .....	23
4.2. A energia eólica: em busca por energia limpa e sustentável.....	28
<b>5. CRITÉRIOS CLIMÁTICOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA</b> .....	32
5.1 Regimes de vento no Brasil.....	37
<b>6. O PAPEL DO SIG NA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA</b> .....	43
6.1 Prospecção de áreas .....	43
6.2 Restrições socioambientais .....	48
6.3 Regularização fundiária via Corredores de Ventos .....	50
6.4 Regularização fundiária.....	51
6.5 Controle dos imóveis e status fundiário .....	54
6.6 Linha de transmissão .....	56
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	58
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2021), a energia renovável corresponde a 83% da matriz elétrica brasileira, e nos últimos 10 anos, o investimento em energia eólica tem crescido consideravelmente, ganhando destaque por exemplo nos leilões nacionais e internacionais de energia elétrica.

Esse crescimento, no entanto, não está desvinculado das recentes campanhas empreendidas pela Organização das Nações Unidas (ONU), que em 2019, durante a Conferência Rio+20, lançou como meta para 2030, dobrar a produção de energia renovável mundial. A título de exemplificação, em janeiro de 2021, o Brasil foi o país escolhido para liderar o debate sobre energia sustentável, mas desde o ano de 2001, o país, por meio Ministério de Minas e Energia (MME), vem implementando uma série de políticas para garantir seu desenvolvimento.

A situação é tão relevante que no estado da Bahia, especialmente com a Coordenadoria de Desenvolvimento Agrário (CDA), e unidade da Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), instituiu medidas políticas que facilitam a regularização fundiária em áreas de potencial eólico (umas das principais estratégias de produção desse tipo de energia), essas por sua vez, denominadas de Corredores de Ventos,

Denominada como “Energia Sustentável e Acessível para Todos”, observa-se que a produção de energia sustentável faz parte dos compromissos firmados por 193 líderes mundiais, e mostra, a partir da Agenda 2030, que o conjunto das instituições universais e de agentes internacionais estão fortemente compromissados em apoiar e incentivar a geração e produção de energia renovável em todo mundo.

O interesse, portanto, tem sido reiterado oficialmente, por exemplo, com a publicação do Atlas de Potencial Eólico do Brasil (BRASIL, 2011, p.1), cujo objetivo foi de “[...] fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólico elétricos”. Ainda segundo o documento, o material cartográfico veio para preencher a lacuna, que até então existia, em se tratando da falta de dados e informações confiáveis para investimentos nos empreendimentos eólicos.

Diante desse debate, observa-se que além do investimento público, a participação da iniciativa privada é importante, e para ambos os setores os critérios para implantação de parques eólicos para a produção de energia elétrica sustentável obedecem fundamentalmente às estratégias de enfoque locacional.

O sentido é que o reconhecimento da potencialidade eólica dos lugares, seja por instituição de políticas de gestão territorial, seja pelo interesse de empresas, reivindica diretamente

um conhecimento eminentemente geográfico. A bem verdade, em todos os casos, essa exigência implica em reconhecer que os conhecimentos geográficos são elementares, e aqueles relacionados ao campo da climatologia ao uso das geotecnologias são imprescindíveis.

Não à toa, a oferta de trabalho para os/as profissionais geógrafos/as também se destaca com grande relevância, já que estes/as, devido à natureza de sua formação, podem oferecer uma destacada centralidade como agente que garante o suporte e auxílio na decisão para implantação dos parques eólicos, bem como os estudos sobre a potencialidade, impactos e adequação legal. Desta forma, o presente trabalho visa identificar os critérios geográficos utilizados para implantação de parques eólicos a partir da análise climática, territorial e do uso de sistemas de informações geográficas. A análise geográfica é feita considerando somente os critérios climáticos e territoriais, este último é analisado somente no âmbito jurídico e técnico. O intuito é contemplar uma apresentação que mostre como e quando esses saberes são utilizados como fator de decisão para produção de energia, e como eles ao mesmo tempo, revelam parte das práticas profissionais de geógrafos/as no mundo do trabalho. Para esse debate, o trabalho foi desenvolvido em quatro partes.

Inicialmente, discute-se brevemente pela importância da relação clima e energia para o desenvolvimento da humanidade. São destacadas as primeiras fontes de energia utilizadas na história, dando com ênfase com aquelas utilizadas durante o século XX e XXI, e principalmente da geração de energia elétrica a partir da força mecânica dos ventos.

Na segunda parte, apresentam-se os critérios climáticos para a produção de energia eólica (o clima, a circulação geral da atmosfera e o regime de ventos no Brasil). Na terceira parte, discute-se o uso dos sistemas de informação geográfica como tecnologia de mapeamento de áreas potenciais, e ferramenta para consolidação de banco de dados espaciais. Nessa parte apresenta-se também um exemplo das rotinas de trabalho utilizadas.

Finaliza-se o trabalho com as considerações finais.

## **2. OBJETIVOS**

### *2.1 Objetivos Gerais*

- Identificar os critérios geográficos utilizados para implantação de parques eólicos a partir da análise climática, territorial e do uso de sistemas de informações geográficas.

### *2.2 Objetivos Específicos*

- Analisar os critérios territoriais, no âmbito jurídico e técnico, para a implantação de parques eólicos.

- Associar o uso de geotecnologias, sobretudo os sistemas de informações geográficas, aos instrumentos de gestão territorial utilizados para produção de energia eólica no Brasil.

### 3. METODOLOGIA

Os procedimentos para o desenvolvimento deste trabalho foram executados seguindo etapas que se dirigissem aos objetivos, mas fundamentalmente daquilo que a pesquisadora tem vivenciado em seu cotidiano, uma vez que, grande parte das rotinas de trabalhos estão subsidiadas pela Lei Nº6.664, de 26 de junho de 1979, especialmente com relação as atividades descritas no Artigo 3º que versa que:

[...] é da competência do Geógrafo o exercício das seguintes atividades e funções a cargo da União, dos Estados, dos Territórios e dos Municípios, das entidades autárquicas ou de economia mista e particulares:

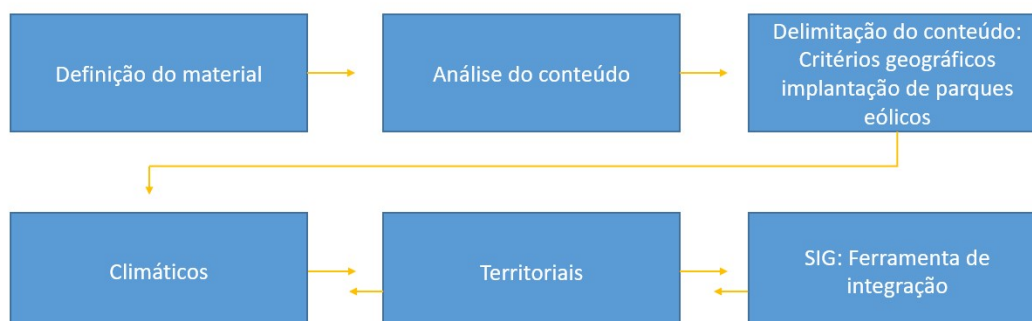
I - Reconhecimentos, levantamentos, estudos e pesquisas de caráter físico-geográfico, biogeográfico, antropogeográfico e geoeconômico e as realizadas nos campos gerais e especiais da Geografia, que se fizerem necessárias:

a) na delimitação e caracterização de regiões e sub-regiões geográficas naturais e zonas geoeconômicas, para fins de planejamento e organização físico-espacial;

b) no equacionamento e solução, em escala nacional, regional ou local, de problemas atinentes aos recursos naturais do País.

A metodologia utilizada foi basicamente análise, discussão, apresentação e mapeamento de áreas com potencial eólico, bem como análise de viabilidade do projeto, além de fundamentar tais processos com leis, decretos, exigências técnicas e jurídicas, iniciativas públicas e privadas. Ressalta-se que o conceito de território não é discutido no presente trabalho. Este é analisado somente no âmbito jurídico e técnico.

O fluxograma apresentado na Figura 1 apresenta o encadeamento destes processos.



*Figura 1: Fluxograma da metodologia do trabalho.*



Neste sentido, a pesquisa foi iniciada com uma revisão bibliográfica para definição do material fundamental para implantação de parques eólicos. Neste sentido, além da seleção dos conteúdos climáticos e geográficos, admitidos inicialmente como critérios para definição das áreas onde os parques serão implantados, também foram contemplados os instrumentos de gestão territorial, como leis, decretos, exigências técnicas e jurídicas, já que nas rotinas de trabalho é comum a busca e fundamentação orientadas por estes conhecimentos e documentos.

A análise do conteúdo consistiu no contexto atual da geração de energia elétrica, nos critérios climáticos para a produção de energia eólica (circulação atmosférica, velocidade e direção do vento, posicionamento geográfico), em legislações, decretos e iniciativas públicas e privadas para o desenvolvimento e ampliação de energias renováveis.

A apresentação dos dados ocorreu simultaneamente com o mapeamento de áreas de potencial eólico. Neste caso, o exercício consistiu em apresentar as etapas do desenvolvimento de prospecção de potencial eólico, em que se articula os critérios climáticos e territoriais iniciando pela definição das áreas, análise de restrições e definição de áreas prioritárias para início de negociações e regularização.

Por isso, optou-se por desenvolver um projeto hipotético-experimental que pudesse apresentar com consistência as rotinas de trabalho e os conhecimentos utilizados no processo, recorrendo-se a exemplificação a partir de área representativa, localizada no estado da Bahia.

Esta etapa também contou com uso de ambiente SIG, especialmente com o software ArcGISPro 2.7.0, e bases cartográficas disponibilizadas pelo Atlas Eólico Brasileiro e por órgãos e instituições públicas, como Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

A análise da viabilidade do projeto consistiu em validar se a área delimitada estava livre de restrições socioambientais e fundiárias, isto é, sem sobreposição e com distanciamento das áreas restritas pela legislação ambiental, como as terras indígenas ou as áreas de preservação permanente, por exemplo. Além das restrições foi analisado a distância entre a área delimitada e a linha de transmissão e subestação mais próxima, devido a necessidade de escoamento e distribuição da energia gerada. É imprescindível a área de interesse de projeto estar livre de sobreposições com áreas restritas juridicamente, e estar próximo às estruturas de distribuição.

O trabalho foi desenvolvido evidenciando a utilização do SIG e sua importância em cada uma das etapas apresentadas, além de mostrar que peças técnicas (memoriais descritivos, plantas, mapas) produzidos no software de inteligência geográfica, são exigidos por parte de

órgãos, instituições e entidades como cartório de imóveis.

#### 4. CLIMA E ENERGIA

Desde os primórdios, a humanidade se preocupa com os fenômenos atmosféricos, como tempestades e secas, que afetam diretamente seu cotidiano. Simultaneamente tais fenômenos existiram também estão no conjunto de preocupações e das questões que envolvem a produção de energia. Não à toa, até atualmente, tanto o clima, quanto a energia continuam sendo duas das pautas mais relevantes no âmbito político, econômico e produtivo de nossa sociedade.

Enquanto fenômeno natural (físico), o clima está para a síntese da quantidade de energia disponível está para o desenvolvimento de processos biológicos e físico-químicos (SORRE, 1951). Mas a produção de energia, por outro lado, “[...] pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho ou de transferir calor” (FARIAS; SELLITO, 2011, p.7), e neste aspecto, todos processo que envolve a produção de energia, pressupõe a transformação ou mudanças físicas da matéria.

Do mesmo modo, mais do que uma relação física, a relação clima e energia é mais bem explicada como um produto do trabalho humano, ou seja, toda ação e atividade que o ser humano intencionalmente objetiva e projeta a finalidade. Segundo Marx ([1867]1996) o trabalho é atividade em que o ser humano emprega sua força para produzir os meios para seu sustento a partir de suas condições materiais. O autor ainda afirma que toda sociedade possui como base e dependência de desenvolvimento as condições materiais existentes, sejam eles os objetos construídos ou não, uma vez que, em todo processo de produção o trabalho é a relação mais essencial.

Nesta perspectiva, uma das primeiras formas reconhecidas pela humanidade para a produção de energia é ao uso da radiação solar. Essa fonte de energia está tanto associada a todo o calor produzido pelo sistema terrestre, e contribui para manutenção das formas de vida no planeta, gerando aquecimento e definindo o conjunto de todos os processos biofísicos ao longo da história natural, como também, recurso fundamental para definição de grande parte das lógicas e práticas espaciais dos seres humanos (FARIAS; SELLITO, 2011).

A sazonalidade climática e variação do dia e da noite, por exemplo, pode ser facilmente associada a realização de atividades produtivas em diferentes épocas do ano e período do dia. Nos dois casos, tem-se um exemplo prático da apropriação da radiação solar, como fonte de energia, pelos seres humanos.

Para além da radiação solar, o fogo e a lenha também foram fontes de energia bastante reconhecida pela humanidade, sobretudo pela sua relevância na pré-história, quando o fogo pôde ser admitido como umas das primeiras fontes de energia dominadas pelo ser humano. Neste caso, seja como uma maneira de gerar aquecimento, iluminação, realização de atividades após o fim do

dia, o fogo também foi utilizado para produzir ferramentas tecnológicas e utensílios domésticos, inicialmente utilizados como armas para caça ou proteção das comunidades. Em seguida, o fogo também se tornou fonte fundamental para sofisticação tecnológica seja para garantir vitória nas lutas, guerras e disputas territoriais, ou como base para transformação e geração de outras fontes de energia (FARIAS; SELLITO, 2011).

A energia oriunda dos fluídos água e ar também foi amplamente utilizada pela humanidade na pré-história, mas foi com advento das primeiras civilizações elas ganharam maior destaque. Neste caso, a energia da água, a energia hidráulica, foi fundamental para os povos egípcios, mesopotâmicos, incas, astecas, maias etc., cujo conhecimento sobre a força cinética foi suficiente para estabelecer a construção das rodas d'água, monjolos, e outros instrumentos que utilizam a mesma energia para trituração de grãos e produção de farinhas etc., inclusive em contextos históricos e técnico-científicos mais recentes (CARVALHO, 2014).

As primeiras civilizações também detinham como fonte de energia a força muscular, oriunda tanto do próprio ser humano, ou da domesticação de animais (equinos e bovinos principalmente) para gerar, por exemplo, movimento de tração para preparo da terra (CARVALHO, 2014).

Diferentemente da energia advinda do domínio do fogo, da força muscular e do movimento cinético da água, o aproveitamento da força mecânica proporcionada pela ação dos ventos pela não possui um período precisamente reconhecido, mas indubitavelmente, seu uso já se dava com os povos orientais. Essa associação é fundamenta pela existência de máquinas, que movidas com placas ou velas a partir da força aerodinâmica, produziam trabalho a partir do arrasto (CARVALHO, 2014).

Mais recentemente, a energia dos ventos foi amplamente utilizada também pelos egípcios, fenícios e romanos, sobretudo para as atividades de navegação (FARIAS; SELLITO, 2011). Segundo Dutra (2001),

os egípcios utilizavam velas como auxílio para embarcações a remo, enquanto os fenícios já possuíam embarcações totalmente movidas à vela a 1000 A.C. Na antiguidade, tanto na China como na Pérsia, de onde consta os registros mais antigos de máquinas desenvolvidas para o aproveitamento do vento com os outros propósitos em 644 A.C. Nessas sociedades foram empregados moinhos de vento, objetivando a moagem de grãos e irrigação, através do bombeamento de água.

