

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
CAMPUS LITORAL NORTE
DEPARTAMENTO INTERDISCIPLINAR
CURSO DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA EAD**

**A CLIMATOLOGIA E O POTENCIAL EÓLICO DO
LITORAL NORTE, RS, BRASIL**

CRISTIAN DE ALMEIDA DA COSTA

Porto Alegre (RS)
Dezembro, 2022

CRISTIAN DE ALMEIDA DA COSTA

**A CLIMATOLOGIA E O POTENCIAL EÓLICO DO
LITORAL NORTE, RS, BRASIL**

**Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Licenciatura em Geografia do
Campus Litoral da UFRGS, como requisito básico para a conclusão do Curso de Licenciatura.**

Orientador: Dakir Larara Machado da Silva

Porto Alegre (RS)

Dezembro, 2022

CIP - Catalogação na Publicação

da Costa, Cristian de Almeida
A CLIMATOLOGIA E O POTENCIAL EÓLICO DO LITORAL
NORTE, RS, BRASIL / Cristian de Almeida da Costa. --
2022.
84 f.
Orientador: Dakir Larara Machado da Silva.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Campus
Litoral Norte, Licenciatura em Geografia, Tramandaí,
BR-RS, 2022.

1. Energia Eólica. 2. Litoral Norte Rio Grande do
Sul. 3. Energia Alternativas. 4. Impacto Ambiental. 5.
Planície Costeira Rio Grande do Sul. I. da Silva,
Dakir Larara Machado, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

CRISTIAN DE ALMEIDA DA COSTA

A CLIMATOLOGIA E POTENCIAL EÓLICO LITORAL NORTE, RS, BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado no Curso de Licenciatura em Geografia do Campus Litoral da UFRGS, como requisito básico para a conclusão do Curso de Licenciatura.

Orientador: Dakir Larara Machado da Silva

BANCA EXAMINADORA:

Nome e titulação do orientador
Instituição do orientador

Dakir Larara Machado da Silva, Geógrafo, Mestre e Doutor em Geografia, Professor Adjunto do Departamento Interdisciplinar, PGDREDES – Pós-Graduação em Dinâmicas Regionais e Desenvolvimento, MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, UFRGS – Campus Litoral, Tramandaí, RS.

Nome e titulação do membro da banca
Instituição do membro da banca

Guilherme Garcia de Oliveira, Geógrafo, Mestre em Sensoriamento Remoto, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Professor Adjunto - Departamento Interdisciplinar - Campus Litoral Norte - UFRGS. Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto - PPGSR/CEPSRM/UFRGS.

Nome e titulação do membro da banca
Instituição do membro da banca

Ludimila Amorim, Mestre em Solos e Qualidade de Ecossistemas (UFRB) Doutoranda em Geografia (UFRGS).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa Litoral Norte Rio Grande Do Sul	16
Figura 2 - Perfil da Camada Limite Atmosférica.....	20
Figura 3 - Gráfico evolução de instalação de novos equipamentos.....	22
Figura 4 - Comparativo, capacidade eólica instalada, países geradores.....	22
Figura 5 - Esquema básico de funcionamento de um aerogerador.....	24
Figura 6 - Componentes Aerogeradores.....	25
Figura 7 - Estrutura base turbinas eólicas.....	26
Figura 8 - Vista superior estacas de fundação base turbinas eólicas.....	26
Figura 9 - Vista superior estacas de fundação base turbinas eólicas.....	27
Figura 10 - Estacas de fundação base turbinas eólicas.....	27
Figura 11 - Crescimento de Energia Gerada ano 2020 e 2021.....	29
Figura 12 - Médias anuais ventos Brasil.....	31
Figura 13 - Locais de Futuras instalações Parques Sobre Águas.....	36
Figura 14- Áreas Mapeadas Instalações Parques Sobre Águas.....	37
Figura 15- Linhas de Transmissão Energia (LTs).....	38
Figura 16 - Impactos ambientais e medidas mitigadoras de usinas eólicas.....	41
Figura 17 - Litoral Norte Mapa de relevo do Litoral Norte Rio Grande Do Sul.....	46
Figura 18 - Províncias geológicas do estado do Rio Grande do Sul.....	49
Figura 19 - Média anual de temperaturas Tramandaí-RS.....	50
Figura 20 - Média anual de temperaturas Itatí-RS.....	51
Figura 21 - Esquema da circulação atmosférica na América do Sul.....	53
Figura 22 - Potencial Eólico Rio Grande do Sul.....	54
Figura 23 - Potencial Eólico Litoral Norte do Rio Grande do Sul.....	55
Figura 24 - Bacias hidrográficas dos rios Caí, Pardo, Tramandaí e do Lago Guaíba.....	57
Figura 25 - Frequência percentual de ventos superficiais na estação Imbé-RS.....	60
Figura 26- Comparativo Impactos Parques Eólicos.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Capacidade energética no Brasil com fonte eólica em fase de operação.....	30
Tabela 2 - Média anual ventos e estimativa de energia gerada, ano 2019 e 2019.....	69 e 70
Tabela 3 - Opinião moradores comunidades município de Osório.....	73

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à Deus pela saúde, felicidade e o privilégio de ter minha família. Meu agradecimento especial à minha esposa pelo amor, dedicação, ajuda, incentivo, carinho e paciência nesses anos. Nossa união é a fonte de energia para trilharmos nosso caminho “sempre juntos”. Com muito amor, agradeço a minha filha pelo amor e por ser minha alegria todos os dias. Aos meus pais, pelas orações, exemplo, ajuda e palavras de incentivo e aos meus sogros, sempre ajudando e apoiando. Agradeço colegas e professores, que durante o curso participaram de alguma forma, apoiando e incentivando uns aos outros. O simbolismo da conclusão deste trabalho me enche de satisfação e alegria, pois completa um ciclo importantíssimo e será muito bem utilizado.

Resumo

O aumento exponencial da demanda de energia é proporcional ao crescimento populacional e, sobretudo, urbanístico de cidade e países, além do contínuo investimento em pesquisas de fontes de energias alternativas e renováveis. Atualmente, entre as fontes energéticas disponíveis, a gerada pela força dos ventos é de menor impacto. Mesmo que a captação da radiação solar, convertido em energia elétrica, tenha aumentado seu percentual na matriz energética, ainda assim as turbinas eólicas têm o melhor desempenho quando relacionamos detalhes mais abrangentes nesta avaliação. O equilíbrio entre custo de produção, vida útil, ganho energético e impacto ambiental pré e pós implementação dos equipamentos, até o momento, confirmam os dados apresentados. Assim, este trabalho busca contribuir, mesmo que de forma questionadora, às pesquisas e documentos já elaborados, aspectos que vão além do interesse ou necessidades essenciais na busca de fontes alternativas de energias, buscando trazer à luz da sociedade elementos que devem ser levados em consideração na análise de viabilidade ambiental e, especialmente, despertar ao leitor a intenção de contribuir com possíveis soluções compensatórias, que diminuam o percentual de perda na complexa equação entre desenvolvimento e preservação dos ecossistemas. Também, avaliar os aspectos estruturais dos equipamentos, quanto a possível impacto em áreas de instalação de turbinas eólicas e entender de forma aprofundada, como a fauna terrestre e marinha o solo e vegetação podem ser comprometidos. Além disso, incluir informações que sejam relevantes a documentação de planejamento e liberação de áreas para os consórcios investidores, através de pesquisa comparativa e de monitoração do ambiente, visando aumentar os argumentos a serem considerados em projetos futuros.

Palavras-chave: Energia Eólica. Energia Alternativas. Impactos Ambiental.

Abstract

The exponential increase in energy demand is proportional to population growth, and especially urban growth in cities and countries, in addition to continuous investment in research into alternative and renewable energy sources. Currently, among the energy sources available, the one generated by the force of the winds has less impact. Even if the capture of solar radiation, converted into electrical energy, has increased its percentage in the energy matrix, wind turbines still have the best performance when we relate more comprehensive details in this evaluation. The balance between production cost, useful life, energy gain and environmental impact, pre and post implementation of the equipment, so far, confirm the data presented. Thus, this work seeks to contribute, even if in a questioning way, to the research and documents already prepared, aspects that go beyond the interest or essential needs in the search for alternative sources of energy, seeking to bring to the light of society elements that must be taken into account, in the analysis of environmental feasibility and, above all, to awaken the reader's intention to contribute with possible compensatory solutions that reduce the percentage of loss in the complex equation between development and preservation of ecosystems, as well as to evaluate the structural aspects of the equipment in terms of possible impact in wind turbine installation areas, understand in depth how the terrestrial and marine fauna, soil and vegetation can be compromised. In addition, include information that is relevant to the documentation of planning and release of areas for investor consortia, through comparative research and monitoring of the environment, aiming to increase the arguments to be considered in future projects.

Keywords: Wind Energy. Alternative Energy. Environmental Impacts.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	11
DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
CAPÍTULO 1 - A ENERGIA EÓLICA	17
1.1 CÁLCULO POTENCIAL DE VENTOS.....	19
1.2 ENERGIA EÓLICA NO MUNDO.....	21
1.3 MODELOS DE AEROGERADORES.....	23
1.3.1 TECNOLOGIA E ANÁLISE DE EQUIPAMENTOS.....	23
1.3.2 CARACTERÍSTICAS TURBINAS EÓLICAS.....	24
1.4 PANORAMA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.....	27
1.5 PANORAMA ENERGIA EÓLICA NO RIO GRANDE DO SUL.....	32
1.6 AMPLIAÇÃO E FUTUROS PROJETOS DO ESTADO.....	33
1.7 QUESTÕES AMBIENTAIS.....	38
CAPÍTULO 2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA COSTEIRA RS	42
2.1 CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS E GEOMORFOLÓGICAS DA PLANÍCIE COSTEIRA – RIO GRANDE DO SUL.....	43
2.2 ASPECTOS PEDOLÓGICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA – RS.....	46
2.3 DINÂMICA CLIMÁTICA DA PLANÍCIE COSTEIRA – RS.....	49
2.3.1 REGIME DE VENTOS.....	52
2.4 VEGETAÇÃO PLANÍCIE COSTEIRA – RS.....	55
2.5 HIDROGRAFIA DA PLANÍCIE COSTEIRA – RS.....	56
2.6 POTENCIAL EÓLICO DO RIO GRANDE DO SUL.....	59
CAPÍTULO 3 - REFERENCIAL TEÓRICO METODOLÓGICO	61
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
CONSIDERAÇÕES FINAIS	77
REFERÊNCIAS	79

INTRODUÇÃO

O estudo das condições climáticas do litoral do Rio Grande do Sul e seus componentes, tais como: posição longitudinal e latitudinal, relevo, altitude, maritimidade, atuam de forma extremamente poderosa na costa gaúcha. As fortes correntes marítimas atingem a plataforma continental quase em sua totalidade, e a falta de barreiras naturais e um relevo relativamente de baixa altitude, permitem que o impacto seja observado por quilômetros em sentido oeste do território costeiro. O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido (Köppen, 1900), localizado entre os paralelos 27°03'42" e 33°45'09" de latitude Sul e 49°42'41" e 57°40'57" de longitude Oeste, apresentando características climáticas distintas em relação ao restante do Brasil. ("Clima, temperatura e precipitação - Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul...") A latitude reforça as influências das massas de ar oriundas da região Polar e das zonas Tropical Continental e Atlântica. A movimentação e o encontro destas massas, definem muitos de nossos aspectos climáticos.

Tais componentes contribuem para a caracterização de uma região costeira exposta à um regime de ventos fortes e contínuos, praticamente trezentos e sessenta e cinco dias por ano. Portanto, este trabalho de pesquisa busca, além de melhor compreender todos os agentes climáticos, dimensionar o potencial de exploração eólica, especificamente, da região à extremo leste do estado do Rio Grande do Sul. O foco do estudo limita-se à macrorregião Litoral (COREDEs, 1994), que compreende ao norte, desde a barra do Rio Mampituba, localizado na cidade de Torres, seguindo até o Município de Tavares.

Para contribuir aos já instalados parques eólicos, essencialmente, na cidade de Osório, temos a proposta de incluir aos estudos já elaborados, informações, sobre os impactos ambientais que poderiam comprometer as regiões dedicadas às instalações dos aerogeradores, as enormes estruturas de eixo horizontal e aos futuros projetos interessados na exploração em áreas costeiras (onshore) ou faixa marítima (offshore).

Mesmo com a urgência da utilização de fontes de produção de energia de menor impacto, é importante a participação, não somente da comunidade acadêmica, mas do maior número de pessoas da sociedade civil com preocupações

ambientais e essenciais ao compromisso com o futuro.

Objetivo geral:

Analisar as características climatológicas e geomorfológicas, que favorecem as instalações de parques eólicos no Litoral Norte do Rio Grande do Sul;

Objetivos específicos:

- Caracterizar a dinâmica climática da chamada Planície Costeira, onde são instalados a maior parte dos complexos eólicos, por sua relevância exploratória no setor;
- Avaliar os possíveis impactos ambientais e medidas mitigadoras de parques eólicos;
- Contribuir com informações pertinentes para inclusão e participação da sociedade, quanto a liberação de ampliação dos complexos eólicos.

Descrição da Área de Estudo

A região que serve como base de estudo é localizada no litoral do estado do Rio Grande do Sul, composto por vinte e um municípios em ordem alfabética: Arroio do Sal, Balneário Pinhal, Capão da Canoa, Capivari do Sul, Caraá, Cidreira, Dom Pedro de Alcântara, Imbé, Itatí, Mampituba, Maquine, Morrinhos do Sul, Mostardas, Osório, Palmares do Sul, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas e Xangri-lá (Figura 01). Com área total de 5.136,723 km², população estimada em 340.436 habitantes, com distribuição territorial de 55,3 habitantes por km², valor de participação no PIB estadual R\$ 2.958.684,461, segundo dados censitários coletados no ano de 2020 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

O litoral apresenta características específicas com extensão de faixa quase contínua de balneários interrompidos, eventualmente, por rios e basicamente

linear. O Litoral Norte do Rio Grande do Sul é o limite noroeste do estado que segue as características gerais da costa, formado por uma longa faixa arenosa de 622 km, com a ocorrência de praias, lagoas e lagoas. Destacam-se a Laguna dos Patos e a Lagoa Mirim, bem como a presença de cordões de dunas. (“SciELO - Brasil - A ocupação urbana no Litoral Norte do Rio Grande do ...”) Grande parte de sua área é constituída por uma das cinco unidades geomorfológicas do estado, a Planície Costeira que teve sua formação no período Quaternário da Era Cenozoica, a mais recente da formação do planeta.

Por classificação estrutural do governo do estado, segundo IBGE, o litoral norte faz parte das doze Macrorregiões (IBGE, 2020) do território rio-grandense que, por conseguinte, se subdivide em duas microrregiões também categorizadas como Aglomeração Urbana do Litoral Norte. Destacam-se os municípios de Capão da Canoa, Osório, Tramandaí e Torres, que apresentam maior grau de desenvolvimento urbano e de crescimento demográfico, localizados longitudinalmente à costa litorânea, enquanto os demais formam as áreas da planície lagunar e da escarpa do planalto.

Mais especificamente, a área denominada limite setentrional, apresenta divisas territoriais à nordeste na cidade de Torres com o Rio Mampituba, delimitando os estados do Rio Grande Do Sul e Santa Catarina. Em sentido oeste está localizado o Município de Mampituba, Morrinhos do Sul e Três Forquilhas, incluindo Praia Grande e São João do Sul no estado de Santa Catarina.

Seguindo em sentido sul com delimitação do recorte longitudinal entre o oceano atlântico a leste, estão os municípios de Morrinhos do Sul, Dom Pedro Alcântara, Itatí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas, Maquiné e Caraá, estes sem acesso ao mar ou lagoas. No limite leste a beira mar, em sentido sul, estão os municípios de Arroio do Sal, Terra de Areia, Capão da Canoa, Xangri-lá, Osório, Imbé, Tramandaí, Cidreira e Balneário Pinhal. Já o município de Capivari Do Sul possui acesso à oeste a Laguna Dos Patos e, no extremo sul, da área definida litoral norte está o Município de Palmares do Sul, único entre os municípios estudados com limites à leste oceano atlântico, à oeste Laguna dos Patos e ao sul limite com município de Mostardas.

Os municípios de Santo Antônio da Patrulha e São Francisco de Paula possuem classificação distintas, pois geograficamente seus territórios localizam-se

na faixa litoral norte, entretanto com sedes municipais fora das áreas pertencentes aos limites considerados Macrorregião Litoral, segundo o Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul, órgão estadual ligado à Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. Através das subdivisões: Infraestrutura, Meio Ambiente, Demografia, Indicadores Sociais e Economia o atlas busca uma fotografia sobre a realidade socioeconômica do estado. Utilizando ferramentas de georreferenciamento, produz mapas temáticos, tabelas e gráficos com informações, possibilitando acompanhamento e análises das regiões e municípios do Rio Grande do Sul.

Outros agentes responsáveis pela limitação territorial são os Conselhos Regionais de Desenvolvimento (COREDEs), criados oficialmente pela Lei nº 10.283, de 17 de outubro de 1994, que compõem um fórum de discussão para a promoção de políticas e ações, visando o desenvolvimento regional.

Para este estudo, é necessário avaliar as diversas formas de regionalização, suas classificações e seus diferentes conceitos: econômico, espacial e social. Entretanto, para fins de análise de exploração e mapeamento de prospecção mercadológica como fonte de energia, serão utilizados os limites territoriais semelhantes aos definidos, nos editais públicos já implementados e futuros, de áreas dos parques eólicos.

Os conceitos de regionalização precedem desde o geógrafo Paul Vidal de La Blache, que propôs uma regionalização do território francês, baseado em características fisiográficas, traçando delimitações com base na hidrografia e no relevo. Essa divisão foi a primeira utilizada pelo governo deste país para a organização de seu território e até hoje corresponde à divisão regional oficial (Haesbart, Pereira e Ribeiro, 2012).

Neste estudo, será seguido a padronização de área específica de potencial exploratório, dividida em lotes de instalação de equipamentos aerogeradores com posicionamentos distribuídos conforme capacidade. Através do Decreto Estadual 51560, de 09 de setembro de 2014 (Rio Grande do Sul, 2014), foi criado o Programa Gaúcho de Estruturação, Investimento e Pesquisa em Energia Eólica. Também, foi organizada a segunda edição do “Atlas Eólico do Rio Grande do Sul”, contendo informações mais detalhadas sobre os regimes de ventos do estado, além de propor diretrizes quanto aos padrões técnicos dos equipamentos, como

exemplo normas de altura semelhantes aos modelos já utilizados em alguns países.

No ano de 2006, foi inaugurado o primeiro parque eólico no estado do Rio Grande do Sul, no município de Osório, com área de operação avaliada como a maior da América Latina com potência gerada de 150 MW. A partir do ano de 2010 os municípios de Tramandaí e Palmares do Sul foram incluídos a um projeto de análise e medição de ventos, através da instalação de estações em várias regiões do estado, servindo de base para a elaboração do primeiro Atlas Eólico do Rio Grande do Sul.

No Brasil, segundo Gannoum (2015), pesquisas relacionadas à energia eólica tiveram início com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei Federal 10.762 de 11 de novembro de 2003 (Brasil 2003), regulamentado pelo Decreto Federal nº 5.025 de 30 de março de 2004, incentivadas por uma sequência de crises de abastecimento em escala global.