A partir da Idade Média, a força aerodinâmica começou a ser aproveitada também para sustentação, neste aspecto, além de permitir a criação e origem das grandes navegações, também auxiliou na ampliação e aperfeiçoamento das máquinas eólicas (FARIAS; SELLITO, 2011).

A título de exemplificação, já no século XIV, na Holanda, máquinas eólicas demonstravam bom desenvolvimento técnico e eficiência em fonte de energia, especialmente em moagem de grãos, serrarias e bombeamento d'água. Por volta do século XVI, havia milhares de moinhos de vento espalhados por quase todo continente europeu, e nos séculos seguintes, o uso das máquinas eólicas expandiu-se sendo apropriado também para a fabricação de papel (material essencial à impressão dos jornais, dinheiro, documentos, livros etc.), óleos vegetais e projetos de drenagem hidráulica de grande escala (FARIAS; SELLITO, 2011).

Ainda no século XIX, nos Estados Unidos, o catavento múltiplo foi amplamente utilizado para bombeamento d'água, chegando a ser fabricado industrialmente em larga escala, por diversos produtores, alcançando milhares de unidades ao ano, o que possibilitou para boa parte da população o acesso ao produto por um baixo custo<sup>1</sup>. Esta disponibilidade de cataventos múltiplos por um baixo preço, é hoje atribuída por alguns historiadores, como um fator essencial para a rápida expansão colonizadora do Oeste dos EUA, pois permitiu o acesso a água em extensas áreas de domínios dos climas áridos ou semiáridos (TORREY, 1976).

Mas no século XIX, os moinhos de vento foram gradualmente substituídos pelas máquinas a vapor, e desta forma, foram deixando de serem utilizados como principal fonte de energia. Isso porque, a energia oriunda do vapor foi essencial para promover a primeira revolução industrial e transformar radicalmente as formas de transporte terrestre e marinhos (FARIAS; SELLITO, 2011).

A substituição da força mecânica dos ventos e da água, agora combinados com o fogo pela transferência de calor oriunda da queima de combustíveis fósseis, é sem dúvida um dos principais avanços tecnológicos já reconhecidos pela humanidade, mas também a principal questão ambiental da atualidade.

A fonte de energia originária da queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, gás natural, petróleo etc.) implica necessariamente no consumo de recursos naturais não renováveis, por isso, nas últimas décadas, a insegurança no suprimento desse tipo de energia, notadamente associada às perspectivas de seu esgotamento no futuro próximo, é considerada um dos principais da sociedade contemporânea – altamente dependente dos combustíveis fósseis (IPCC, 2007).

Essa situação também é vinculada à condição de que os combustíveis fósseis são *comodities* (mercadorias mundiais), e por isso, negociados globalmente, e obediente às frequentes oscilações e instabilidades dos preços de mercado. Não à toa, essas fontes de energia em grande

---

<sup>1</sup> O catavento múltiplo estadunidense foi amplamente utilizado e fabricado também em diversos continentes e países do mundo, inclusive no Brasil.

parte estão na origem das graves crises econômicas e problemas políticos e sociais, não exclusivas às principais regiões produtoras, mas no globo como um todo.

Até 1961 o carvão era a principal fonte de energia primária, sendo ultrapassada pelo petróleo neste mesmo ano. Preocupações como a dependência em uma única ou duas fontes de energias, estas encontradas em uma quantidade limitada na superfície terrestre, com a contaminação dos gases tóxicos e possíveis vazamentos de solventes orgânicos e com impacto na fauna e flora local, e outros fatores, incentivaram a geração e produção de outras fontes de energia, como a eólica, solar e de biomassa (FAIAS; SELLITO, 2011, p.10).

O conjunto dos problemas econômicos, ambientais e políticos associados a esta fonte de energia levaram ao aumento e incentivo de fontes alternativas de energia, especialmente, as renováveis, que em sua maioria apresentam menor impacto ambiental comparado com as demais e, ainda são fontes amplamente disponíveis e inesgotáveis do planeta.

Estratégias de substituição da matriz energética não-renovável tem sido implementada, por exemplo com a inclusão da biomassa. Destaca-se que essa fonte de energia tende a diversificar as matrizes energéticas dos países, garantindo níveis aceitáveis de segurança energética, mas também pode implicar em crises na produção de alimentos. De todo modo, ela também pode ser altamente suscetível à dinâmica ambiental, por exemplo, a ocorrência de longos períodos de secas e estiagens, pode reduzir a produtividade da biomassa, e por consequência, deve aumentar da insegurança energética (FAIAS; SELLITO, 2011).

Essa problemática, no entanto, é menor no que tange à produção da eletricidade, que sem dúvida é a fonte e forma mais recente e sofisticada de obtenção de energia. Trata-se de uma forma de energia produzida pela movimentação inerente aos componentes dos átomos - prótons e elétrons, sendo que sua propagação, transmissão e distribuição se dá através de fios condutores que captam a energia produzida a partir de movimento cinético dos corpos, originando a eletricidade (LOBATO, 2010).

O que torna a eletricidade uma forma de produção de energia que se combina com todas as outras formas e fontes de energia, é exatamente essa qualidade, de ser produzida a partir do movimento cinético dos corpos. Então, utiliza-se a água nos rios e nos mares para produzir a hidroeletricidade; utiliza-se a fissão dos núcleos atômicos para produzir a termoeletricidade (oriunda da combinação da pressão do vapor d'água); utiliza-se a radiação solar para produção da eletricidade fotovoltaica; e a força mecânica dos ventos é aproveitada para produzir a energia eólica.

Em síntese, a relação clima e energia sugere que longo da história, o ser humano tem

incorporado diretamente as formas disponíveis para realização de trabalho, e que em de forma geral mostra aspectos fundamentais de como os saberes geográficos orientaram a necessidade de combinação das fontes já conhecidas e da geração de dispositivos mais sofisticados para construção de outras.

Neste aspecto, os desenvolvimentos de instrumentos capazes de converter e multiplicar o movimento cinético em energia elétrica, indicam não somente sofisticação técnica importante, mas também de relações alternativas para fontes de energia que são altamente degradantes e poluidoras. Para fins de análise, vamos aprofundar um pouco mais sobre essas fontes, destacando sobretudo a energia eólica.

#### **4.1. A energia eólica e a produção da eletricidade**

Apesar da força mecânica ter sido bastante utilizada na história das sociedades humanas, foi somente na década de 1930 que esse tipo de energia começou a ser usada para gerar eletricidade. Por isso, a energia eólica é a eletricidade gerada a partir da força mecânica do vento.

Em síntese, o aproveitamento elétrico dos ventos ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação (deslocamento paralelo de um ponto a outro) - oriunda do movimento do ar (ventos), em energia cinética de rotação (Fig. 2). A partir da instalação de turbinas eólicas ou aerogeradores, essa energia é convertida em energia mecânica, e posteriormente a eletricidade (LOBATO, 2010).

Inicialmente, essa forma de produção de energia foi oriunda do uso de aerogeradores para carregamento de baterias, que fornecia energia elétrica aos moradores do campo, e em seguida, aerogeradores foram produzidos, instalados e exportados para diversos países (LOBATO, 2010).

Entre as décadas de 1930 e 1950, países como Estados Unidos, Dinamarca e Alemanha, se tornaram pioneiros em geração de eletricidade em grande escala a partir das turbinas eólicas de grande porte (AMARANTE, 2001). Segundo Hütter (1955) “[...] pode-se dizer que o precursor das atuais turbinas eólicas surgiu na Alemanha, onde já eram fabricadas pás em materiais compostos, o controle de passo e torre tubular esbelta”.

No entanto, foi somente nas décadas de 1980 e 1990, que o aproveitamento da energia eólica atingiu um patamar significativo de contribuição às matrizes energéticas nacional, principalmente para a Dinamarca e Alemanha, respectivamente. Após esse período, o desenvolvimento tecnológico dos aerogeradores passou a ser coordenado e dirigido pelas indústrias emergentes do setor eólico-elétrico, que foram fomentadas por ações de incentivo através de pagamento por energia produzida.

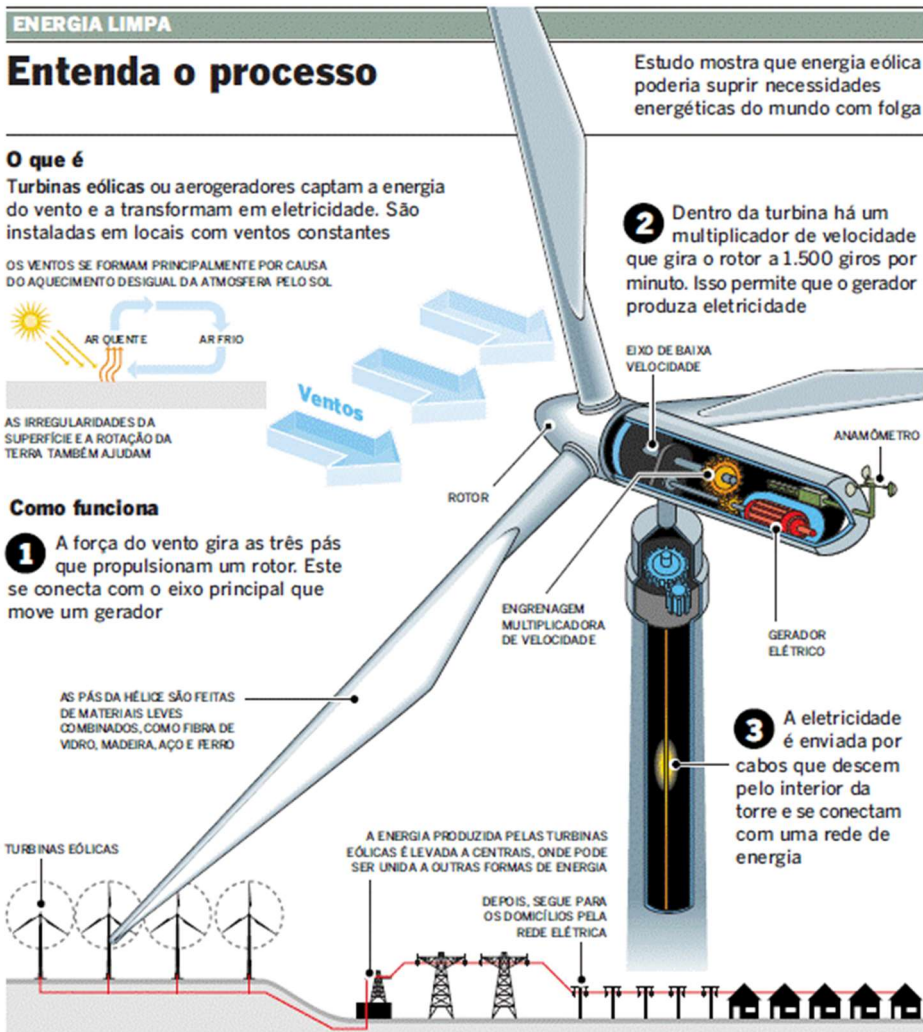


Figura 2: Sistema de captação eólica para produção de energia elétrica. Fonte: Lobato (2010)

Brower (2001), menciona características importantes desse período:

(a) devido à modularidade, o investimento em geração elétrica passou a ser acessível a uma nova e ampla gama de investidores; (b) devido à produção em escalas industriais crescentes, o aumento de capacidade unitária das turbinas e novas técnicas construtivas, possibilitaram-se reduções graduais e significativas no custo por kilowatt instalado e, conseqüentemente, no custo de geração.

No Brasil, o primeiro aerogerador a ser instalado foi em 1992 na ilha de Fernando de Noronha, com potência de 1MW, e até os anos de 2000, o setor se desenvolveu timidamente, devido ao alto potencial de geração de energia das usinas hidrelétricas. Somente com a crise de abastecimento de 2001, que o Estado (governo Lula) começou a incentivar a diversificação da matriz energética brasileira, com a busca por fontes alternativas e renováveis para a geração de energia elétrica.



A partir de então, a energia eólica tem sido uma das formas de energia de maior investimento no país. Na figura 3, pode-se observar esse argumento usando os dados de evolução (crescimento) da capacidade instalada, em que se destaca o Rio Grande Norte (135 parques), seguido do Rio Grande do Sul (80 parques) e Ceará (74 parques) os três principais estados em número de parques eólicos.

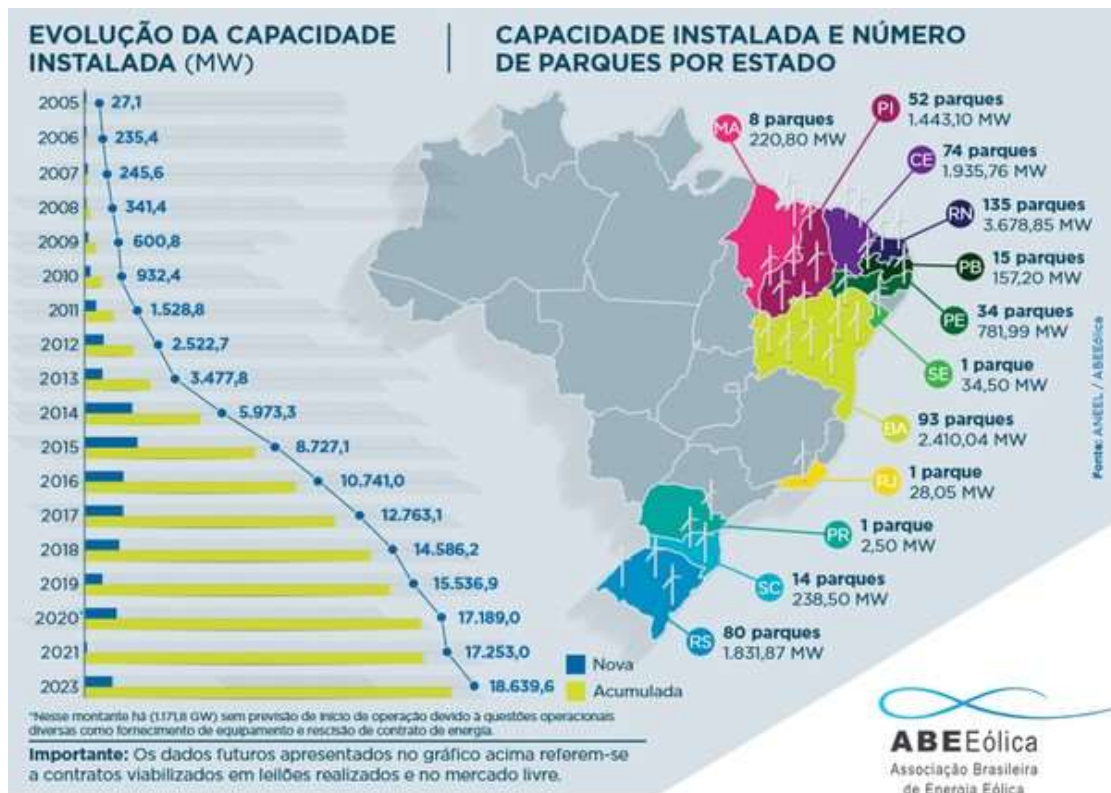


Figura 3: Evolução da capacidade instalada de energia eólica no Brasil. Fonte: Abeeólica, 2018.

Atualmente, a matriz elétrica brasileira é majoritariamente renovável, correspondendo a 83%. As usinas hidrelétricas são destaques para a produção de energia, sendo responsável por 65,2% da geração (EPE, 2021). No entanto, segundo o 13º episódio do AneelCast, *podcast* da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a matriz elétrica brasileira está passando por alterações, onde nota-se uma redução da participação das usinas hidrelétricas em leilões de energia.