Atualmente, segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), no mês de dezembro de 2021 foram gerados 9.338,70 GW. Entre os 12 estados geradores, o estado do Rio Grande do Sul ocupa a quarta posição, com participação de 722 GW, em operação nos municípios de Tramandaí (1 parque, capacidade da potência total estimada em 70 MW), Osório (9 parques, capacidade da potência total estimada em 302,9 MW), Xangri-lá (1 parque, capacidade da potência total estimada em 27,7 MW) e Palmares do Sul (8 parques, capacidade da potência total estimada em 170 MW).



Figura 1: Mapa Litoral Norte Rio Grande Do Sul – Autor: Cristian Da Costa- Fonte IBGE, 2020 - SEMA, 2021 - ANEEL, 2022 - BING Maps

Capítulo 1 – A Energia Eólica

Não existem registros exatos, quanto ao início do uso da força mecânica dos ventos pela humanidade. Entretanto, a aplicação de velas para impulsionar embarcações, moinhos e bombeamento de água é utilizada há pelo menos dois mil anos da era atual.

A energia eólica provém da radiação solar, pois movimentos de ar são gerados pelo aquecimento não uniforme da superfície terrestre. Partindo do princípio de que, apenas 2% da energia solar, absorvida pela Terra, é convertida em energia cinética dos ventos, este percentual é muitas vezes maior do que as centrais elétricas no mundo (CRESESB (2008)).

Especificamente, a aplicação do uso da força motriz dos ventos, para a geração de energia cinética em corrente elétrica, foi em 1887 pelo professor James Blyth, na Escócia, que utilizava para iluminar sua residência. Alguns anos mais tarde, o inventor e meteorologista dinamarquês, Poul la Cour, amplia a eficiência do equipamento, reduzindo o número de pás, identificando aumento de velocidade e conseqüente giro do rotor. Com incentivos do governo da Dinamarca, foi instalada a primeira usina eólica com finalidade de utilização e distribuição a todo seu vilarejo. Além disso, Poul la Cour, através de seus estudos, criou um grupo de pesquisas nas áreas de geometria, física, engenharia e máquinas elétricas. Em paralelo, na cidade estadunidense de Cleveland, foi desenvolvida uma turbina destinada, especificamente, para geração de energia, pelo industrial e inventor Charles F. Brush (1888). A conseqüente invenção era capaz de produzir 12kW em corrente contínua (CC), destinado para o carregamento de baterias que distribuíam para 350 lâmpadas incandescentes. O sistema desenvolvido por Brush possuía um eixo principal com 144 pás de 17 metros de diâmetro, em uma torre de 18 metros, sustentado por um tubo metálico central de 36 cm, que através da continuidade da força do vento. Esse sistema se manteve em operação por aproximadamente 20 anos.

Neste período, a capacidade estimada de energia gerada ao redor do mundo era de 25Kv, porém sem distribuição para a rede elétrica. Somente durante a segunda guerra em 1941, pela necessidade excessiva na produção industrial, uma empresa estadunidense desenvolveu um projeto de construção do maior aerogerador até então projetado. O aerogerador Smith-Putnam apresentava 53,3 m

de diâmetro, uma torre de 33,5 metros de altura e duas pás de aço com 16 toneladas. Além disso, foi usado um gerador síncrono de 1.250 kW com rotação constante de 28 rpm, que funcionava em corrente alternada, conectado diretamente à rede elétrica local.

Novamente, inventores dinamarqueses desenvolveram o aerogerador Gedser, com potência de 200 kW com 24 m de diâmetro de rotor. Modelo embrião, que apresentava três pás e era sustentado por uma torre de concreto, operando entre 1958 e 1967, fornecendo energia em corrente alternada (CA) conectado à rede de distribuição.

A expansão de pesquisas e testes pelo mundo intensificou-se desde o início da década de 1970, sobretudo por sucessivas crises de exploração do petróleo, fato cíclico que ocorre por vários períodos até hoje. Assim, muitos países incluindo Brasil, se interessaram pelo desenvolvimento de fontes alternativas de geração de energia, na busca em diminuir a dependência do petróleo e aumentar a autonomia energética, devido a importância estratégica da indústria e consumo interno. Contudo, somente a partir de 1990, as pesquisas alcançaram níveis de investimentos tecnológicos e economicamente viáveis para implementação em larga escala (Melo, 2013), classificados assim, como utilização recente do potencial energético gerados por movimentos de ar.

Neste mesmo período no Brasil, foram instaladas as primeiras turbinas eólicas no estado do Ceará e na ilha de Fernando de Noronha (PE), ponto de partida do potencial eólico local (Freisleben, 2013). Com a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), instituído pela Lei Federal 10.762 de 11 de novembro de 2003 (Brasil 2003) e regulamentado pelo Decreto Federal nº 5.025 de 30 de março de 2004, a trajetória da energia eólica teve início no país, Gannoum (2015).

1.1 - Cálculo Potencial de Ventos

A energia cinética retirada de uma massa “m” de ar em movimento a uma velocidade “v” é dada por (Dutra, 2008),

$$E = \frac{1}{2} mv^2$$

Onde “E” é a energia disponível em Joules, “m” é a massa de ar em “kg” e “v” é a velocidade do vento em m/s.

A velocidade instantânea do vento V é descrita como um valor médio acrescentado de um desvio a partir da média (flutuação);

$$V = \bar{V} + v'$$

Onde \bar{V} é a velocidade média do vento e v' é a flutuação. Na prática, em determinadas aplicações, leva-se em consideração exclusivamente a magnitude da velocidade média \bar{V} . Os dispositivos de medição, em sua maioria estão configurados para “filtrar” as flutuações e proporcionar unicamente o valor da velocidade média.

A potência disponível contida no vento que passa por uma seção transversal “A” é dada pela relação:

$$P_{dis} = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Onde P_d = potência média do vento disponível em Watts (W), “ ρ ” é a densidade do ar em kg/m³, equivalente a 1,225, “A” (figura 2) é a seção transversal em m², e “v” é a velocidade do mesmo em m/s.

O perfil de velocidades da Camada Limite Atmosférica mostra como varia a velocidade do vento com a variação da distância do solo. A velocidade do vento em qualquer altura pode ser determinada a partir de medidas de velocidade feitas em outra altura (altura de referência) e da rugosidade do solo.

$$v(h) = v_{ref} \frac{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{h_{ref}}{z_0}\right)}$$

onde “h” é a altura em m em que se procura saber a velocidade, h_{ref} é a altura em m em que foram feitas as medições, v_{ref} é a velocidade em m/s na altura h_{ref} , e z_0 é a rugosidade do solo em metros.

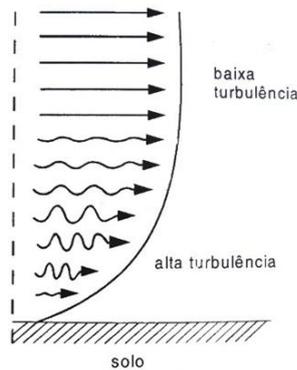


Figura 2 - Perfil da Camada Limite Atmosférica - Fonte: CARVALHO, 2003.

Para realizar a análise do potencial eólico do litoral norte gaúcho, foi utilizada a função de distribuição de probabilidade de Weibull, que é a mais adequada para representar a distribuição dos ventos. A função de Weibull é dada por:

$$p(v) = \frac{k}{c} \left(\frac{v}{c}\right)^{k-1} e^{-\left(\frac{v}{c}\right)^k}$$

onde “k” é o fator de forma adimensional, sendo que valores maiores de “k” indicam maior constância dos ventos, “C” é um fator de escala e “v” é a velocidade do vento em m/s. É possível determinar “k”, por exemplo, analisando o Atlas Eólico do Rio Grande do Sul, que reúne informações estatísticas das médias anuais de velocidade, e “C” pode ser encontrado pela equação:

$$\bar{V} \cong (\sim 0,90 \pm 0,01) C$$

Esta análise é necessária para determinar a quantidade de energia que pode ser gerada por uma planta eólica instalada no local analisado.

1.2 - Energia Eólica no Mundo

A energia eólica no mundo registra crescimento desde o ano 2000 nos parques eólicos em terra, também chamados de onshore. O aumento da demanda energética mantém a exigência de ampliação da capacidade de fornecimento, comprovados com instalações de torres aerogeradores em áreas submersas, lagos, lagoas e plataformas oceânicas, chamados de “offshore”, nomenclatura definida por empresas internacionais que atuam no mercado há muito mais tempo.

Segundo estimativas fornecidas por Global Wind Energy Council – Associação Comercial Internacional para a Indústria de Energia Eólica - em terra (onshore) a capacidade máxima de geração das turbinas chega a 5,6 megawatts (MW). Em mar (offshore), há projetos que apontam uma capacidade de quase o dobro, 12 MW, e alguns testes chegam a 15 MW (GWEC (2021)).

Os indicadores de crescimento de turbinas instaladas ao redor do globo, na última década (2010 – 2021), de forma geral é bastante significativos, dados que contribuem para atender a demanda mundial. Estes indicadores comprovam o nível de desenvolvimento tecnológico dos equipamentos, que além do aumento no desempenho e vida útil dos aerogeradores, reduzem consideravelmente os custos de produção e manutenção. Importante também, segundo especialistas, são as avaliações de liberação de instalações de parques, mormente, no oceano, pois em terra, geralmente são construídos em locais de pouco ou quase nenhuma ocupação humana e locais remotos, com potencial exploratório elevado. Abaixo segue infográfico (Figura 3), com curva crescente de instalações de torres aerogeradores no ano de 2021(GWEC, 2021).



Figura 3 - Gráfico evolução de instalação de novos equipamentos - Fonte: GWEC, 2021.

Atualmente, os detentores da maior quantidade de instalações onshore, são China (40%), EUA (17%) e Alemanha (7%), alcançando a geração e distribuição de energia de 780,3 GW a nível mundial. Entre os maiores produtores de energia eólica está a China 51%, seguido por Estados Unidos da América do Norte com 14%, Vietnam e Reino Unido com 4% e o Brasil em sexta posição, representando 3% da produção total de energia (Figura 4).

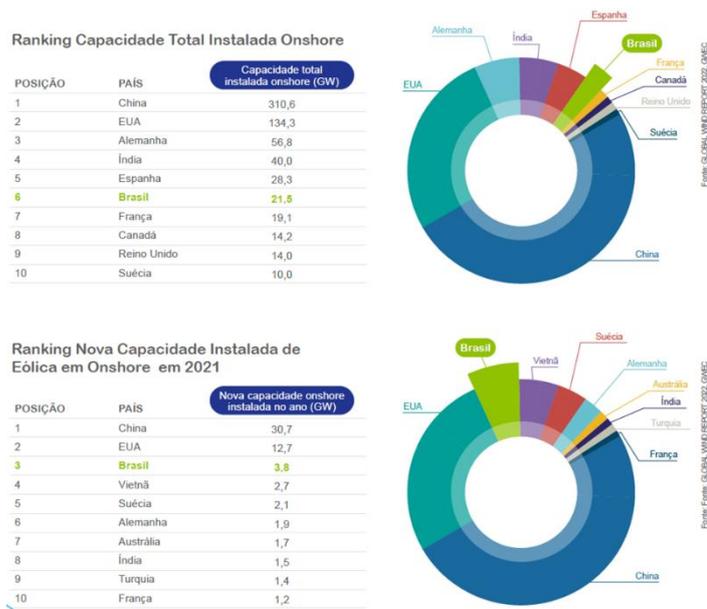


Figura 4 - Dados comparativo, capacidade eólica instalada, maiores países geradores. Fonte: GWEC, 2021.

1.3 - Modelos de Aerogeradores

1.3.1 - Tecnologia e Análise de Equipamentos

Os aerogeradores são equipamentos capazes de transformar energia cinética em energia elétrica. A movimentação de correntes de ar incide em perpendicular a hélice, que através de engrenagens acionam um gerador elétrico que converte a energia cinética dos ventos em energia rotacional, produzindo a energia elétrica. Os aerogeradores são constituídos, basicamente, pela turbina ou rotor eólico, sistema de orientação, caixa de multiplicação de velocidade, sistema de segurança e um gerador elétrico. A quantidade de eletricidade que pode ser gerada pelo vento, depende da intensidade de vento que passa pela hélice, do diâmetro da hélice, da dimensão do gerador e do rendimento da estrutura geral de todo o sistema.

Em sua evolução estrutural, chegando ao modelo de três pás de eixo horizontal, alcança a potencial nominal de 10 KW a mais de 250 KW (quilowatt), dependendo do porte do equipamento, sendo kW ou o W que é unidade de medida de potência de um equipamento. Mil Watts (1.000W) correspondem a 1kW (quilowatt), por exemplo, uma lâmpada incandescente de 60W, lâmpada LED de 9W e chuveiro elétrico de 4.000W.

Os modelos de maior eficiência, analisados, nesse trabalho, são os sistemas de eixo horizontal. Estes modelos possuem custos de produção mais altos, porém o desempenho é maior devido estrutura e capacidade elevada e são utilizados em plantas de parques de geração de energia elétrica em larga escala.

Os aerogeradores possuem mecanismos de orientação, que direcionam o rotor e os mantêm de frente à direção dos ventos (upwind). A turbina composta por três pás é mais estável, pois distribui melhor as tensões durante a rotação da máquina. Existem modelos de turbina que não possuem controle de orientação, e recebem ventos por trás da turbina eólica (downwind), entretanto devido a inclinação necessária e flexibilidade na estrutura, para a partida do sistema, geram ruídos que em muitos casos dificultam a liberação de licenças ambientais de instalação.

1.3.2 - Características das Turbinas Eólicas

Os modelos de aerogeradores, em produção no Parque Dos Índios no município de Osório, são equipamentos modelo E70/2 MW, construídos por uma empresa alemã ENERCON, com filial no Brasil, fabricante de turbinas aerogeradores com distribuição em diversos países (Figura 5).

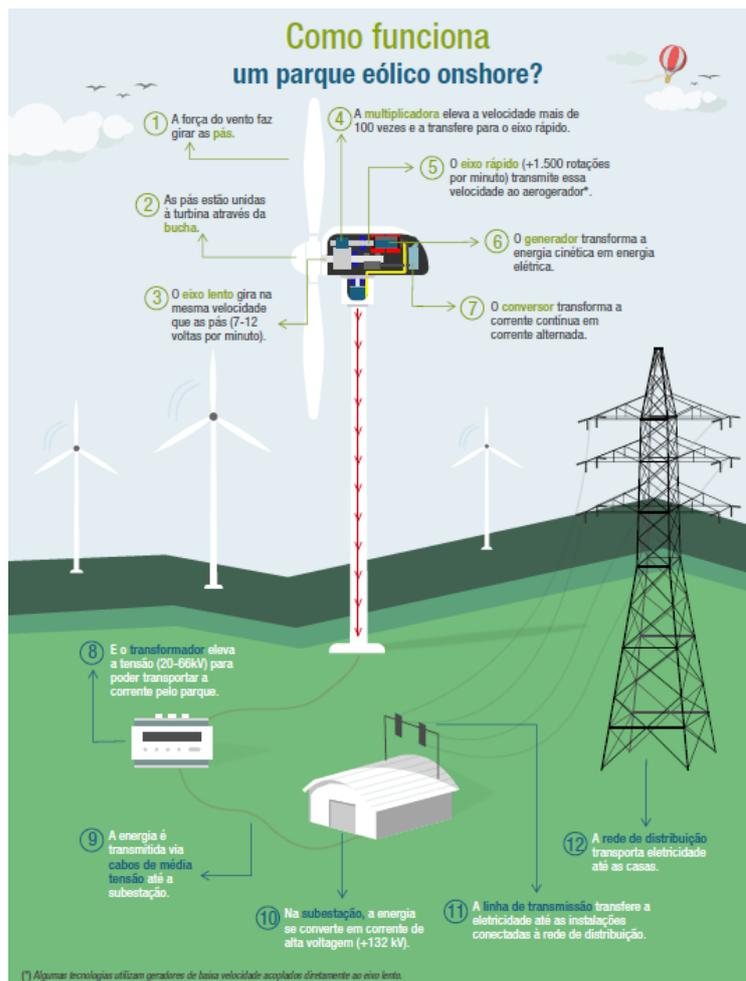


Figura 5 -Esquema básico de funcionamento de um aerogerador. Fonte: Iberdrola, 2019

A força aplicada sobre as pás do aerogerador (energia cinética) aciona o rotor fixo ao eixo principal. A nacelle é a estrutura protetora no topo da torre que abriga o gerador, caixa de engrenagens, eixos de baixa e alta velocidade e o trem de força da turbina, através do movimento da energia mecânica, pela caixa de engrenagens também chamado de multiplicador (Figura 6), que ampliação dos giros. As hélices, em si, têm movimento constante, porém lento para controle de ruídos

gerados durante o giro. O sistema de engrenagens transfere ao gerador uma velocidade de giros muito elevada. A energia elétrica é, efetivamente, gerada pelo gerador e transferida a um transformador, que eleva a tensão, tendo perdas, significativamente menores, para posterior distribuição ao sistema de rede elétrica.

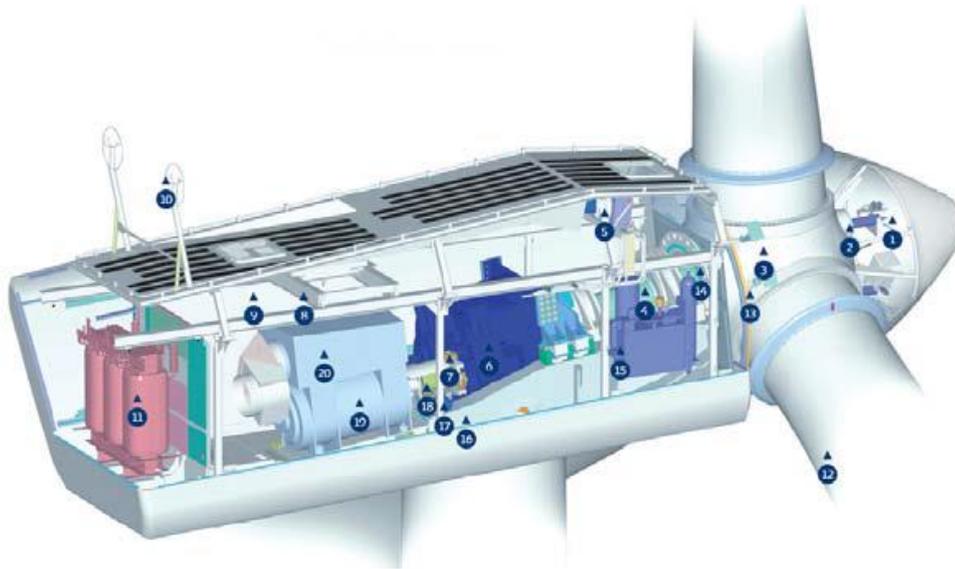


Figura 6 - Componentes Aerogeradores. Fonte: Iberdrola, 2019

- | | |
|--|---|
| 1. Controlador do Cubo | 11. Transformadores de alta tensão |
| 2. Controle Pitch | 12. Pás |
| 3. Fixação das pás no cubo | 13. Rolamento das pás |
| 4. Eixo Principal | 14. Sistema de trava do rotor |
| 5. Aquecedor de óleo | 15. Sistema hidráulico |
| 6. Caixa multiplicadora | 16. Plataforma da nacele |
| 7. Sistema de freios | 17. Motores de posicionamento da nacele |
| 8. Plataforma de serviços | 18. Luva de acoplamento |
| 9. Controladores e inversores | 19. Gerador |
| 10. Sensores de direção e sistema de vento | 20. Aquecimento de ar |

A estrutura das torres de sustentação dos aerogeradores (Figura 7) ocupa um raio aproximado de 9 metros (Figura 8), com base de concreto de, aproximadamente, 4 metros e fixação estrutural de 39 estacas (Figura 9), com 11

metros de comprimento e 70 centímetros de diâmetro. No modelo estudado, conforme projetos de engenharia, as estruturas atingem mais de 15 metros de profundidade e 18 metros de extensão somente de fundação (Figura 10).