Os dados do resultado de cadastramento do leilão de energia nova A-5 de 2021, expressam a realidade dessa transformação, incluindo destaques da participação para as usinas fotovoltaicas e eólicas (Fig. 4). É importante ressaltar que essas alterações derivam das restrições ambientais a projetos hidrelétricos com grandes reservatórios e como uma alternativa a variabilidade de fontes de energia renováveis. De todo modo, o Brasil ainda se destaca em termos de fontes renováveis

de energia e matriz elétrica quando comparado ao mundo (Fig. 5), a relação é de 83%, enquanto a média mundial não passa de 27%.



Figura 4: Resultados do leilão de geração de energia nova A-5 do ano de 2021. Fonte: ANEEL, 2021.

Destaca-se também que até o início dos anos 2000, o Brasil tinha como principal fonte da matriz elétrica as usinas hidrelétricas. Os incentivos governamentais e econômicos para ampliação e diversificação das fontes de energia, aconteceu somente após um período crítico no abastecimento hídrico, no ano de 2001, que levou as autoridades a perceberem a necessidade de se ter variabilidade em fontes de produção de energia, que garantisse o abastecimento contínuo à população.

A Figura 5 apresenta uma parte dessa realidade, na medida em que, o Brasil hoje conta com mais de 80% da sua matriz energética oriunda de fontes renováveis, enquanto os dados mundiais, não passam dos 27%. As ações de incentivo, concomitantes com pressões internacionais pela implantação de empreendimentos que causassem o menor impacto ambiental possível e que minimizassem a emissão de gases do efeito estufa (Protocolo de Quioto, 1997), sem dúvida auxiliou sobremaneira os países chegar nesses patamares.

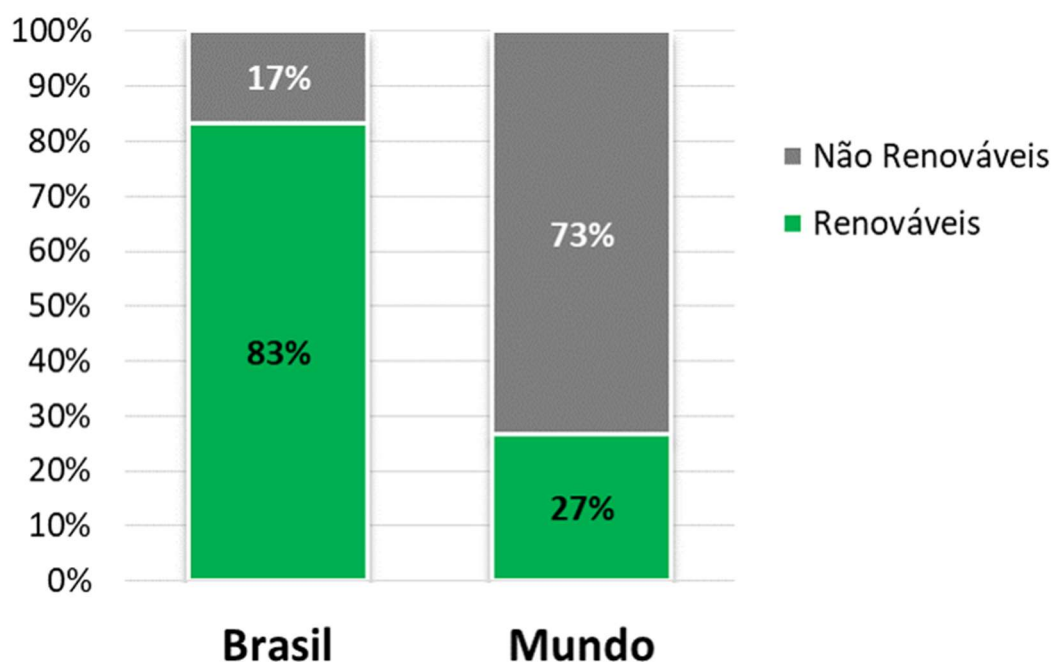


Figura 5: Matriz Elétrica Brasileira e Mundial em 2019. Fonte: EPE, 2021.

Essa situação mostra como políticas públicas estatais tem importância fundamental para garantir esse tipo de transformação, e que elas impactam diretamente nos processos de geração de energia. Ou seja, se podemos destacar que no contexto histórico da humanidade os reconhecimentos das fontes de energia ofereceram implicações diretas nas formas de desenvolvimento tecnológicos das sociedades, não podemos excluir a relevância de que outras formas e fontes de energia produzidas atualmente e no futuro deverão ser outras, sobretudo, em termos de constantes crises ambientais e econômicas.

Como observado, a incorporação da eletricidade é sem dúvida a última e mais recente forma de produção de energia (capacidade de realizar trabalho). Além disso, a inserção de recursos governamentais para complementar a matriz de energia elétrica de um país, tem indicado como a energia eólica tem sido também fundamental para oferecer possibilidades de desenvolvimento econômico com relevante uso de fontes renováveis.

No Brasil, essa aposta deve inclusive minimizar os impactos causados por crises internacionais e instabilidades político-econômicas que afetam o mercado de combustíveis fósseis ou por excecionalidades ambientais que resultam em crises hídricas e interferem na geração hidroelétrica. A justificativa é importante, e oferece um debate que coloca no centro da questão a energia eólica como uma possibilidade de energia limpa e sustentável.

## **4.2. A energia eólica: em busca por energia limpa e sustentável**

O incentivo à pesquisa e ao desenvolvimento de fontes de energias renováveis no Brasil, foi inicialmente incorporada na agenda da Política Energética Nacional (Lei 9.478/97, Lei 12.490/11). No entanto, a primeira ação voltada à energia eólica foi com a instituição do Programa Emergencial de Energia Eólica – Proeólica (Resolução GCE n. 24/01), criado com o objetivo de contratar 1.050 MW de projetos até dezembro de 2003.

O Proeólica foi substituído pelo o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa (Lei 10.438/2002), que com intenções mais ambiciosas, tinha com o objetivo principal diversificar a matriz energética brasileira, ou seja, incluir outras fontes de energias renováveis, como as pequenas centrais hidrelétricas e de biomassa. O programa fixou preços, concedeu garantias de compra de energia em contratos de 20 anos e financiamentos do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para a implantação de projetos.

Além disso, o Proinfa foi dividido em duas fases de procedimentos distintos. Na primeira fase, o programa estabeleceu a contratação de 3.300 MW de potência instalada com o prazo de entrada em operação dos empreendimentos para o ano de 2006, enquanto na segunda fase foi estipulado como meta para as energias renováveis, a participação de 10% na matriz energética até 2020, objetivo este cumprido, conforme dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, e Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA.

É notório que o programa concedeu caminhos para implantações de empreendimentos eólicos em grande parte do território brasileiro, e conjuntamente, o governo federal começou a celebrar parcerias com iniciativas privadas através de leilões e concessões públicas para empresas interessadas.

Nesse cenário, os denominados leilões dedicados ganharam destaque. Segundo a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE, 2022), “[...] os leilões são mecanismos de mercado que visam aumentar a eficiência da contratação de energia, procurando garantir o abastecimento da população com o menor custo”. A partir do interesse de ampliar a participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira e atender o crescimento do mercado no ambiente regulado, foi instituído os leilões de fontes alternativas (LFA) (Decreto 6.048/07).

As fontes eólicas passaram a participar dos leilões de energia nova (LEN) e leilões de energia de reserva (LER), neste aspecto, três tipos dos leilões de energia nova foram organizados para garantir as fases de implantação, sendo: Leilão A-3 (três anos para seu início), Leilão A-4 (quatro anos para seu início) e Leilão A-5 (cinco anos para sua conclusão). Para participar dos

leilões de energia, o empreendimento precisa estar cadastrado na EPE, e quando habilitadas, as empresas interessadas participam virtualmente por meio da plataforma da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE).

Em 2001, o MME em parceria com o Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB) e o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), publicou o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, documento que contém dados correspondentes ao levantamento do potencial eólico sobre o território brasileiro, incluindo informações sobre direção, velocidade média, regime e sazonalidade do vento, bem como sua qualidade para fins de geração de energia elétrica.

O documento veio para preencher a lacuna da antiga falta de dados adequados e confiáveis, que impossibilitavam os investimentos em empreendimentos eólicos e em pesquisas em torno desta temática, cujo objetivo é fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólio-elétricos” (MME, 2001). Em síntese, o Atlas foi desenvolvido especialmente para as autoridades governamentais, planejadores do setor elétrico, agências nacionais e internacionais de financiamento, instituições de fomento e investidores.

Em 2015, o MME também criou o Programa de Desenvolvimento da Geração Distribuída de Energia Elétrica (ProGD), que tem como objetivo a ampliação e desenvolvimento de ações de estímulo a geração de energia pelos próprios consumidores, a partir de fontes renováveis, especialmente a solar fotovoltaica. Ainda que a energia solar seja o principal foco do programa, este também incentiva e impulsiona o setor de microgeração de energia eólica.

Em 2012, no Rio de Janeiro, na conferência Rio+20, com os 193 membros da Organização das Nações Unidas (ONU), que lançou bases para a criação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme acordo “O futuro que queremos” estabelecido entre os membros da organização. Em setembro de 2015, os 17 ODS foram acordados, e os países membros, incluindo o Brasil, comprometeram-se a adotar a chamada Agenda Pós-2015, “considerada uma das mais ambiciosas da história da diplomacia internacional” (PNUD, Brasil).

A ONU estabeleceu durante a Conferência Rio+20, como meta para 2030, dobrar a produção de energia renovável mundial, esta denominada como “Energia Limpa e Acessível”, 7º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável (Fig. 6). A organização deixa clara e fortemente explícito o apoio e incentivo a geração e produção de energia renovável. A ONU ainda escolheu o Brasil, em janeiro de 2021, para liderar o debate sobre este tipo de energia.



O objetivo de conquistar Energia Limpa e Acessível para todos, surgiu da problemática de uma economia global dependente de combustíveis fósseis e do aumento das emissões de gás carbônico, que acarretou e acarreta mudanças drásticas no clima, e esta impacta diretamente todos os continentes. Em soma, houve aumento do número de pessoas com acesso a eletricidade entre os anos de 1990 e 2010, de 1.7 bilhão, e como a população mundial persiste no crescimento, conseqüentemente a demanda por energia barata também aumenta. Portanto, conquistar e garantir o acesso global à energia a um preço acessível até 2030, inclui investimentos em fontes de energia renováveis, como solar, eólica e térmica.



Figura 6: Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Fonte: ONU.

Segundo o Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento (PNUD, Brasil)

“[...] adotar padrões de custos sustentáveis para uma vasta gama de tecnologia também pode reduzir o consumo global de energia em 14 por cento. Isso significa 1300 centrais elétricas a menos no planeta. Expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para fornecer energia limpa em todos os países em desenvolvimento é um objetivo crucial para que o crescimento econômico colabore com o meio ambiente.”

Até aqui pode-se observar que a renovação da matriz energética brasileira tem sido um processo pautado por políticas nacionais e internacionais, sobretudo na busca de fontes renováveis. O destaque para energia eólica é fundamental, e não à toa, conhecimento da dinâmica e da variabilidade do clima, tem sido reivindicado e bastante valorizado para estabelecer as possibilidades e garantia para a produção desse tipo de energia.

De fato, o momento sugere outro contexto histórico, técnico e científico, que para além de observar, registrar e mensurar os elementos e fenômenos atmosféricos, a sistematização do conhecimento climático, sobretudo com o advento dos debates sobre as alterações climáticas e a necessidade de diminuição das emissões de CO<sup>2</sup>, ofereceu uma nova centralidade das questões energéticas.

Diante desse argumento, cabe agora elencar quais conhecimentos sobre o clima têm sido usados como critérios para estabelecer subsídios na decisão sobre a implantação de parques eólicos. Essa questão é relevante pois ela implica diretamente nas formas de uso e gestão dos territórios, e do papel do profissional geógrafo como agente que auxilia na decisão.

## 5. CRITÉRIOS CLIMÁTICOS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

Como anteriormente destacado, a energia eólica é oriunda da ação dos ventos. Por isso, o vento é considerado uma fonte renovável de energia. O vento, nada mais é do que o movimento atmosférico, ou o ar em movimento. Sobre esse aspecto é importante lembrar que os planetas dos sistemas solares são envolvidos por gases, e apresentam diferentes formas de circulação atmosférica e de ventos em sua superfície. (LEITE, 2001).

Nesta perspectiva, a localização de um parque eólico não será produto do acaso ou é uma decisão aleatória, de outro modo, o enfoque locacional para este processo obedece também a situação e a posição geográfica. Inicialmente, grande parte desta explicação é obtida com o conhecimento da Circulação Geral da Atmosfera, que nada mais é do que o sistema distribuição do calor e da água no planeta que se dá a partir da movimentação horizontal e vertical do ar.

Em primeiro lugar, o movimento ocorre devido à influência termodinâmica que existe entre polos e Equador, e em seguida pela influência mecânica (gravitacional), que promove a organização de áreas de baixa e alta pressão atmosférica, em que na primeira o ar quente mais leve tende a subir (ciclones), e na segunda o ar frio mais seco tende a descer (anticlones). Em seguida, a ocorrência do vento acontece pelo processo de advecção em superfície, que é quando o ar das áreas de alta pressão (divergência de ventos em superfície) é deslocado para áreas de baixa pressão (convergência de ventos em superfície).

De forma global, na zona tropical, área de superávit de energia, o ar que ascende forma muitas nuvens e chuvas e chega até a alta troposfera (10 – 15 km de altura), onde acontece o deslocamento da massa de ar em direção aos polos e aos sub-trópicos, em ambos os hemisférios. Durante o trajeto o ar é influenciado pelo efeito Coriolis, que faz com que o fluxo do ar desça entre as latitudes norte e sul de 20°-30°. Nas regiões subtropicais, onde a massa de ar desce, há a presença de um cinturão de alta pressão, denominada de “alta subtropical”. Segundo Rocha (2012),

é nesta região de alta pressão que se localizam os principais desertos do globo (Sahara, Atacama, Kalahari e outros), pois quando o ar desce inibe os movimentos ascendentes na atmosfera que são fundamentais para a formação de nuvens e chuva.

O ar que desce nas regiões subtropicais, forma dois ramos principais, onde um movimenta-se em direção aos polos enquanto o outro retorna ao equador. A corrente de retorno engloba uma massa de ar em grande escala chamada de célula de Hadley. É a “célula formada pelo ar que ascende no equador e desce por volta de 20-30° de latitude em cada hemisfério” (REBOITA et al., 2012), (Fig. 7).



Devido ao movimento de rotação da Terra, os ventos que se movem em direção ao equador são defletidos, ao sul para a esquerda e ao norte para a direita, formando os ventos alísios de sudeste e alísios de nordeste, no hemisfério sul e norte, respectivamente (Fig. 7). Estes ventos convergem e dão origem à Zona de Convergência Intertropical - ZCIT (ROCHA, 2012).