Figura 7 - Estrutura base turbinas eólicas – R2A Engenharia 2020

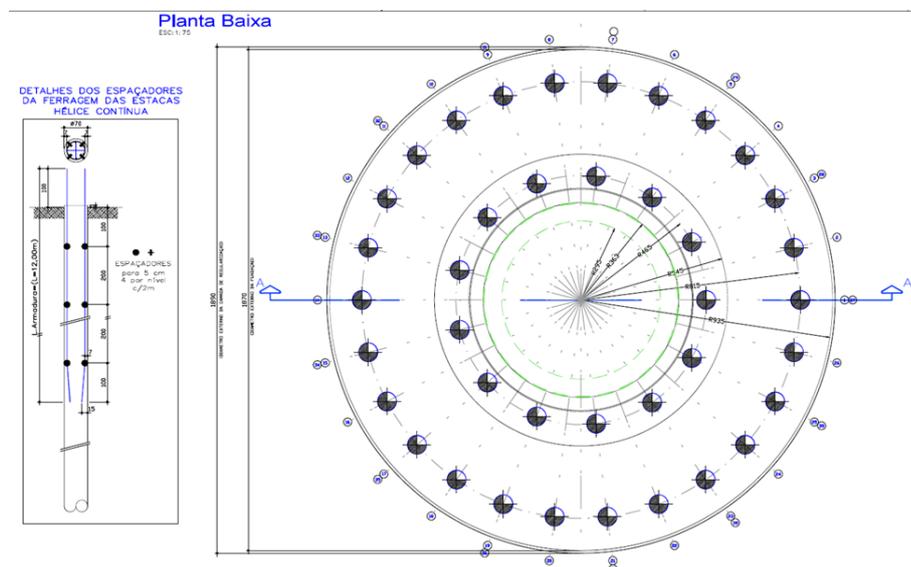


Figura 8 – Vista superior estacas de fundação base turbinas eólicas – Fonte: R2A Engenharia 2020

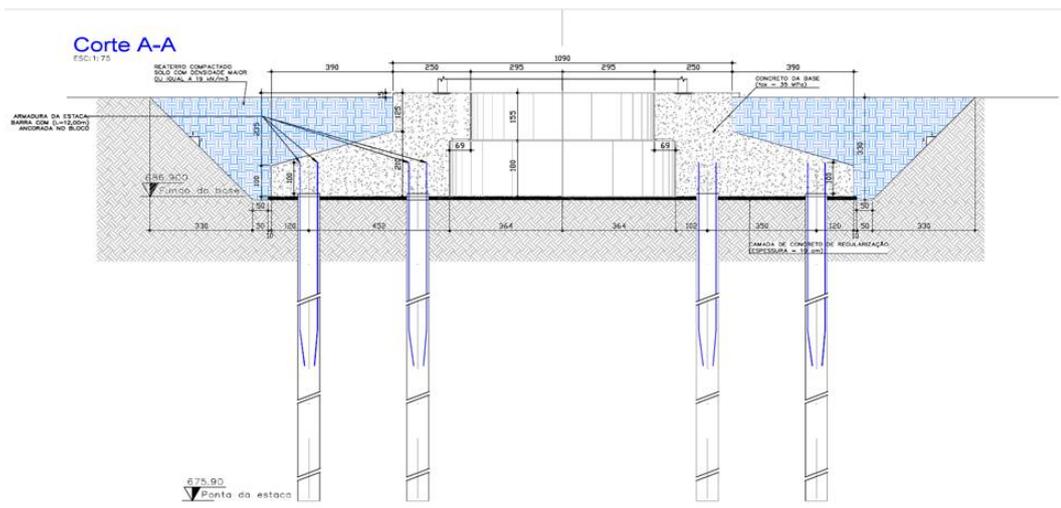


Figura 9 - Vista superior estacas de fundação base turbinas eólicas – Fonte: R2A Engenharia 2020

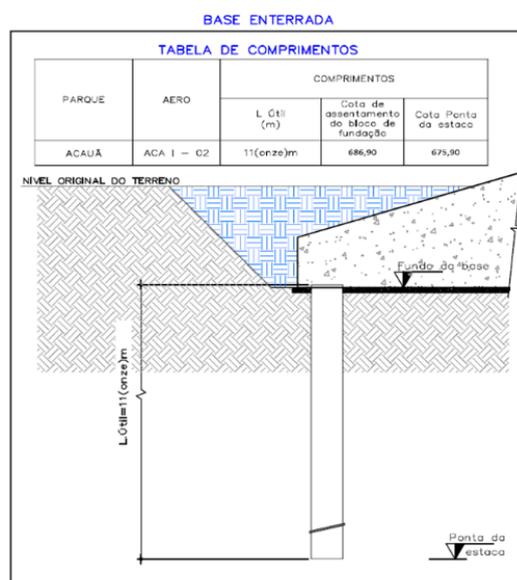


Figura 10 - Estacas de fundação base turbinas eólicas – Fonte: R2A Engenharia 2020

1.4 - Panorama da Energia Eólica no Brasil

O aumento de campo exploratório de energia eólica no Brasil vem crescendo, anualmente, devido a fatores geográficos, majoritariamente, na costa leste, que favorece estimativas do potencial eólico do país. Somente no ano de 2021, com 795 parques instalados, a potência chegou a 21,5 GW (GWEC (2021)). Os primeiros aerogeradores foram instalados no ano de 1992, sendo uma turbina no sistema isolado de Fernando de Noronha que representava 10% da energia gerada

no local (Pinto, 2013). Entretanto, as intenções de aplicações de políticas públicas dedicadas, especificamente, no setor, iniciaram com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas (PROINFA 2002), conforme Lei 10.438, de abril de 2002, visando o incentivo ao uso de energias de menor impacto ambiental, estimada em 3,300 MW de energia de fontes alternativa (Salino, 2011).

No ano de 2009, foi realizado o segundo leilão específico no setor eólico, com capacidade estimada de 1,8 GW, (Associação Brasileira de Energia Eólica, 2018). Neste período, os fabricantes e fornecedores dos equipamentos encontravam dificuldades na manutenção dos aerogeradores e mão de obra especializada, necessária para garantir a possibilidade de ampliação de investimentos no setor.

O país apresenta enorme potencial de aproveitamento de geração de energia, por possuir um regime de ventos com velocidade média anual (Figura 12), de 8,5 m/s na região nordeste e são 7 m/s na região sul (CAMARGO, 2015).

O aumento de oferta de áreas, via leilões, viabilizou a redução consideravelmente nos preços dos equipamentos e instalações, incluindo melhorias na capacidade logística dos componentes das torres, que possuem dimensões consideráveis para circulação viária. A energia eólica chegou ao seu grau máximo de competitividade, quando se tornou a segunda energia mais barata do Brasil (CRAIDE, 2016).

Diversos fatores contribuíram para a diversificação da matriz energética brasileira como mais uma fonte renovável, sendo de 75% do total proveniente de fontes renováveis, 65,2% hidráulica, 12,18% eólica, 2,2% nuclear e 1,7% solar (BEN, 2021). Na média de toda a geração injetada, no Sistema Interligado Nacional (SIN), em comparação com os grandes players do mercado mundial, o Brasil está bastante adiantado em um processo de diminuição de emissão de carbono na geração de energia elétrica. Porém, segundo alguns setores, os investimentos comparados ao potencial exploratório no Brasil, são abaixo do esperado.

“Com os vários desafios e com os grandes investimentos em pesquisa e desenvolvimento podem, se afirmar que o aproveitamento da energia eólica para geração de eletricidade ainda tem um longo caminho a percorrer, principalmente em países como o Brasil onde os impactos ambientais, sociais e econômicos ainda não são conhecidos com clareza para cada região com potencial favorável deste recurso energético.” (Pinto, Martins e Pereira, 2017, p.5)

Segundo os autores, Pinto, Martins e Pereira (2017), a constância dos ventos é diretamente afetada pela posição e força dos sistemas de alta e baixa pressão. Sendo que, mudanças nessa dinâmica climáticas são reais, e a observância nestas situações são primordiais no que se refere à segurança energética do sistema elétrico brasileiro.

Atualmente, por consequência da pandemia de covid-19, e da situação econômica do país, a estimativa da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica, 2020), é de que o setor poderá retomar a curva de desenvolvimento, após a liberação de leilões previstos para o ano de 2022, podendo suprir a demanda e continuar a expandir o setor.

O ano de 2021 terminou com 795 usinas e 21,57 GW de potência eólica instalada, o que representou um crescimento de 21,53% de potência, em relação a dezembro de 2020, quando a capacidade instalada era de 17,75GW (ABEEólica, 2021) (Figura 11). Os cinco estados com maior geração, no ano de 2021 foram Rio Grande do Norte (21,23 TWh), Bahia (21,15 TWh), Piauí (9,10 TWh), Ceará (7,91 TWh) e Rio Grande do Sul (5,63 TWh) (Figura 12).

O potencial energético brasileiro é enorme, e a matriz energética está em constante evolução, porém a capacidade de geração de energia elétrica ainda não está sendo em sua total expansão. Mesmo assim, devido a investimentos externos, será possível ampliar a participação do percentual da demanda de energia exigida no país, diminuindo a dependência de termelétricas ou hidrelétricas.

Região	2020		2021		% de crescimento
	Geração (TWh)	Representatividade	Geração (TWh)	Representatividade	
Sudeste	0,05	0,1%	0,06	0,1%	4%
Sul	6,33	11,5%	6,20	8,7%	-2%
Nordeste	47,00	85,6%	63,20	88,7%	34%
Norte	1,50	2,7%	1,76	2,5%	17%
Total	54,89	100%	71,22	100%	29,7%

Figura 11 - Crescimento de Energia Gerada ano 2020 e 2021. Fonte ABEEólica, 2021.

Capacidade energética no Brasil com fonte eólica em fase de operação.

UF	Potência Outorgada(kw)	Potência Fiscalizada(kw)	Quantidade	% (Pot. Outorgada)
BA	4437375.64	4415115.64	178	100%
CE	2188840	2177964	86	100%
MA	426022.5	426022516	16	100%
MG	156	156	1	100%
PE	800365	783985	35	100%
PB	157200	157200	15	100%
PI	1764100	1745200	64	100%
PR	2500	2500	1	100%
RJ	28050	28050	1	100%
RN	4672366	4672366	169	100%
RS	1835891.98	1832091.98	81	100%
SC	245499.5	245499.5	16	100%
SE	34500	34500	1	100%
SP	2.24	2.24	1	100%
Total	16.592.868.86	16.520.652.86	665	100%

Fonte: aneel.gov.br/siga



Velocidade média do vento (m/s)
50 m acima do nível da superfície

		Mata	Campo Aberto	Zona Costeira	Morro	Montanha
Classes de energia	4	> 6,0	> 7,0	> 8,0	> 9,0	> 11,0
	3	4,5 - 6,0	6,0 - 7,0	6,0 - 7,0	7,5 - 9,0	8,5 - 11,0
	2	3,0 - 4,5	4,5 - 6,0	4,5 - 6,0	6,0 - 7,5	7,0 - 8,5
	1	< 3,0	< 4,5	< 4,5	< 6,0	< 7,0

Figura 12 Médias anuais ventos Brasil. Fonte: ANEEL (2003).

1.5 - Panorama da Energia Eólica no Rio Grande do Sul

O estado do Rio Grande do Sul iniciou a partir do ano de 1999, através da Secretaria de Energias, Minas e Comunicação, a criação do programa “Ventos do Sul”, sendo sua intenção foi de viabilizar a ampliação e captação de investimentos do setor de energia eólica. O programa incentivou a elaboração do primeiro “Atlas Eólico do Rio Grande do Sul”, resultado do “1º Seminário Internacional de Energia Eólica do Rio Grande do Sul”. Foram publicados dados quantitativos do potencial do litoral e da região da campanha gaúcha, suas características físicas e climáticas, atuantes sobre a extensa faixa da planície litorânea. O litoral apresenta o regime de ventos constantes, tanto de sudoeste no período de inverno, quanto de nordeste no verão do hemisfério sul. Além disso, inclui informações de um relevo de baixa rugosidade, fator que amplia a eficiência e conseqüentemente a energia efetiva gerada.

Com resultados positivos, foi sancionada em 14 de junho de 2012 a lei estadual nº14014, que regulamentada pelo Decreto Estadual 51560 de 09 de setembro de 2014 (Rio Grande do Sul, 2014), criou o “Programa Gaúcho de Estruturação, Investimento e Pesquisa em Energia Eólica”, formalizando diretrizes para instalações de aerogeradores em áreas previamente definidas.

A segunda versão do “Atlas Eólico do Rio Grande do Sul” trouxe informações referentes ao potencial exploratório em áreas submersas, lagoas e mar. Publicado no ano de 2014, além de atualizações sobre a estrutura das turbinas aerogeradores, apresentou ampla descrição sobre o potencial do estado, no que se refere a investimentos de parques offshore, descrevendo detalhes quanto altura (100 metros) e profundidade de estrutura de base sob lâmina d’água (entre 10 e 50 metros de profundidade). Este documento incluiu estimativas de capacidade de geração, aproximadamente de 103 GW em terra (onshore) e 245 GW em costa litorânea (offshore).

Parceria entre o governo estadual, através da Agência Gaúcha de Desenvolvimento e Promoção do Investimento (AGDI) e Eletrobras, intensificou as pesquisas e avanços tecnológicos de equipamentos, além da ampliação no mapeamento e estudos relacionados aos regimes de ventos da região. Para

isso, foi utilizado modelo numérico MesoMap, onde os modelos de terreno de análise dos regimes de ventos, apresentam qualidade 25 vezes maior que estudos anteriores. A Secretaria de Minas e Energia do Rio Grande do Sul (2015) apresentou os números dos parques eólicos em operação, principalmente, na região do litoral norte do estado. Nos municípios de Tramandaí (1parque, 70 MW), Osório (9 parques, 302,9 MW), Palmares do Sul (8 parques, 170 MW), Xangri-lá (1 parque, 27,7 MW) e Palmares do Sul (8 parques de180,5 MW).

Atualmente, o litoral norte do Rio Grande do Sul ampliou a quantidade de parques em operação, incluindo ao município de Xangri-lá aproximadamente 173 torres de turbinas eólicas, de tecnologia japonesa, com maior eficiência e capacidade de produção de energia elétrica distribuída na rede de 475 MW.

O parque Elebrás, localizado no município de Cidreira, conta com 31 torres gerando 70 MW. Já no município de Osório, encontram-se o maior número de parques: Parque da Lagoa, Parque Ventos do Litoral, Parque Ventos do Sul e Parque dos Índios, com 178 torres eólicas e capacidade de produção de 318 MW.

A gestão dos parques no estado é feita por investidores europeus e asiáticos e contando com utilização de turbinas aerogeradores de tecnologia alemã e japonesa.

1.6 - Ampliações e Futuros Projetos no Rio Grande do Sul

O potencial do litoral do Rio Grande do Sul, no tocante a exploração do fluxo de ventos para produção ou geração de energia elétrica, desperta interesse cada vez maior. Os novos movimentos simultâneos de investimentos privados e incentivos estatais, favorecem a ampliação de novos parques, especialmente, projetos de instalação em áreas submersas ou alagadas. Por definição, os estudos relacionados ao potencial de exploração e viabilidade de instalação dos aerogeradores são divididos em aéreas onshore (em terras), nearshore (locais alagados, banhados, lagos e lagoas) e áreas offshore (alto mar ou próximo a plataforma continental).

O projeto de lei número 576 (PL 576, 2021), aprovado pelo senado federal, teve por finalidade a autorização para o aproveitamento do potencial energético offshore no país. Tal projeto, pretende ser um marco regulatório para a exploração de energia em alto mar.

A última versão do “Atlas Eólico Rio Grande do Sul” (2014), incluiu perspectivas de editais sobre concessões de aéreas de mar territorial, plataforma continental e dos corpos de águas sob domínio da união. O estado gaúcho, concentra 1/3 dos projetos cadastrados junto ao IBAMA para a liberação de licenças ambientais deste porte, que buscam a exploração da chamada Zona Econômica Exclusiva (ZEE), um limite de 200 milhas marinhas ou náuticas equivalentes a 370 km de áreas paralelas a linha de costa (Figura 13).

A faixa denominada Mar Territorial, segundo a convenção das Nações Unidas sobre direito do mar (CNUDM), limita até 12 milhas marinhas ou náuticas, a partir do litoral. Já a linha da Plataforma Continental compreende a porção do leito e subsolo marinhos, definida desde a margem continental, que começa na linha de costa até o talude continental ou até atingir a distância limite de 200 milhas. Algumas bibliografias definem os limites marítimos brasileiros, como “Amazônia Azul”, fazendo alusão ao potencial de riquezas naturais com potencial exploratório, a exemplo: extração de petróleo, mineração, pesca e de aproveitamento de energia maremotriz e eólica. “O mar, sem dúvida, é a nova fronteira para o desenvolvimento da energia eólica” (DUTRA, 2001 p.24).

No ano de 2022, iniciam-se acordos comerciais entre governo e iniciativa privada, buscando ampliar a planta do parque Ventos do Sul (Osório/RS) e a instalação de parque offshore na costa do município de Tramandaí, com estimativa de 702 MW de energia gerada. Segundo os representantes do Sindicato da Indústria de Energias Renováveis do Rio Grande do Sul (Sindienergia-RS), os projetos para costa gaúcha são sem precedentes no país. As empresas filiadas a este sindicato, em parceria com o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), aguardam a liberação de leilões de áreas no estado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel).

Projetos de ampliação (onshore) e instalações (offshore), dependem

de licenças do IBAMA, nos municípios de Xangri-lá e Osório, para instalação do parque Águas Claras com 200 aerogeradores e Ventos do Sul com 482 aerogeradores. E no município de Tramandaí, para o parque Tramandaí Offshore, com 52 aerogeradores, Ventos Litorâneos com 83 aerogeradores e parque Bravo Vento com 77 aerogeradores e no município de Torres o parque Guarita Offshore com 112 aerogeradores (Figura 13).

Pelo volume já acordado, em projetos que aguardam licenças ambientais para implementação, fica evidente que o interesse econômico alimentado por incentivos governamentais, comprovam o potencial energético do estado gaúcho (Figura 14). A intenção é consolidar a posição do estado, como polo de desenvolvimento de energia eólica e fomentar a ampliação de uma cadeia de fabricantes e desenvolvimento de equipamentos do setor.

Entretanto, são necessários estudos e maiores informações dos impactos a médio e longo prazo, sobre questões ambientais pois as condições climáticas que possibilitam a ampliação da participação gaúcha na matriz energética nacional são as mesmas responsáveis pela manutenção de espécies locais e migratórias, no extremo sul do continente. Desta forma, o licenciamento dependerá de processos criteriosos de pesquisas das áreas prospectadas para projetos futuros.