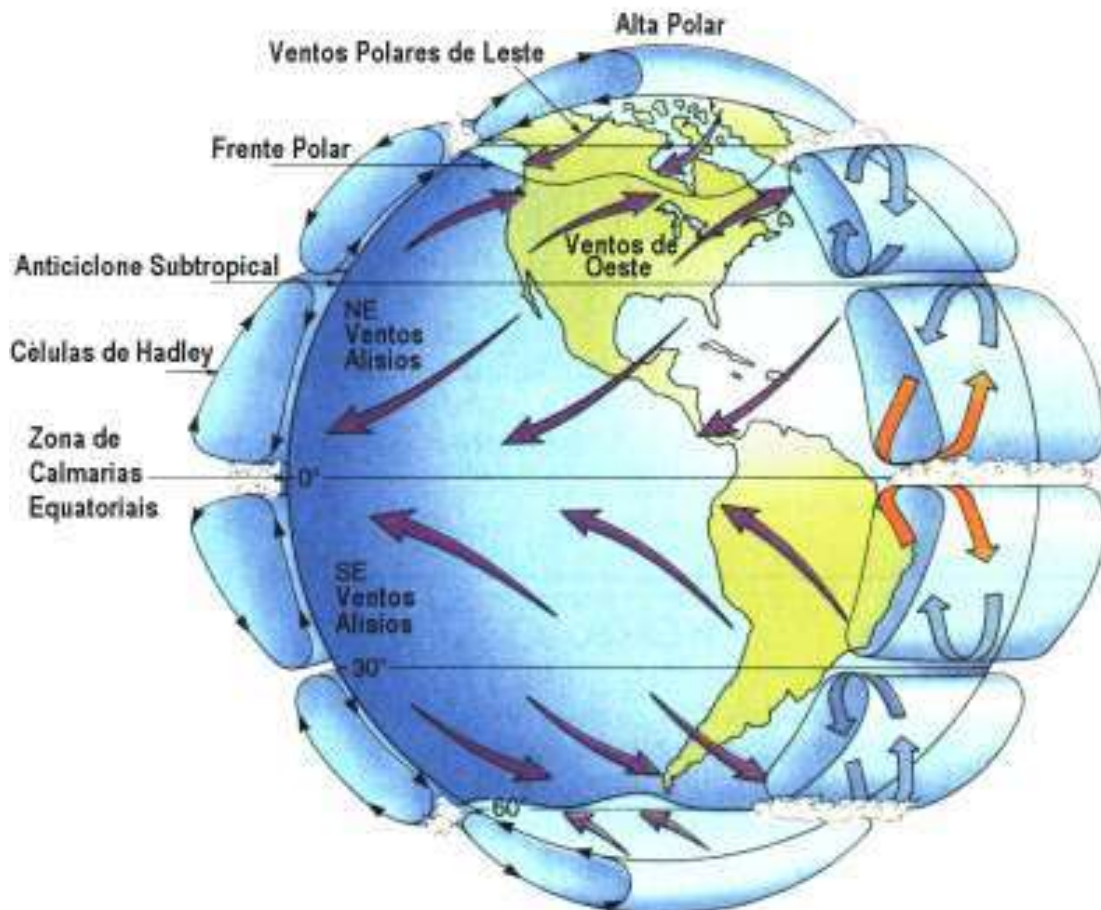


Figura 7: Modelo de circulação geral da atmosfera considerando a superfície terrestre homogênea.

Em relação à massa de ar que desce entre as latitudes de 20°-30° e se direciona aos polos, ocorre seu retorno para as latitudes subtropicais, devido à sua condição térmica mais elevada, que é mais quente e menos densa quando comparado com a massa que converge, a polar, em uma latitude de 60°. Esta massa de ar que desce na região subtropical e retorna quando encontra a massa polar, constitui a denominada célula de Ferrel, ou célula das médias latitudes. Nesta região predominam os ventos de oeste.

Próximo à 60° de latitude, ocorre a convergência dos ventos de oeste com os ventos provenientes dos polos que estão em direção ao equador. Nesta zona de encontro, que é caracterizada pela convergência das massas polares (fria e seca) com às provenientes dos

subtrópicos (quente e úmida), acontecem a formação de frentes e ciclones extratropicais, devido à suas propriedades térmicas distintas. Nas regiões polares os ventos são de leste, como nas regiões tropicais.

Na figura 7, o esquema representa a circulação geral da atmosfera. No entanto este considera a superfície terrestre mais ou menos homogênea. A circulação atmosférica real é aleatória, pois existem diferenças na superfície terrestre, considerando a existência de áreas continentais e oceânicas, e as suas propriedades físicas e térmicas devem oferecer distintas velocidades e direções dos movimentos horizontais e verticais. Além disso, há diferentes coberturas vegetais sobre a superfície continental e variações em sua topografia, conforme mencionado anteriormente.

Este modelo de circulação geral de atmosfera (células de Hadley, Ferrel e polar), apresenta de maneira idealizada uma circulação definida e contínua da movimentação e direção dos ventos. Mas conforme mencionado e explicado, as descontinuidades da superfície terrestre (oceano, continente, uso e cobertura do solo, topografia) criam diferentes gradientes horizontais de pressão, que influenciam a distribuição dos sistemas de pressão.

Também existe a variação de temperatura derivada do eixo de inclinação da Terra e dos movimentos de rotação e translação, que fazem com que os sistemas se movam longitudinalmente e latitudinalmente. Portanto, o padrão de distribuição da pressão atmosférica e dos ventos é complexo, porque as variações sazonais de temperatura fortalecem ou enfraquecem as células de pressão, o que resulta em diferenças na intensidades e posições dos padrões de pressão atmosférica (AMBRIZZI, 2017) (Fig. 8).

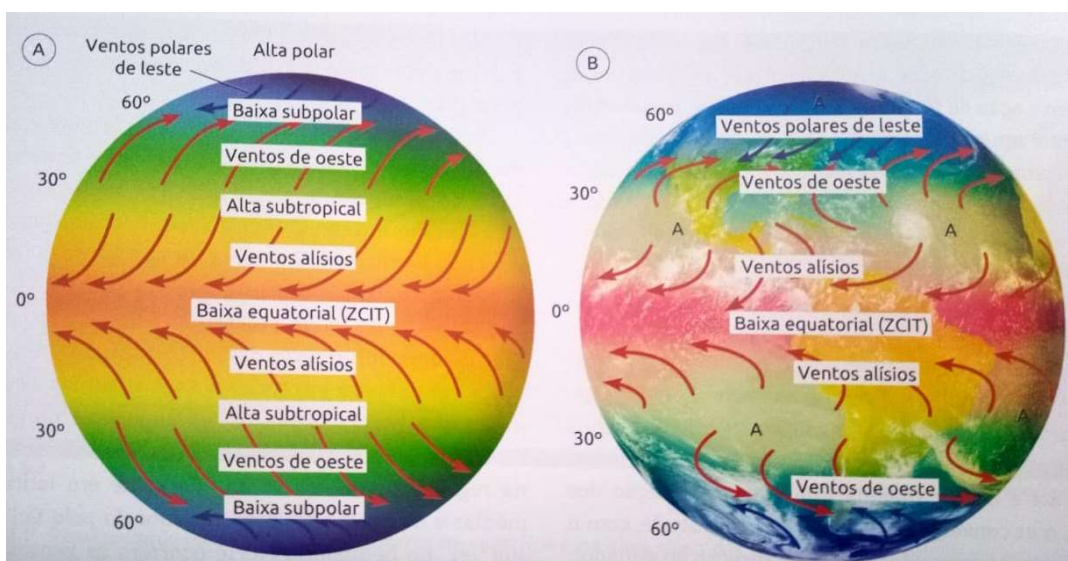


Figura 8: (A) Modelo de circulação geral considerando a superfície homogênea e (B) circulação observada na atmosfera real. Fonte: Reboita, 2017.

Ao comparar as representações A e B dispostas na Figura 8, pode-se observar que zonas de alta subtropical não possuem intensidade constante ao longo do ano e que em determinadas áreas no hemisfério norte, como no caso dos Estados Unidos, chegam até desaparecer as zonas de baixa pressão no mês de janeiro. No hemisfério sul, as variações sazonais nos sistemas de pressão são menos evidentes, devido à superfície mais homogênea, caracterizada pela maior cobertura oceânica.

As diferenças horizontais na pressão atmosférica geram uma força denominada de Força do Gradiente de Pressão (FGP). Esta força dirige-se das altas pressões para as baixas pressões, e é responsável pela geração dos ventos. A magnitude da FGP está diretamente associada ao gradiente de pressão. Quanto mais fortes forem os gradientes horizontais de pressão, maior será a FGP, e vice-versa (Silva, 2017) (Fig.9).

Apesar da força do gradiente de pressão ser a única capaz de gerar os ventos, esta não é a única atuante sobre o movimento do ar. Caso fosse, a direção seria sempre das altas para as baixas pressões. No entanto, durante seu deslocamento o vento é desviado pela força de Coriolis. A força de Coriolis (FC) é um efeito causado pela rotação da Terra (Fig. 9).

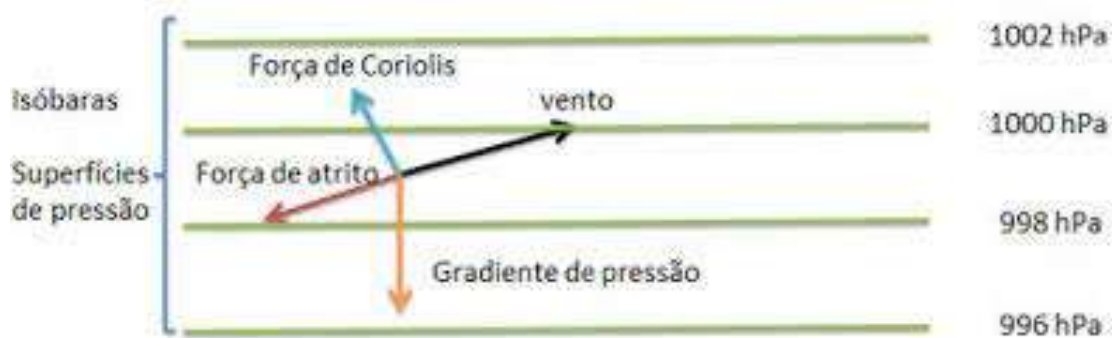


Figura 9: Gradiente de Pressão e Força de Coriolis. Fonte: Laboratório de Modelagem Atmosférica (LMA).

Ambrizzi (2012) também afirma que tanto os oceanos quanto os continentes, bem como as diferentes coberturas da superfície, possuem diferentes valores de atrito, diferentes taxas de aquecimento e criam diferenças de pressão na horizontal, eliminando então a homogeneidade na direção leste-oeste na distribuição de pressão.

O ar o vento é invisível, mas há evidências dele em todo o lugar, como o balançar das folhas de uma árvore, como o toque em nosso rosto, refrescante em dias quentes, congelantes em dias frios, ou fenômenos devastadores como ciclones e tornados. As circulações de ar possuem diferentes escalas espaciais e temporais (tamanho e tempo de duração,

respectivamente) na atmosfera, e interação entre si. Desta forma há a classificação das circulações atmosféricas em microescala, mesoescala e macroescala.

Outro critério climático a ser utilizado é a velocidade ou intensidade do vento, é expressa em metros por segundo (m/s), e quando o valor é de 0 m/s, significa que não há vento, esta situação é conhecida como calmaria. Quando em um curto espaço de tempo, ocorre um aumento repentino da intensidade do vento, mas não há persistência e constância, tem-se a situação de rajada.

Esta acontece devido a turbulência atmosférica – passagem de vórtice ou redemoinhos pela região -, a diferenças de topografia, de passagem de frentes frias, entre outros. É comum que nessa situação venha também variações bruscas na direção do vento. Devido a isto, as observações para fins de análise meteorológicas de intensidade e direção do vento, devem ter referências os valores médios correspondentes a um intervalo de dez minutos.

A Figura 10, apresenta a classificação conforme a dimensão espacial e temporal de cada escala e menciona alguns sistemas atmosféricos correspondentes. A dimensão espacial real de alguns desses sistemas podem variar e, portanto, integrar mais de uma categoria, e tradicionalmente, segundo Silva (2017), “sua caracterização, em qualquer ponto da atmosfera, necessita de dois parâmetros: a direção e a velocidade.

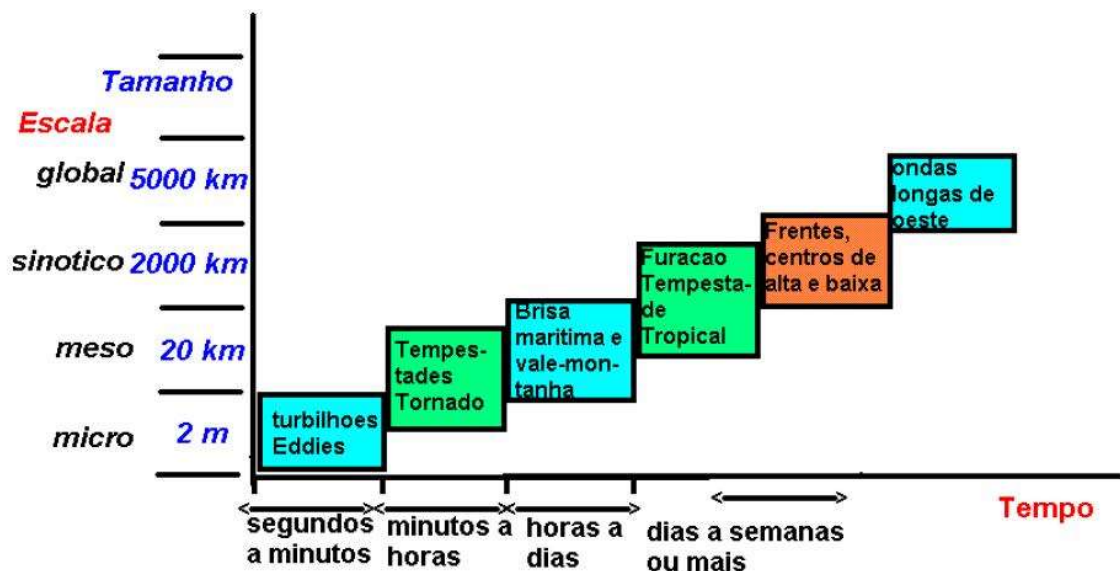
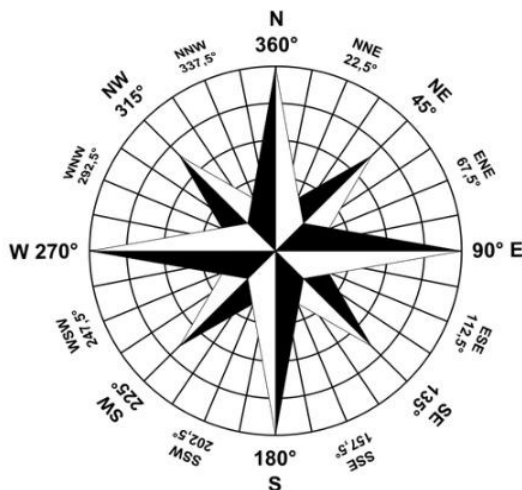


Figura 10: As escalas da circulação atmosférica, incluindo a dimensão horizontal e temporal dos fenômenos. Fonte: Meteorologia, noções básicas, 2017.

Além da localização do lugar, da posição dele em relação a CGA, e a intensidade os ventos, outro critério utilizado é a direção do vento. Segundo Silva (2017), “[...] a direção meteorológica do

vento define a posição a partir da qual ele vem, e não para onde ele está indo.” Para determinar a posição de origem do vento, é utilizado a rosa dos ventos.

A rosa dos ventos é um instrumento de navegação e orientação, que representa os quatro sentidos fundamentais e seus intermediários, permitindo identificar a posição de um corpo ou objeto. Ela é dividida em 360°, e recebe o valor 0° de referência para o ponto cardinal norte, aumentando no sentido horário, conforme figura 11.



*Figura 11: Rosa dos ventos e os pontos cardiais, colaterais e subcolaterais, com seus respectivos valores em graus.*

A localização, situação, posição, a intensidade e a direção dos ventos formam os principais critérios utilizados para instalação de parques eólicos. E graças aos avanços na área computacional e de sistemas de informações o conhecimento destes atributos possibilitou mais do que o armazenamento, manipulação e representação destes na forma de dados, mas sobretudo o reconhecimento do seu regime. Sobre esse aspecto, vale apresentar alguns argumentos que auxiliam na definição final da decisão.

### **5.1 Regimes de vento no Brasil**

Como apresentado, a distribuição geral dos ventos é influenciada pela circulação geral da atmosfera. No Brasil, os sistemas atmosféricos associados a ela são o de alta pressão Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul e do Atlântico Norte e a faixa das baixas pressões da Depressão Equatorial. Os mapas das figuras 12 e 13, apresentam as médias anuais de velocidade do vento e as direções predominantes no Brasil, podendo ser analisado as áreas de maior intensidade, bem como as menores, incluindo a predominância na direção destes.



A zona de baixa pressão da Depressão Equatorial atua de oeste a leste ao longo da região Norte do país, coincidindo com a posição da Bacia Amazônica e expande-se sobre o Oceano Atlântico. Ao norte da Depressão Equatorial, os ventos predominantes são de leste e nordeste, enquanto ao sul, entre a zona de Anticiclone Subtropical Atlântico (30° S, 25° W) são de leste e sudeste. Ao longo da Depressão Equatorial os ventos próximos a superfície são geralmente fracos, no entanto, ao norte e ao sul, a velocidade aumenta.

Devido as diferenças na superfície mencionadas anteriormente, a distribuição dos ventos em escalas menores sofre alterações significativas. Em síntese, o regime de ventos em menor escala está classificado e distribuído em 7 regiões: Bacia Amazônica Ocidental e Central, Bacia Amazônica Oriental, Zona Litorânea Norte-Nordeste, Zona Litorânea Nordeste-Sudeste, Elevações Nordeste-Sudeste, Planalto Central e Planaltos do Sul (Amarante, 2001).

A *Bacia Amazônica Ocidental e Central* abrange aproximadamente as latitudes 10° S e 5° N, e longitudes 70° W e 55° W. Tem-se ventos bem fracos, devido a zona de baixa pressão e baixo gradiente associados à Bacia Amazônica. A longa extensão de florestas densas nessa região, reduz bastante o escoamento atmosférico, que chega a ter uma velocidade média anual de 3,5 m/s a uma altura de 50 metros.

No entanto, existe uma faixa estreita de ventos que se inicia no Oceano Atlântico, a leste da foz do Rio Amazonas, estendendo-se à oeste sobre a porção norte da Bacia Amazônica, com médias anuais de 8m/s a 10m/s entre as altitudes de 1.000m e 2.000m, que faz com que a região da Serra Pacaraima, em Roraima, ao longo da fronteira Brasil-Venezuela, tenha uma fonte de energia eólica.

Nesta área, os ventos de maior intensidade, predominam em terrenos mais elevados, cobertos em sua maioria por baixa rugosidade de savanas, ontem também acontecem chuvas orográficas. Exceto por esta área isolada onde há ventos intensos, a região da Bacia Amazônia é caracteriza por ventos fracos. Geralmente, as noites são de calma, onde os ventos dirigem-se da montanha para os vales, e são fracos e ocasionais, nas áreas ao leste ao sul. Podem ocorrer durante o dia ventos localizados mais fortes, devido à diferença de temperatura da superfície.

A *Bacia Amazônica Oriental* compreende a porção continental a partir da longitude 55°W (Santarém, PA) até cerca de 100 km da costa que se estende entre o Amapá e o Maranhão. A Depressão Equatorial atua sobre esta área, o que faz com que os ventos predominantes sejam de leste a nordeste na parte norte e de leste a sudeste na parte sul.



Figura 12: Mapa da velocidade média anual do vento a 50 m de altura [m/s].  
Fonte: Atlas Eólico Brasileiro.



Figura 13: Mapa de direções predominantes anuais. Fonte: Atlas Eólico Brasileiro

O baixo gradiente de pressão, associados a superfície rugosa de muita vegetação, faz com que os ventos sejam fracos, não ultrapassando a uma média anual de 3,5m/s. A intensidade do vento de oeste para leste ao longo desta região aumenta, porque o constante escoamento de leste percorre caminhos menores e o gradiente de pressão aumenta gradualmente para leste, devido as diferenças térmicas entre o mar e o continente. Amarante complementa (2001),

[...] as máximas velocidades médias anuais de vento nessa região são encontradas nas porções nordeste e sudeste, onde existem elevações de terreno que aceleram os ventos pelo efeito de compressão vertical do escoamento atmosférico, e especialmente na porção nordeste, onde algumas elevações alcançam as velocidades de vento de camadas mais altas da atmosfera atuantes nessa área.

A *Zona Litorânea Norte-Nordeste* é delimitada pela faixa costeira de aproximadamente 100km de largura, que compreende o extremo norte do Amapá e o Cabo de São Roque, no Rio Grande do Norte. Os ventos alísios de leste e as brisas terrestres e marinhas predominam nessa região, com médias anuais entre 5m/s e 7,5m/s na parte norte (Amapá e Pará), e 6m/s e 9m/s na parte do sul (MA, PI, CE e RN).

No setor sul, o escoamento é mais intenso principalmente porque os ventos alísios comumente tornam-se mais fortes conforme a distância aumenta da Depressão Equatorial, e também porque as brisas marinhas são expressivamente mais intensas em razão da menor presença de vegetação e umidade do solo, o que conforme abordado em tópicos anteriores, faz com que o a superfície continental atinja temperaturas mais elevadas, o que resulta em maior contraste de temperatura entre a superfície terrestre e marítima. A faixa litorânea do Ceara e do Rio Grande do Norte são áreas de destaque em relação a maiores médias anuais de velocidade do vento, onde o sistema de ventos brisa marinha e terrestre são mais intensos.

A *Zona Litorânea Nordeste-Sudeste* se estende entre o Cabo de São Roque (RN) e o estado do Rio de Janeiro, ocupando aproximadamente 100km de largura. A intensidade do vento vai diminuindo conforme a latitude vai aumentando, tendo médias anuais de 8-9m/s no RN e 3,5m/s a 6m/s sobre o restante da extensão. Há uma exceção entre as latitudes 21°S e 23°S (sul do ES e nordeste do RJ), onde a média anual é de 7,5m/s. Isto acontece devido ao bloqueio do escoamento leste nordeste pelas montanhas a oeste da costa, onde cria-se uma aceleração do ar por obstáculo, para aliviar o acúmulo de massa derivado deste mesmo bloqueio.

As *Elevações Nordeste-Sudeste* correspondem as áreas de serras e chapadas que compreendem a costa brasileira entre os estados de RN e RJ, com cerca 1.000km de distância da costa. Os ventos anuais mais intensos geralmente estão situados em pontos de maior elevação,



onde ocorre maior compressão vertical do escoamento predominante de larga escala (leste, nordeste).

No topo das partes mais elevadas da Chapada Diamantina e da Serra do Espinhaço, as médias anuais são de 6,5m/s.. Nesta região, o escoamento atmosférico é bastante complexo, tendo diversas variáveis e influências, “resultantes de uma combinação de fatores relacionados à topografia e ao terreno (LEITE, 2001, p.24).

O *Planalto Central* localiza-se ao sul da Bacia Amazônica e vai desde a margem esquerda da Bacia do Rio São Francisco até as fronteiras com Paraguai e Bolívia. Nesta região os ventos predominantes são de leste e sudeste e sofrem influência do sistema de maior escala Anticiclone Subtropical Atlântico.

A velocidade do vento em maior escala aumenta para o sul, onde o índice de rugosidade é menor sobre a superfície e o gradiente de pressão é mais elevado. Portanto, as médias anuais de vento variam de 3m/s a 4m/s ao norte da região, para 5m/s a 6m/s sobre a parte sul do amplo planalto. As áreas destaques de intensidade eólica na região do Planalto Central, estão localizadas na fronteira com o Paraguai, no estado do Mato Grosso do Sul, onde o valor da média anual chega a 7m/s, em razão “do efeito de compressão vertical do escoamento ao transpor as elevações (LEITE, 2001)

Os Planaltos do Sul têm delimitação aproximada na latitude 24°S, em São Paulo, até a fronteira com o Uruguai. Os ventos dessa região são controlados pelo sistema de Depressão do Nordeste da Argentina, uma zona constante de baixas pressões, situada em cerca de 29°S e 66°W. Está é derivada do bloqueio de circulação da atmosfera geral dos Andes e pelas intensas temperaturas da superfície na região.

Segundo Leite (2001), “o gradiente de pressão entre a Depressão do Nordeste da Argentina e o Anticiclone Subtropical Atlântico induz um escoamento persistente de nordeste ao longo dessa área”, e tem como resultado médias anuais da velocidade do vento valores entre 5,5m/s a 6,5m/s.

As localidades de maiores elevações e planaltos de baixa rugosidade (Campos de Palmas), possuem ventos mais intensos, com valores médios entre 7m/s e 8m/s. O litoral sul, também possui intensidade de escoamento bem similar, com valor médio anual superior a 7m/s, acentuados pela ação constante das brisas marinhas.

De modo geral, as áreas brasileiras com maiores potenciais energéticos estão submetidas a ventos constantes e com velocidades médias anuais acima de 7m/s, e estão submetidas aos critérios climáticos e geográficos de localização, situação (direção e regime de ventos), e posição,

conforme exposto no fluxograma abaixo. Estes critérios podem ser mapeados através do processamento de dados no software de sistemas de informações geográficas.



*Figura 14: Fluxograma de critérios climáticos para análise de climática. Org. Autora.*

Pois bem, percebe-se que a relação clima-energia tem sido submetida ao incremento importante de tecnologia, e mais recentemente com os avanços da computação e da disseminação de dados e informações, esse quase se apresenta com forte aprimoramento e uso por parte de instituições privadas e públicas.

Além disso, o advento dos satélites, do sensoriamento remoto e do uso de sistemas de informações geográficas - SIG, também permitiu a visualização da superfície terrestre e dos elementos atmosféricos em nível planetário, aumentando a abrangência de observação e compreensão do clima, e a estratégia mais consistente para decisão.

Neste sentido, o SIG tem sido utilizado como o principal meio de armazenamento e tratamento de dados e produção cartográfica para análise espacial dos critérios climáticos climática, com foco em áreas de predominância dos ventos (SIG e clima), visualização e delimitação de áreas (SIG e território), e controle fundiário (SIG e gerenciamento territorial).

Deste modo, a implantação de um parque eólico não exclusivamente obedece às condições de contorno ou inerente ao lugar, mas sobretudo, também porque a escolha do lugar resulta de todos os processos exteriores a ele. Além disso, a decisão final para escolha do lugar deve também ser garantida por outros setores da sociedade, bem como a comunidade em sua volta. Por isso, a implantação do parque não à toa, é sempre atravessado por políticas de desenvolvimento, que valoriza profundamente o conhecimento territorial (legislativo) e o domínio cartográfico (mapeamento).

## 6. O PAPEL DO SIG NA PRODUÇÃO DE ENERGIA EÓLICA

O Sistema de Informação Geográfica (SIG), é um sistema de hardware e software, que cria, gerencia, armazena, e processa informações geográficas e dados de qualquer natureza. O SIG integra e relaciona dados de localização (onde as coisas estão) com qualquer informação associada ao objeto de estudo (descrições, atributos, informações). A utilização do SIG proporciona uma base para mapeamento e análise de padrões e relacionamentos no âmbito geográfico, o que beneficia a gestão e as tomadas de decisões.

O SIG é amplamente utilizado no mercado, em instituições de pesquisa e em órgãos públicos para diversas finalidades, como controle portuário, de telecomunicações, na área de *geomarketing*, agrícola, ambiental, entre outros. Na análise de implantação e desenvolvimento de parques eólicos o SIG é utilizado para garantir a análise de cinco critérios: prospecção de áreas, análise de restrições socioambientais e fundiárias, regularização fundiária, controle de áreas e status fundiário, gerenciamento e controle das servidões administrativas, que compõe a linha de transmissão.

### 6.1 Prospecção de áreas

Para a implantação de qualquer empreendimento eólico, é necessário deter o imóvel da área de interesse, bem como ter este regularizado perante a legislação federal e estadual correspondente a sua localização. É necessário ainda, prospectar áreas de potencial eólico, onde haja constância e boa velocidade média anual dos ventos para a geração de energia elétrica, segundo informações da Associação Latino-Americana de Geração de Energia Renovável (ALAGER), para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior ou igual a  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade mínima do vento de 7 a 8 m/s”.

Para análise das melhores áreas utiliza-se dados oriundos do Atlas Eólico Brasileiro, bem como a base dos dados da EPE e ANEEL, que constam as informações da localização das torres anemométricas, subestações, linha de transmissão, e dos parques eólicos instalados, além dos que estão em planejamento de implantação.

Para a prospecção de áreas é importante não só considerar as áreas de potencial eólico, mas também, a proximidade destas áreas com subestações e linha de transmissão existentes, isto porque a energia gerada precisa ser escoada/distribuída, e é de grande relevância esta proximidade, pois sem ela, o investimento em negociação de áreas e de construção civil, além de

outros serviços e custos envolvidos, podem alcançar valores altíssimos, inviabilizando a implantação destes projetos.

Os mapas das figuras 15 e 16 apresentam uma parte dessa argumentação. É possível observar a localização das áreas com maior velocidade média anual de vento considerando 50 metros de altura (Fig. 15) e a posição espacial das torres anemométricas e de parques eólicos instalados (Fig. 16). Com a análise espacial dos dados geográficos do clima e de localização, constata-se que as áreas onde constam torres anemométricas e parques eólicos coincidem espacialmente.

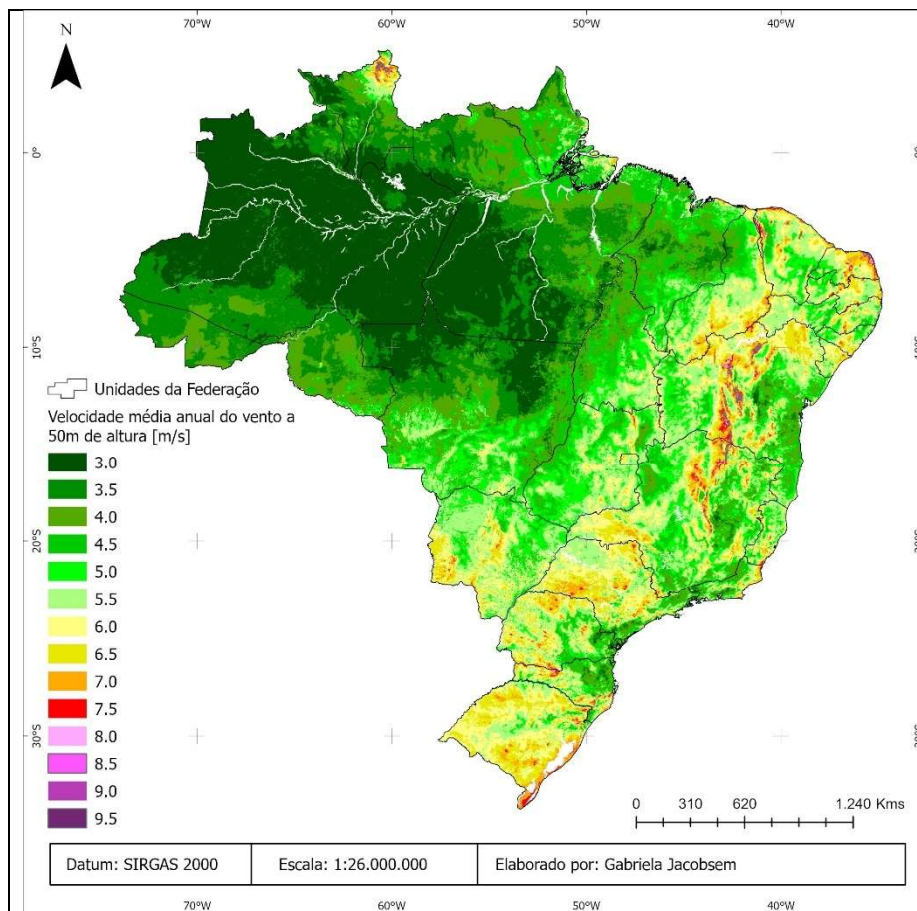


Figura 15: Mapa da velocidade média anual de vento a 50m de altura [m/s] no Brasil. Fonte de dados: Atlas Eólico Brasileiro.