Figura 13 - Locais de Futuras instalações –Autor: Cristian Da Costa - Fonte IBGE, 2020 - SEMA, 2021 - ANEEL, 2022 - BING Maps

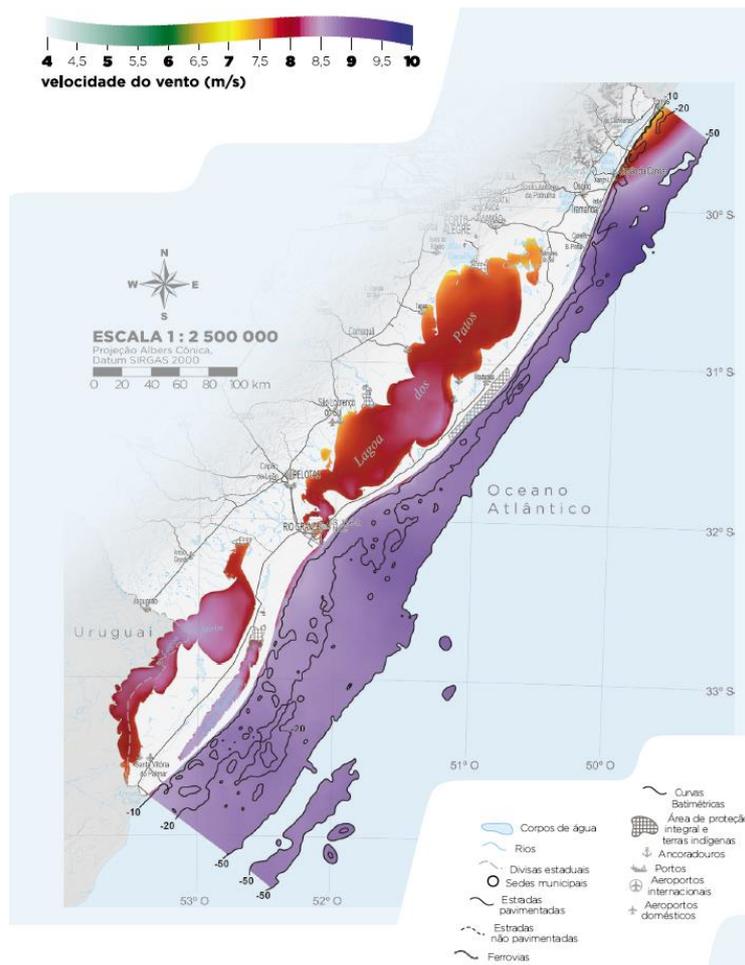


Figura 14 – Áreas Mapeadas Instalações Parques Sobre Águas- Fonte: Adaptado de Atlas Eólico - Rio Grande do Sul 2014

Um aspecto de muita relevância é a conexão com a rede elétrica. O litoral norte do Rio Grande do Sul está integrado ao Sistema Interligado Nacional (SIN), através de quatro linhas de transmissão (LTs), transportando a energia gerada até os centros consumidores (Figura 15). Uma quinta linha de transmissão (LT 230 kV Gravataí 3 – Osório 3) sairá da subestação Gravataí em atividade, seguindo por 67 quilômetros até a subestação em Osório, conforme o projeto.

Contudo, avaliações de impactos socioambientais são necessárias para liberações de licenças de início das obras, visto que, várias propriedades e famílias serão atingidas diretamente, bem como o ambiente natural e áreas de proteção ambiental (APA).

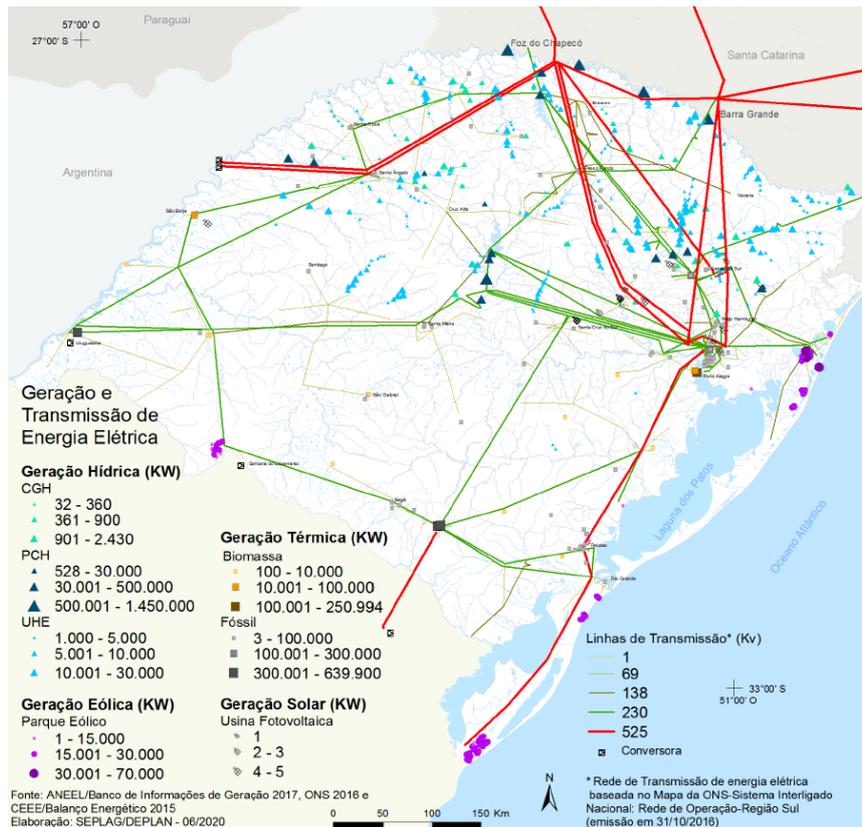


Figura 15 – Linhas de Transmissão Energia (LTs) – Fonte: Adaptado de Atlas Socioeconômico - Rio Grande do Sul 2021

1.7 - Questões Ambientais

Analisando o modelo atual de geração de energia, os impactos ambientais podem ser considerados os de menor interferência no ciclo natural atmosférico, devido aos menores níveis de emissões de poluentes de efeito estufa. Seguindo as normas do protocolo de Quioto (1997), a necessidade essencial de geração de energia deve seguir critérios específicos de menor dispersão de CO₂, que priorizam menor impacto ambiental e consequentemente desaceleração do aquecimento global.

O Rio Grande do Sul tem se destacado no cenário nacional devido ao enorme potencial eólico, sobretudo, na Planície Costeira, a energia eólica é considerada uma energia renovável e limpa (BRACK, 2010), todavia é impossível classificá-la como fonte geradora de energia isenta de causar impactos ambientais.

Durante as etapas de implantação, existe a possibilidade de remoção de dunas, redução e destruição de ecossistemas costeiros como as restingas, além do possível impacto secundário com a ampliação das linhas de transmissão que, por obrigação orçamentária segue traçado retilíneo, podendo ultrapassar limites socioambientais, como por exemplo, a Linha de Transmissão (LT) na Amazônia (Novais, 2014).

Parques de geração de energia, necessariamente, devem ser monitorados, pois os locais normalmente apresentam níveis de sensibilidade ambiental elevada. Os principais impactos identificados são: desmatamento, alterações de drenagem do solo, alteração da paisagem e o ruído. Estes interferem na fauna, com afugentamento de espécies e aves (Figura 16).

Desde o ano de 2001, através da resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA 279/01, foram estabelecidas diretrizes, quanto ao licenciamento de instalações de empreendimentos de geração e transmissão de energia elétrica no país, segundo Sovernigo (2009). Essa regulamentação não abrange todas as variáveis ambientais, apresentando estrutura precária no que se refere aos termos de referência para o licenciamento ambiental e monitoramento, bem como as próprias licenças ambientais que em muitos casos são omissas em aspectos ambientais relevantes.

Somente no ano de 2014 o CONAMA, publica a Resolução 462/14, que institui critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos eólicos em superfície terrestre. Em seu artigo 3º atribui aos estados a competência em enquadrar o porte do empreendimento, sua localização e potencial poluidor.

O monitoramento ambiental do Complexo Eólico de Osório teve início no ano de 2009, através do Ministério do Meio Ambiente (MME, 2009), realizando o primeiro monitoramento prévio do comportamento da avifauna. E identificando impactos ambientais quanto a mortalidade de pássaros e morcegos, além identificar rotas migratórias e altura de voos. Meier (2014) salienta que os estudos prévios, essencialmente, devem apresentar uma base de conhecimentos locais, quanto aos aspectos ambientais, sociais e econômicos. Os parques instalados no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul possuem áreas definidas como prioritárias, para a proteção da avifauna, segundo mapeamento do ICMBio, que sinaliza preocupação para a localização

dos futuros projetos.

A FEPAM segue normas, conforme portaria 118/14 que regulamenta através do artigo 3º (CONAMA 462/14), a categorização de porte dos empreendimentos e respectivos ritos de licenciamento ambiental. A FEPAM discrimina normas técnicas e condicionantes, para o licenciamento ambiental, conforme particularidades de cada uma das dez regiões de potencial eólico do estado, incluindo obrigatoriedade de análise por amostras de no mínimo, de 20% do total de geradores, em um raio de 50 metros. Os resultados das pesquisas serão publicados como “Relatório Ambiental Simplificado (RAS), Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) ou Estudo de Impacto Ambiental (EIA), tornando-se um dos pré-requisitos para as licenças.

Segundo Sovernigo (2009), estudos indicam que as aves nativas e migratórias presentes em diversas áreas do litoral norte, utilizam a região como corredores migratórios e de deslocamento, locais campestres como áreas úmidas, culturas de arroz e formações arbóreas.

Outro fator de extrema relevância é a participação das comunidades possivelmente afetadas, que através de ações realizadas pelo Conselho Municipal de Defesa do Meio Ambiente (CONDEMA) do município de Osório, representados pela associação dos Moradores e Amigos da Serra da Borússia (AMASB) e outras comunidades igualmente interessadas, entraram com uma Ação Civil Pública no Ministério Público Estadual (MPE), como forma de garantia dos direitos estabelecidos no rito do licenciamento ambiental, e manutenção de unidades de conservação (UC) pertencentes ao Bioma Mata Atlântica.