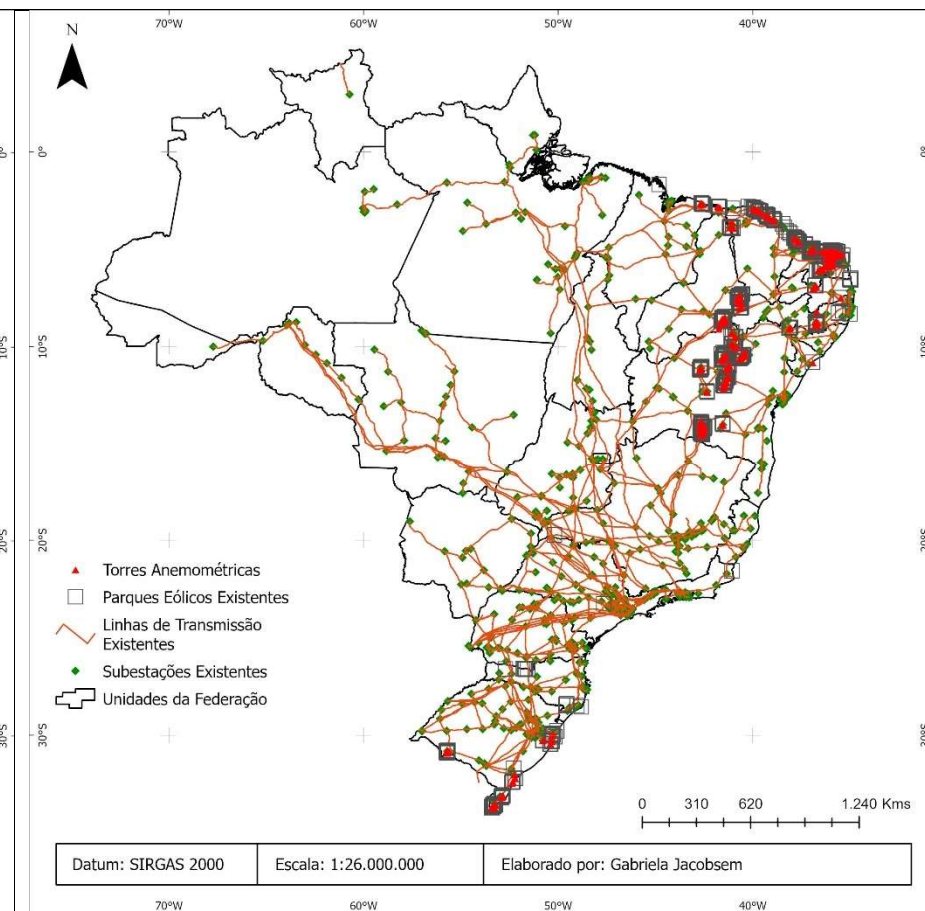


Figura 16: Mapa de localização das torres anemométricas, parques eólicos, linha de transmissão e subestações existentes no território brasileiro. Fonte de dados: EPE, 2022.

Para explicação da prospecção de uma área com potencial eólico, foi escolhida a área no estado da Bahia, na qual compreende aproximadamente 1.495 hectares (Fig. 18). Para essa delimitação foi considerado a velocidade média mínima de 6,0 m/s anual do vento (considere dados da figura 15 para análise da média anual da intensidade do vento).

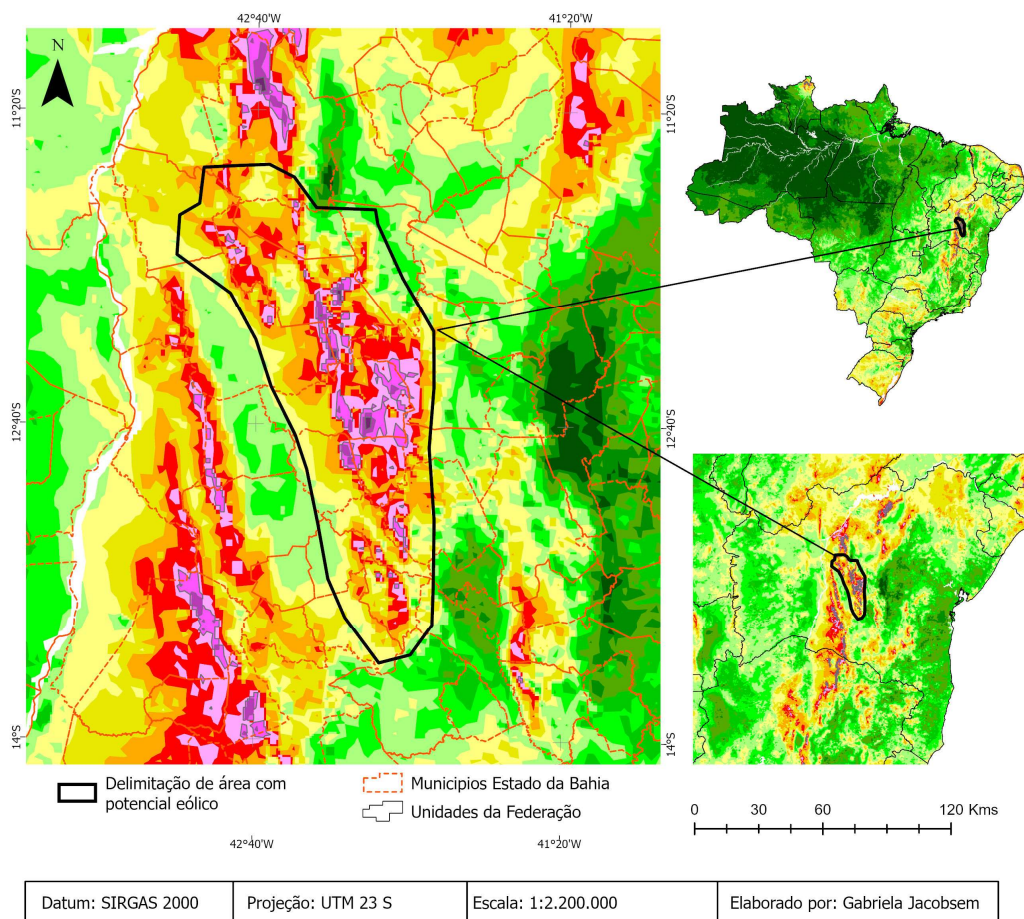


Figura 17: Prospecção de área com potencial eólico no Estado da Bahia. Fonte de dados: Atlas Eólico Brasileiro.

A área delimitada compreende 21 municípios (tabela 1), sendo que 5 deles possuem maior média da intensidade de vento no ano (tabela 2) e um município conta com 3 parques eólicos instalados e 1 em expansão (tabela 3).

MUNICÍPIO	MUNICÍPIO	MUNICÍPIO
Abaíra	Brotas de Macaúbas	Brotas de Macaúbas
Érico Cardoso	Ibitiara	<i>Tabela 3: Município com parques eólicos instalados e/ou em expansão.</i>
Barra do Mendes	Novo Horizonte	
Boninal	Piatã	
Brotas de Macaúbas	Seabra	
Caturama	<i>Tabela 2: Municípios com maior velocidade média anual de vento.</i>	
Gentio do Ouro		
Ibipitanga		
Ibitiara		
Ipupiara		
Livramento de Nossa Senhora		
Macaúbas		
Morpará		
Novo Horizonte		
Oliveira dos Brejinhos		
Paramirim		
Piatã		
Rio de Contas		
Rio do Pires		
Seabra		
Xique-Xique		
<i>Tabela 1: Municípios que compreendem a área de potencial eólico delimitada.</i>		

Posteriormente a delimitação de áreas com potencial eólico, é necessário verificar se estas estão livres de restrições socioambientais, isto é, se não estão localizadas em áreas de preservação permanente, unidade de conservação, quilombolas, indígenas, sítio arqueológicos, entre outras restrições que contemplam a legislação social e ambiental brasileira.



## 6.2 Restrições socioambientais

Para a análise de restrições são utilizadas as bases de terras indígenas da Fundação Nacional do Índio (FUNAI), sítio arqueológicos do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), terra quilombola e assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), unidades de conservação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), além da base de dados de cavernas do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (Cecav).

Com o cruzamento de dados realizados, podem ocorrer decréscimo de áreas viáveis para ocupações com finalidade de geração de energia elétrica. Possuindo o mapeamento destas áreas, cabe aos profissionais de engenharia realizarem os estudos de viabilidade da implantação no âmbito de construção civil. Neste caso, mapas topográficos são imprescindíveis para estudos civis.

O mapa da Figura 19 apresenta a localização das áreas de assentamento, quilombolas, sítios arqueológicos, unidades de conservação, terras indígenas, bem como parques eólicos existentes e planejados (Fig. 19).

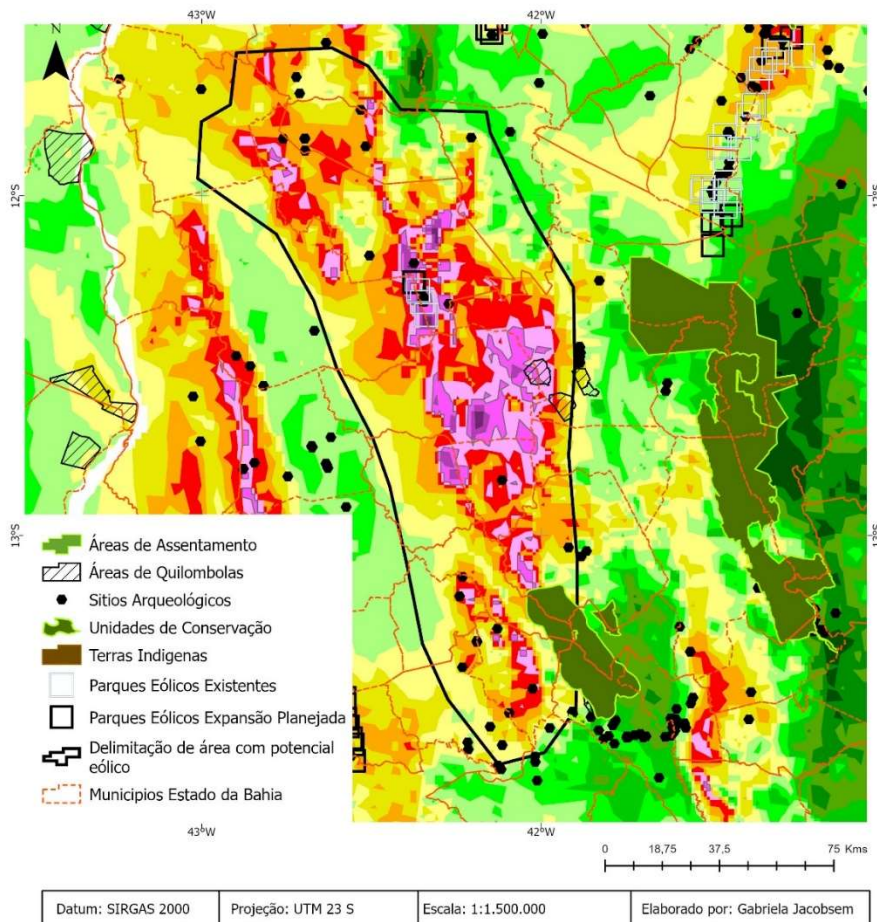


Figura 18: Restrições socioambientais da área prospectada.



É possível observar no mapa que a área compreende bastante sítios arqueológicos, além de abranger território de quilombolas (a leste) e áreas de unidade de conservação (ao sul). No entanto, a área de maior potencial (8 m/s), localizada na parte central da delimitação, encontra-se livre de restrições socioambientais, e, portanto, pode ser analisada por outros especialistas para verificar a viabilidade do projeto, no âmbito de engenharia civil e elétrica, por exemplo.

No mapa foi considerado a localização de parques eólicos existentes e os planejados, não por serem restrições socioambientais, mas sim pela proximidade. Engenheiros alegam que aerogeradores muito próximos afetam significativamente a quantidade de energia gerada (UCHÔA; CARVALHO, p.2, 2020).

Uchôa (2020), afirma que,

[...] para se obter uma maior eficiência em um parque eólico, a distância entre os aerogeradores e o layout (disposição) da planta possuem papéis fundamentais, uma vez que um aumento do distanciamento dos aerogeradores e sua correta disposição diminuem a perda por efeito esteira, com consequente ganho de produção de energia elétrica.

E ainda complementa:

[...] a geometria do posicionamento das turbinas é um dos parâmetros mais importantes que afetam as perdas do conjunto. Os aerogeradores são espaçados para maximizar a quantidade de energia e sua adequação tem por objetivo de minimizar perdas por sombreamento (um aerogerador a jusante na esteira do outro a montante).

Além da delimitação de áreas com potencial eólico e análise das restrições socioambientais, o SIG é essencial durante os estudos do layout do projeto, por diversas finalidades, como respeitar a legislação ambiental da implantação de parques eólicos onde cada órgão estadual competente estipula a distância mínima para instalação de aerogeradores em relação a edificações de uso público, coletivo e privado. No território brasileiro, segundo informações publicadas pelo Portal da Energia (2019), “as habitações ou zonas residenciais mais próximas deverão estar, no mínimo a 200 metros de distância”.

No caso, são os aerogeradores que devem corresponder a legislação competente local. Esta distância mínima é estabelecida para minimizar o impacto sonoro derivado do ruído do vento batendo nas pás, que podem alcançar até 43 dB (decibéis). No SIG, é utilizado a ferramenta buffer para produzir o raio que compreende a distância mínima estipulada.

Com isto, é possível visualizar e mapear se há residências dentro do limite estabelecido. Também para estudos de posicionamento dos aerogeradores, acessos internos e externos, bem

como para auxiliar nas negociações de áreas para implantação dos acessos internos, se necessário.

### **6.3 Regularização fundiária via Corredores de Ventos**

Na Bahia, a Coordenadoria de Desenvolvimento Agrário (CDA), unidade da Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR), instituiu em 2020, medidas que facilitam a regularização fundiária em áreas de potencial eólico, denominadas de Corredores de Ventos. Estas são regiões de elevado potencial eólico, aptas para a implantação de parques eólicos, conforme Atlas Eólico da Bahia, mapeamento realizado pelo estado. O Atlas Eólico da Bahia apresenta a distribuição dos ventos sobre o território baiano, bem como velocidade média, direção, análises e projeções de áreas promissoras para a implantação de usinas eólicas, além de trazer informações de climatologia, infraestrutura e consumo de energia no estado.

A modelagem de regularização via Corredores de Ventos consiste na regularização de terras públicas, rurais e devolutas que integram as áreas de potencial eólico no estado da Bahia. Em síntese, é necessário a apresentação do diagnóstico da ocupação e situação jurídica dos imóveis rurais, a identificação das terras públicas e devolutas para arrecadação e abertura de matrícula, pretendendo a emissão de títulos de terras em favor das famílias agricultoras e consequentemente fornecer as condições necessárias aos empreendedores, que para participarem dos Leilões de Energia, segundo a Portaria nº 21/2008 do Ministério de Minas e Energia – MME, as empresas interessadas em cadastrar seus projetos em leilões de energia nova, devem apresentar "o comprovante do direito de usar ou dispor do local a ser destinado ao empreendimento de geração" (art. 5º, §3º, VI). Em outras palavras, as empresas precisam deter previamente a posse legítima do imóvel.

Para a regularização dos imóveis rurais é necessário apresentar o diagnóstico fundiário territorial, que é constituído pelo levantamento cadastral georreferenciado das ocupações, propriedades particulares, requerimentos, anuências, documentos comprobatórios e outros materiais técnicos, "que apresenta o objetivo de contribuir para a discriminatória, em especial na elaboração do mapa detalhado da área e formação dos processos de regularização fundiária dos ocupantes das terras devolutas" (Anexo I, 2020, CDA).

O mapa detalhado deve conter os limites das ocupações e propriedades identificadas em escala compatível, incluindo "a descrição das confrontações externas do polígono geral, e a identificação/delimitação interna dos imóveis que a conformam e o as imagens do aerolevanteamento (ortomosaico)" (Anexo I, 2020, CDA). A malha fundiária georreferenciada com

as informações cadastrais também deve ser enviada em um banco de dados geográficos especificado pela CDA. “Todos os procedimentos de georreferenciamento devem estar de acordo com a Norma Técnica de Georreferenciamento de Imóveis Rurais do Incra, na sua versão mais recente”. (Anexo I, 2020, CDA).

A elaboração do diagnóstico fundiário deve ser elaborada pela empresa interessada, mediante a contratação de empresas devidamente cadastradas e autorizadas pela CDA, conforme legislação disposta no art. 22 da Lei Estadual 3.038/1972 e regulamentado pela Portaria CDA Nº 105/2014.

O modelo de regularização via Corredores de Ventos no estado da Bahia tem como objetivo garantir a agilidade da emissão de títulos de terra para os agricultores familiares, povos e comunidades tradicionais que vivem e trabalham na terra, bem como assegurar juridicamente os empreendedores, além de assegurar a participação do estado nos trabalhos de regularização territorial e garantir a promoção do desenvolvimento rural em seu território.

A regularização fundiária também beneficia as famílias e comunidades locais pois fornece segurança jurídica do imóvel, facilita a obtenção de financiamentos para melhoria dos imóveis, assegura a efetivação da função social da propriedade, além de garantir o direito social à moradia, ao acesso a serviços públicos, e promover a cidadania e qualidade de vida da população beneficiária.

#### **6.4 Regularização fundiária**

Após os processos descritos nas sessões anteriores, é necessário realizar as negociações dos imóveis e a regularização deles. Mas antes, acontece a verificação destas terras para checar se estão georreferenciadas e certificadas pelo INCRA, e para isto é utilizado a base fundiária do Sistema de Gestão Fundiária (SIGEF), ferramenta eletrônica desenvolvida pelo INCRA e pelo Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA) para subsidiar a governança fundiária do território nacional. Esta validação é efetuada pois a Lei 10.267 de 2001, estabeleceu a obrigatoriedade do georreferenciamento para a inclusão da propriedade no Cadastro Nacional de Imóveis Rural (CNIR).

O CNIR unifica e gerencia as informações referentes às propriedades por meio do INCRA, Receita Federal e Cartórios, além de também ser obrigatório nos casos de desmembramento, parcelamento, remembramento, transferência e ações judiciais que versem sobre imóveis rurais, conforme a Lei dos Registros Públicos (Lei 6.015/73).

De acordo com o INCRA, georreferenciar um imóvel “é definir a sua forma, dimensão e localização, através de métodos de levantamento topográfico”. A Lei 10.267/01, exige que este georreferenciamento seja executado de acordo com a Norma Técnica para Georreferenciamento de Imóveis Rurais, que impõe a obrigatoriedade de descrever seus limites, características e confrontações conforme o Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), através de um memorial descritivo.

Em síntese, para o imóvel rural estar inteiramente regularizado, é necessário possuir georreferenciamento. Além do benefício da regularização, o georreferenciamento valoriza o imóvel pela facilidade de comercialização, derivada da preferência dos compradores por estes imóveis, afinal, um imóvel georreferenciado praticamente elimina possíveis erros de sobreposição e discussões jurídicas. Outro benefício é a possibilidade de financiamento, alguns bancos brasileiros adotaram o georreferenciamento como uma exigência para o processo de financiamento. Portanto, imóveis georreferenciados são mais atraentes, por facilitarem o processo de regularização durante e após a compra, concessão e/ou locação do imóvel, além de também minimizar os custos durante a negociação.

Caso os imóveis não estejam georreferenciados, é necessário prosseguir com a contratação de empresas que realizem os levantamentos topográficos em campo. Após a coleta dos pontos e das coordenadas geográficas (latitude e longitude), os dados são passados geralmente através de arquivos no formato KMZ, SHP, DWG. Com eles, é possível trabalhar com as feições no banco de dados geográfico, e produzir as peças técnicas (plantas e memoriais descritivos), para cadastrar e solicitar a certificação do INCRA no SIGEF. Se não houver inconsistências ou sobreposições a certificação é obtida, garantindo a efetiva segurança geométrica e jurídica do imóvel.

Para o mapa da figura 20, foi realizado o cruzamento de dados utilizando a base do SIGEF para validação de áreas georreferenciadas e certificadas. Pode-se observar que dentro dos limites da área prospectada é extremamente baixo o número de imóveis certificados. Portanto, essa área precisaria de investimentos em reconhecimento de campo (validação de imóveis e proprietários, consolidação do diagnóstico fundiário), topografia e de regularização fundiária. Está é uma área aparentemente apta de regularização via Corredores de Ventos.

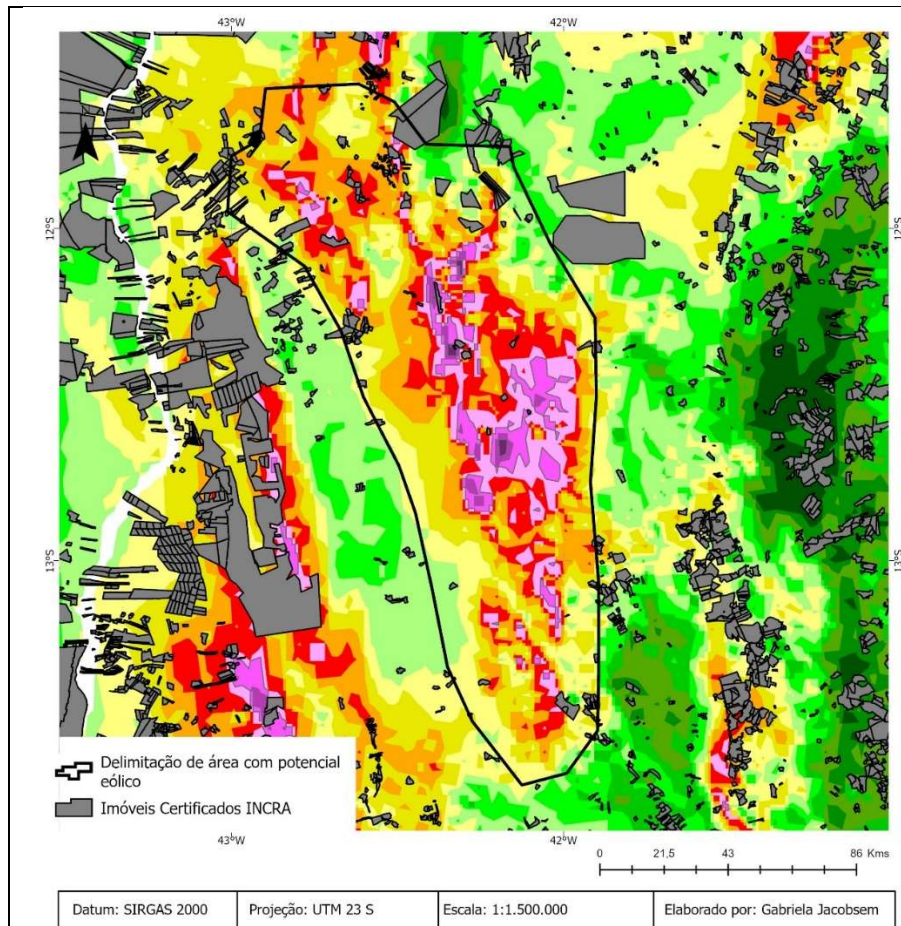




Figura 19: Localização dos imóveis rurais certificados pelo INCRA. Base de dados: SIGEF, 2022.



MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO  
INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA



### MEMORIAL DESCRITIVO

**Proprietário:** CPF: \_\_\_\_\_  
**Matrícula do imóvel:** Cartório (CHS): (12.829-RS) Izardá - TO  
**Município/UF:** Lizarda-TO Código INCRA/SNCR: \_\_\_\_\_  
**Responsável Técnico:** CREA: \_\_\_\_\_  
**Formação:** A.R.T.: \_\_\_\_\_  
**Código de credenciamento:** DOZ  
**Sistema Geodésico de referência:** SIRGAS 2000 **Coordenadas:** Latitude, longitude e altitude geodésicas  
**Área (Sistema Geodésico Local):** 975,8114 ha **Perímetro (m):** 13.055,17 m **Azîmutes:** Azîmutes geodésicos

VÉRTICE				DESCRIÇÃO DA PARCELA			
Código	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Código	Azîmute	Dist. (m)	SEGMENTO VANTE
DOZ-M-0924	-49°59'27,882"	-09°59'56,333"	335,74	DOZ-M-0925	189°00'	2989,23	[NO] 12.829-RS LIZARDA TO Lote Nº 14 Loteamento Rio Miranda Carta Nº 11
DOZ-M-0925	-49°59'54,821"	-09°41'37,048"	330,51	DOZ-M-0926	287°42'	3653,37	[NO] 12.829-RS LIZARDA TO Lote Nº 21 e 22 Loteamento Rio Miranda Carta Nº 11
DOZ-M-0926	-49°57'50,828"	-09°41'18,129"	330,51	DOZ-M-0927	13°59'	2920,03	[NO] 12.829-RS LIZARDA TO Lote Nº 28 Loteamento Rio Miranda Carta Nº 10
DOZ-M-0927	-49°57'29,898"	-09°40'18,858"	332,9	DOZ-M-0928	78°08'	3492,84	[NO] 12.829-RS LIZARDA TO Lote Nº 29 Loteamento Rio Miranda Carta Nº 10

**CERTIFICAÇÃO:** 7648604-1a70-4500-a105-7a269837ac  
 Em atendimento ao § 5º do art. 176 da Lei 6.015/73, certificamos que a poligonal objeto deste memorial descritivo não se sobrepõe, nesta data, a nenhuma outra poligonal constante do cadastro georreferenciado do INCRA.  
 Data Certificação: 29/04/2014 18:09  
 Data da Operação: 30/04/2014 14:34

**Certificada - Sem Confirmação de Registro em Cartório.**  
 Parcela certificada pelo SIGEF de acordo com a Lei 6.015/73 e pendente de confirmação do registro da certificação em cartório.  
 A autenticidade deste documento pode ser verificada pelo endereço eletrônico <http://sigef.inra.gov.br/autenticacao/7648604-1a70-4500-a105-7a269837ac/>

Este Memorial Descritivo foi gerado automaticamente pelo Sigef com base nas informações transmitidas e assinadas digitalmente pelo Responsável Técnico (Credenciado).

Figura 20: Exemplo de memorial descritivo – Imagem ilustrativa disponibilizada pelo SIGEF – INCRA.

## 6.5 Controle dos imóveis e status fundiário

Além da negociação, aquisição e regularização das terras é necessário manter o controle e monitoramento das respectivas propriedades. O SIG é uma ferramenta fundamental para monitorar se os imóveis estão correspondendo ao seu uso e ocupação do solo devidamente, realizar o acompanhamento e gestão dos mesmos, além de auxiliar em qualquer trabalho que necessite ser efetuado dentro do imóvel, como obras, reparos, compensações ambientais, entre outros; e nos limites das confrontações, como reconhecimento das mesmas e assinatura de anuências. Através das fotografias aéreas e de imagens de satélite, processadas no software QGIS, ArcGIS, ou outro software de inteligência geográfica, é possível mapear variados objetos conforme necessidade e objetivo específicos.

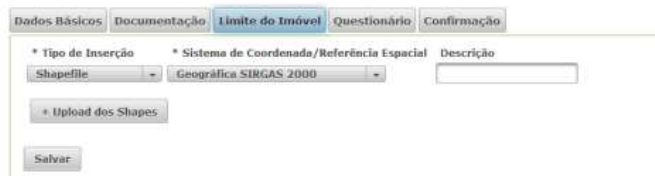
O SIG também auxilia na análise para delimitação estratégica da Reserva Legal (RL) dos imóveis, que conforme Lei 12.651/2012 “todo imóvel rural deve manter uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal”. A RL corresponde a uma área situada no interior de uma propriedade ou posse rural, que tem uma dimensão mínima em relação ao tamanho do imóvel, estipulado conforme sua localização, com a finalidade de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa.

O proprietário do imóvel rural deve efetuar o registro da RL por meio da inscrição no Cadastro Ambiental Rural (CAR) no sistema do órgão ambiental competente, seguindo as especificidades da legislação de cada estado. Cada sistema dispõe de um manual de cadastro ao usuário, no entanto, em todos eles são necessários incluir uma base de dados geográfica, contendo além da Reserva Legal, as delimitações das áreas correspondentes a cada uso e ocupação do solo, como Área de Preservação Permanente (APP), Servidão Ambiental, Corpos d'Água, Uso Consolidado, entre outros.

O SIG é essencial na gestão dos imóveis, pois armazena em seu banco de dados, as feições geométricas do imóvel, a localização e atributos não geográficos, além de permitir a visualização espacial de qualquer área sobre a superfície terrestre. Uma empresa de energia necessita de espaço para instalação de suas usinas, e tanto para os ativos em operação, construção e/ou desenvolvimento, é preciso comprar/alocar ou ter concessão de uso e/ou de direito sobre determinada superfície.

### 3.2 Upload do shapefile

Para fazer o *upload* do *shapefile*, selecione o Tipo de Inserção *shapefile*, selecione o sistema de coordenada e referência espacial utilizado na produção do arquivo e clique no botão *Upload dos Shapes*:



(Figura 3.70)

É necessário fazer o *upload* dos 3 arquivos que compõem o *shapefile* (.shp, .shx, .dbf). Em seguida clique no botão *Salvar*:

Figura 21: Manual do usuário SEIA para upload do shapefile do limite do imóvel (CEFIR-INEMA)



### RECIBO DE INSCRIÇÃO DO IMÓVEL RURAL NO CAR

Registro no CAR: MG-31354      Data de Cadastro: 30/10/2014 20:44:31

#### INFORMAÇÕES ADICIONAIS

Foi detectada uma diferença entre a área do imóvel rural declarada conforme documentação comprobatória de propriedade/posse/concessão [9,9700 hectares] e a área do imóvel rural identificada em representação gráfica [16,5963 hectares].

#### REPRESENTAÇÃO GRÁFICA



#### IDENTIFICAÇÃO DO PROPRIETÁRIO/POSSUIDOR

CPF: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

#### ÁREAS DECLARADAS (em hectares)

Imóvel		Imóvel	
Área Total do Imóvel	16,5963	Área Consolidada	0,0000
Área de Servidão Administrativa	0,6525	Remanescente de Vegetação Nativa	0,0000
Área Líquida do Imóvel	15,9437	<b>Reserva Legal</b>	
<b>APP / Uso Restrito</b>		Área de Reserva Legal	3,7034
Área de Preservação Permanente	3,4516		
Área de Uso Restrito	0,0000		

CAR - Cadastro Ambiental Rural

Página 2/3



Figura 22: Recibo de inscrição do imóvel rural no CAR.

É muito comum durante a negociação e regularização, alguns imóveis não serem negociados por não chegarem a um comum acordo (muitas vezes, o proprietário não quer vender ou negociar o imóvel), bem como ficarem pendências para regularização de algumas propriedades.

O SIG permite, em conjunto com outras ferramentas, como Excel e Power BI, por exemplo, realizar a gestão e acompanhamento do status fundiário de cada propriedade, a exemplo: imóveis em negociação, regularização, regularizado, em nome de terceiros, em ação judicial, entre outros, bem como quantificar essas áreas, em quantidade e em grandeza (hectares). Ressalto que para regularização dos imóveis, seja amigável ou judicialmente, é necessário apresentar as peças técnicas da propriedade (mapa de localização e memorial descritivo), que são produzidas por meio de softwares de inteligência geográfica. Na figura 24 temos o exemplo de um controle fundiário.

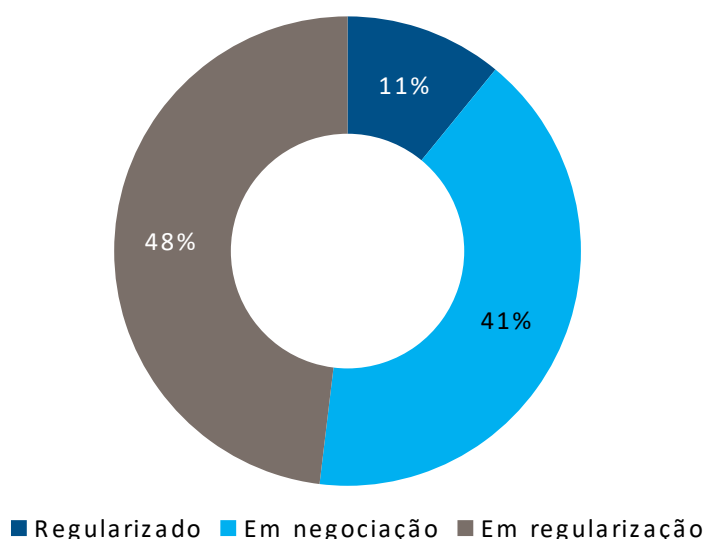


Figura 23: Exemplo de controle fundiário de imóveis correspondentes aos ativos em desenvolvimento.

## 6.6 Linha de transmissão

Conforme mencionado anteriormente no tópico de prospecção de áreas, toda energia gerada precisa ser escoada, e toda a distribuição acontece por meio de grandes torres que formam a linha de transmissão. Elas conectam usinas geradoras aos grandes consumidores e distribuidores de energia e são formadas por faixas de servidão, que é a faixa de terra necessária para construção, operação e manutenção da linha de transmissão. Essa faixa de terra precisa ser negociada para adquirir-se o direito de uso sobre o imóvel, podendo ser instituído através de instrumento público e particular de instituição de servidão administrativa.



Os proprietários podem usar parte da faixa de servidão, respeitando e garantindo as restrições de uso e ocupação do solo do imóvel e do empreendimento, bem como, a preservação do meio ambiente e a segurança de pessoas e bens em suas proximidades. Em casos de não comum acordo, a instituição da servidão pode acontecer por vias judiciais, mediante Declaração de Utilidade Pública (DUP). Neste caso, a concessionária, além do direito de passagem da linha, possui o livre acesso às respectivas instalações.

É necessário realizar o mapeamento das faixas de servidões, bem como possuir as poligonais correspondentes no banco de dados geográfico. Para registro e/ou averbação da instituição de servidão administrativa na matrícula do imóvel o cartório solicita o respectivo memorial descritivo.

O SIG é extremamente fundamental para monitoramento da imensa rede de transmissão disposta sobre o território brasileiro, que segundo dados da ANEEL (2020), compreende 160.859 km de linhas de transmissão elétrica no país.

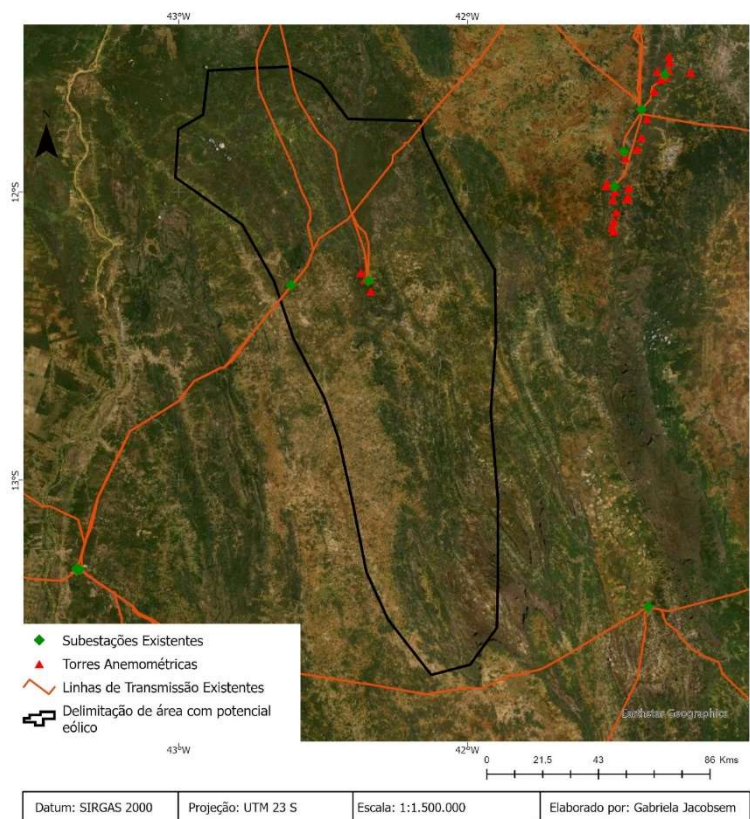


Figura 24: Linha de transmissão e subestações próximas a área delimitada.

O Operador Nacional do Sistema (ONS) é responsável pelo controle, monitoramento, coordenação e planejamento das operações nas instalações de geração e transmissão de energia

elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização da ANEEL.

O ONS possui um papel muito importante na redução dos riscos de falta de energia, atuando através do mapeamento e localização de áreas que necessitam de manutenção e operação, para garantir a qualidade, continuidade e aumento do suprimento de energia gerada e distribuída.

## **7. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conhecimentos geográficos quando combinados e agregados fornecem uma base teórica e técnica excepcional para o desenvolvimento de qualquer projeto, principalmente os de grande porte e magnitude, como parques eólicos.

Neste trabalho, a ênfase esteve direcionada para a descrição dos critérios geográficos, compreendidos em pelo menos dois tipos: a) critérios climáticos – que envolvem conhecimentos sobre a dinâmica dos ventos nos lugares a partir de atributos como localização, situação e posição geográfica, e sua relação com os movimentos atmosféricos, regimes de ventos e velocidade média anual do vento no Brasil; e, b) critérios territoriais – que se relacionam com os processos de prospecção de áreas de potencial eólico, bem como análise de viabilidade de implantação de parques eólicos, em que se valoriza a linguagem cartográfica e parâmetros atinentes aos marcos legais e políticas territoriais da legislação brasileira.

Em geral, junto com esses critérios, as rotinas de trabalho do/a geógrafo/a devem considerar as restrições socioambientais e situação fundiária, incluindo os processos de regularização de imóveis rurais, como segurança jurídica e física do imóvel, e para liberação de áreas necessárias as licenças ambientais (prévia, inicial e operacional) que são imprescindíveis para as obras relacionadas ao projeto de implantação de parques eólicos.

Nesta perspectiva, o SIG é uma ferramenta poderosa para desenvolver diversas dessas atividades, bem como auxiliar na decisão das finalidades de projetos de implantação de parques eólicos. Como pode ser observado essa geotecnologia fornece base e produtos de análise para tomadas de decisões e contribui com uma gestão mais eficiente e capacitada.

## REFERÊNCIAS

- AMBRIZZI, S. M. Meteorologia, noções básicas. **Oficina de Textos**, São Paulo, p.75-83, 2017.
- ANEEL. **ANEEL ultrapassa em mais de 800 MW a meta de expansão da geração em 2020**. Disponível em: <[https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-ultrapassa-em-mais-de-800-mw-a-meta-de-expansao-da-geracao-em-2020/656877?inheritRedirect=false](https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-ultrapassa-em-mais-de-800-mw-a-meta-de-expansao-da-geracao-em-2020/656877?inheritRedirect=false)> Acesso em: 15 de abril de 2021.
- ANEEL. **Sistemas de Informações Geográficas do Setor Elétrico – SIGEL**. Disponível em: <<https://sigel.aneel.gov.br/portal/home/index.html>> Acesso em: 28 de janeiro de 2022.
- BARRY, R. G. Atmosfera, tempo e clima. **Bookman**, Rio Grande do Sul, 2013.
- BNDS. **Panorama do setor de energia eólica**. Disponível em: <[https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2926/1/RB%2039%20Panorama%20do%20setor%20de%20energia%20e%20C3%B3lica\\_P.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/2926/1/RB%2039%20Panorama%20do%20setor%20de%20energia%20e%20C3%B3lica_P.pdf)> Acesso em: 15 abril de 2021.
- BORBA, C. M. **Utilização de geoprocessamento aplicado à operação do sistema de distribuição elétrica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2000.
- BRASIL. **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**. 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas\\_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/atlas_eolico/Atlas%20do%20Potencial%20Eolico%20Brasileiro.pdf)> Acesso em: 15 de abril de 2021.
- BRASIL. **Objetivos de desenvolvimento sustentável**. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html>> Acesso em: 05 de maio de 2021.
- CARVALHO, J. F. de. Energia e sociedade. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 25-39, 2014. SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, 1998, p. 119-131.
- CARVALHO, P. C. Análise do distanciamento de aerogeradores com arranjo físico radial nas regiões de planejamento do Ceará. **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Fortaleza**, 2020.
- CAVALCANTI, I. F. Tempo e Clima no Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2015.
- CHORLEY, R. J. Atmosfera, tempo e clima. **Bookman**, Rio Grande do Sul, 2013.
- DIAS, M. A. Tempo e Clima no Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2015.
- DUTRA, R. M. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**. Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/teses\\_mestrado/200102\\_dutra\\_r\\_m\\_ms.pdf](http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/teses_mestrado/200102_dutra_r_m_ms.pdf)> Acesso em: 22 abril de 2021.
- EPE. **Matriz Energética e Elétrica**. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/bienergia/matriz-energetica-e-eletrica>> Acesso em: 28 de janeiro de 2022.
- FARIAS, L. M. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v.12, n17, p.01-106. 2011
- FERREIRA, N. J. Tempo e Clima no Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2015.
- GOV. **ANEEL ultrapassa em mais de 800 MW a meta de expansão em geração em 2020**. Disponível em: <[https://www.gov.br/aneelsala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-ultrapassa-em-mais-de-800-mw-a-meta-de-expansao-da-geracao-em-2020/656877?inheritRedirect=false](https://www.gov.br/aneelsala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/aneel-ultrapassa-em-mais-de-800-mw-a-meta-de-expansao-da-geracao-em-2020/656877?inheritRedirect=false)> Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

GOV. **Leilão de energia nova A-5 é aprovado pela ANEEL e será realizado em 30/09.** Disponível em: <[https://www.gov.br/aneelsala-de-imprensa-exibicao/-/asset\\_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-energia-nova-a-5-e-aprovado-pela-aneel-e-sera-realizado-em-30-9/656877?inheritRedirect=false&redirect=https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao%3Fp\\_p\\_id%3D101\\_INSTANCE\\_XGPXSqdMFHrE%26p\\_p\\_lifecycle%3D0%26p\\_p\\_stat%3Dnormal%26p\\_p\\_mode%3Dview%26p\\_p\\_col\\_id%3Dcolumn-2%26p\\_p\\_col\\_count%3D3](https://www.gov.br/aneelsala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-energia-nova-a-5-e-aprovado-pela-aneel-e-sera-realizado-em-30-9/656877?inheritRedirect=false&redirect=https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_XGPXSqdMFHrE%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_stat%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-2%26p_p_col_count%3D3)> Acesso em: 28 de janeiro de 2022.

GUIMARÃES, B. S. O licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos offshore: histórico mundial e diretrizes para o Brasil. **Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, 2020.

IPCC. Fourth assessment report (AR4). **Climate change, 2007**. Cambridge University Press. Cambridge. 2007.

MONTEIRO, C. A. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, 31 (57), p 29-44, 1962.

MONTEIRO, C.A. Sobre a análise geográfica de sequências de cartas de tempo: pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, 31 (58), p.169-179, 1963<sup>a</sup>.

PNDU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/sustainable-development-goals/goal-7-affordable-and-clean-energy.html#:~:text=Garantir%20o%20acesso%20universal%20%C3%A0,energia%20em%2014%20por%20cento>> Acesso em: 21 de janeiro em 2022.

REBOITA, M. S. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**. São Paulo, p. 34-50, 2012.

REBOITA, S. M. Meteorologia, noções básicas. **Oficina de Textos**, São Paulo, p.59-72, 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, 1998, p. 119-131.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma Geografia do Clima: Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**. n.17, p 49-62. 2001.

SANTOS, P. R. Legislação ambiental aplicada à implantação de parques eólicos. **Centro de Tecnologias do Gás e Energias Renováveis – CTGAS-ER**, Natal, 2016.

SELLITO, M. A. Uso da energia ao longo da história: evolução e perspectivas futuras. **Revista Liberato**, Novo Hamburgo, v.12, n17, p.01-106. 2011

SILVA, M. G. Tempo e Clima no Brasil. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2015.

SILVA, S. M. Meteorologia, noções básicas. **Oficina de Textos**, São Paulo, p.85-97, 2017.

SOUZA, R. M. Impactos decorrentes da energia eólica em cidades brasileiras: A relação entre clima e a produção do espaço em São Bento do Norte – RN e Osório – RS, Florianópolis. p.1-17.

UCHOA, K. M. Análise do distanciamento de aerogeradores com arranjo físico radial nas regiões de planejamento do Ceará. **VIII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Fortaleza**, 2020.

YNOUE, S. M. Meteorologia, noções básicas. **Oficina de Textos**, São Paulo, p.75-83, 2017.