Segundo o Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul (2014), foram levados em consideração territórios pertencentes a povos originários, como Kaingans e Guaranis, além de núcleos quilombolas, todos garantidos por legislação federal. A preservação de sítios arqueológicos apresenta registros de movimentação de habitantes pré-históricos, localizados no município de Xangri-lá, que abrigam os dois mais importantes sambaquis do Litoral Gaúcho: Capão Alto, próximo ao centro da cidade, e Guará próximo à Estrada do Mar. A responsabilidade de manutenção e conservação destes locais é do poder executivo municipal e do Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) (2013).

Aspectos	Impactos	TO	Medidas mitigadoras ou compensatórias / Projetos / Programas
Ocupação do solo pelo parque eólico e subestações (preparação, terraplenagem, desmatamento, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> - Interferência com população local - Interferência com flora e fauna - Produção de ruído e poeira - Erosão do solo - Alteração do uso do solo - Emissão de gases de efeito estufa e causadores de deposição ácida pelas máquinas e caminhões utilizando derivados de petróleo - Interferência com atividade turística 	C	<p>Compensação monetária ou permuta de áreas</p> <p>Utilização de sistemas anti-poeiras</p> <p>Recuperação de áreas degradadas</p> <p>Regulagem das máquinas utilizadas evitando produção de ruídos e emissões desnecessárias</p>
Transporte de equipamento pesado	<ul style="list-style-type: none"> - Poluição sonora - Perturbação do trânsito local 	C	Planejamento do sistema de tráfego de modo a se evitar os horários de pico
Movimentos migratórios causados pela construção do parque	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento da demanda por serviços públicos, habitação e infra-estrutura de transporte - Alteração da organização sócio-cultural e política da região - Aumento das atividades econômicas da região com possível posterior retração após o término do empreendimento. 	C/O	<p>Apoio na construção do Plano Diretor do Município</p> <p>Adequação das infra-estruturas de habitação, educação e transporte</p> <p>Gestão institucional</p>
Distorção estética	<ul style="list-style-type: none"> - Poluição visual 	C/O	Projetos paisagísticos e arquitetônicos para redução do impacto visual
Produção de Ruído	<ul style="list-style-type: none"> - Poluição sonora 	C/O	<p>Projetos e programas específicos para redução de ruído</p> <p>Monitoramento de ruídos</p>
Funcionamento dos aerogeradores	<ul style="list-style-type: none"> - Morte de aves e morcegos por colisão 	O	<p>Evitar a construção do parque em rotas de migração</p> <p>Adotar arranjo adequado das turbinas no parque eólico</p>

Legenda: TO - Tempo de Ocorrência; C - Construção; O - Operação; PO - Pós-operação.

Figura 16 - Impactos ambientais e medidas mitigadoras de usinas eólicas. Fonte: MME / EPE 2007.

Capítulo 2 - A Geodiversidade da Planície Costeira do RS

As características da planície costeira, que ocupam a maior parte litoral norte do Rio Grande do Sul, têm como diferencial, em sua maior parte, um relevo plano de baixa rugosidade e geolocalização privilegiada, principalmente, pelos regimes de ventos de intensidade constante e variações de direções sazonais. Esses fatores qualificam a região como um dos polos de maior capacidade de geração de energia eólica do país.

A sequência de processos tectônicos e climáticos que atuaram sobre a superfície sustentada, predominantemente, pelas rochas da Formação Serra Geral, seguido de uma sequência de ciclos transgressivos dos níveis do oceano, foi responsável por uma deposição praial e marinha rasa que, atualmente, margeiam os derrames basálticos da Serra Geral.

É importante que, além de uma análise mais aprofundada dos elementos físicos (solo, formações de relevo, características climáticas) e no caso deste trabalho, regime de ventos, seja incluído a ação antrópica como fonte de exploração, e as consequências de todo esse conjunto de elementos sobre a região. A identificação da geodiversidade da região, o ambiente geológico, fenômenos e processos ativos, que deram origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais, favoreceram a vida na região, (BRILHA, 2005, p. 17).

(...) a variedade de natureza abiótica, incluindo os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrogeológicos, topográficos e os processos físicos sobre a superfície terrestre, dos mares e oceanos, junto a sistemas gerados por processos naturais endógenos, exógenos e antrópicos, que compreendem a diversidade de partículas, elementos e lugares. (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007, apud CARCAVILLA et al, 2008, p. 1300)

Este trabalho busca entender como as características da planície costeira gaúcha foram formadas e como componentes abióticos e bióticos contribuíram de forma significativas neste processo. Atualmente, por necessidade e interesses econômicos, a região é alvo de investimentos e incentivos governamentais, que buscam explorar o geopatrimônio do estado pelo diferencial geográfico.

2.1– Características Geológicas e Geomorfológicas da Planície Costeira – RS

Para melhor detalhar a formação geomorfológica da área de estudo, é possível segmentar a região nordeste, denominada como Macrorregião Litoral do Rio Grande do Sul, em forma de losango, conforme análise georeferencial. Esta área é distribuída de forma longitudinal, entre a linha de Planície de Terras Baixas Costeira e Escarpa do Planalto Meridional, e separada pelo cordão lagunar litorâneo, com altitudes que variam de 0 a aproximadamente 1.398 metros (figura 17).

A área é constituída por uma das cinco unidades geomorfológicas do estado, sendo a Planície Costeira do período Quaternário da era cenozoica, a mais recente formação do planeta (SEPLAG, 2008), apresentando especificidades exclusivas, como a faixa quase contínua de balneários interrompidos, eventualmente, por rios, mas basicamente linear.

A zona de interface com o mar, a típica planície sedimentar costeira, é composta por dunas primárias, secundárias, terciárias e seguida pelo cordão de lagoas litorâneas. Os municípios a leste do sistema lagunar com acesso à costa marítima são: Torres, Arroio Do Sal, Terra De Areia, Capão Da Canoa, Xangri-lá, Osório, Imbé, Tramandaí, Cidreira, Balneário Pinhal. Sendo relevo exclusivo do município de Torres, elevações rochosas com altimetria aproximada de 30 a 35 metros. Os morros-testemunhos são formados por falésias abruptas, constituídos de basalto, blocos remanescentes dos grandes falhamentos ocorridos no passado geológico, único promontório rochoso deste trecho da costa sul-brasileira (Villwock, 1994).

“Esta planície não existia há alguns milhões de anos atrás. O escudo Sul riograndense nesta época estava em contato direto com o oceano. Portanto, a Laguna dos Patos, a Lagoa Mirim e outras menores ainda viriam a formarem-se, no Terciário e Quaternário. Hoffmann et. al. (1997, p. 34)

Na faixa costeira são encontrados longos campos de dunas formados pela ação dos fortes ventos da região sobre as areias da praia e em torno de algumas lagoas e lagunas. Por definição, dunas litorâneas não são

classificadas como solos, por não apresentarem pedogênese alguma, porém em muitos casos, dunas estabilizadas já apresentam dispersão da vegetação e presença de matéria orgânica e pedogênese incipiente. O relevo irregular é extremamente arenoso e com baixa capacidade de retenção de água e disponibilidade de nutrientes. O processo de formação dessa região é muito dinâmico, estando em constante mutação em decorrência dos processos de sedimentação marinha e fluviolacustre. Devido à baixa altitude, entre 5 e 10 metros, de plano a levemente ondulado, com frequente afloramento do nível freático.

Seguindo além das lagoas, em sentido oeste da região, encontramos área de escarpas abruptas caracterizadas por vales bem entalhados, vertentes com declividades acentuadas e por formas em morros. Esses, consequência de um conjunto de fatores tectônicos e climáticos que atuaram sobre a superfície sustentada, predominantemente, pelas rochas da Formação Serra Geral, compondo os vales dos rios Maquiné e Três Forquilhas e ao sul pelos municípios de Caraá e Osório. Formação de rampas coluviais possuem vertentes com elementos, essencialmente, côncavos e declividades relativamente mais suaves, feições caracterizadas por depósitos de encosta, oriundos de processos gravitacionais ou originados de alterações in situ das rochas vulcânicas. Entre Osório e Torres o relevo é caracterizado como escarpa de falha, recuada por erosão, de falhamentos com basculamentos e abatimento do bloco oriental, sob a forma de degraus dos derrames basálticos (Suertegaray et al. 2012).

O litoral norte encontra-se sobre solos profundos em área da reserva da biosfera da Mata Atlântica de preservação permanente, composta pelos vales que entalham a escarpa de falha do Planalto Meridional Sul-rio-grandense e atuam como corredores entre bacias hidrográficas dos rios Maquiné, Três Forquilhas e Mampituba, proporcionando áreas de alimentação, refúgio e deslocamento de espécies vegetais e animais. A paisagem atual tem formação história pós-cretácea, pelo soerguimento das cadeias montanhosas da Serra Geral, sendo que essa tectônica está associada ao levantamento epirogenético da própria plataforma sul-americana (ALMEIDA et al., 2000), com desníveis superiores a 1000 metros, onde estão situados diversos cânions, entre os quais o Itaimbezinho e a região dos Aparados da Serra.

Em direção NE-SW, com extensão de 250 km e localizada entre os municípios de Osório e Tapes, a região apresenta um conjunto de colinas com altitude de aproximadamente 100 metros, decorrentes de deposição eólica. Depósitos correlativos a essa grande fase de erosão regressiva da escarpa da Serra Geral encontram-se na plataforma continental, estes de idade mais antiga, do período Cretáceo, incluindo a planície emersa, caracterizados por sedimentos neógenos de natureza continental, conforme leques aluviais e planícies fluviais, transicional (planícies fluviolagunares e lagunares) ou marinha e eólica (feixes de cordões arenosos e dunas).

Seguindo em direção oeste, desde o município de Santo Antônio da Patrulha sentido Porto Alegre e em sentido sul para a Laguna dos Patos e Lagoa Mirim, segue a denominada Planície Costeira Interna. Composta, predominantemente, por terraços lagunares consequentes de processos de colmatação de antigos níveis marinhos mais elevados ao longo do Pleistoceno, com características de relevos planos em uma extensa faixa de dunas, topograficamente ressaltadas.

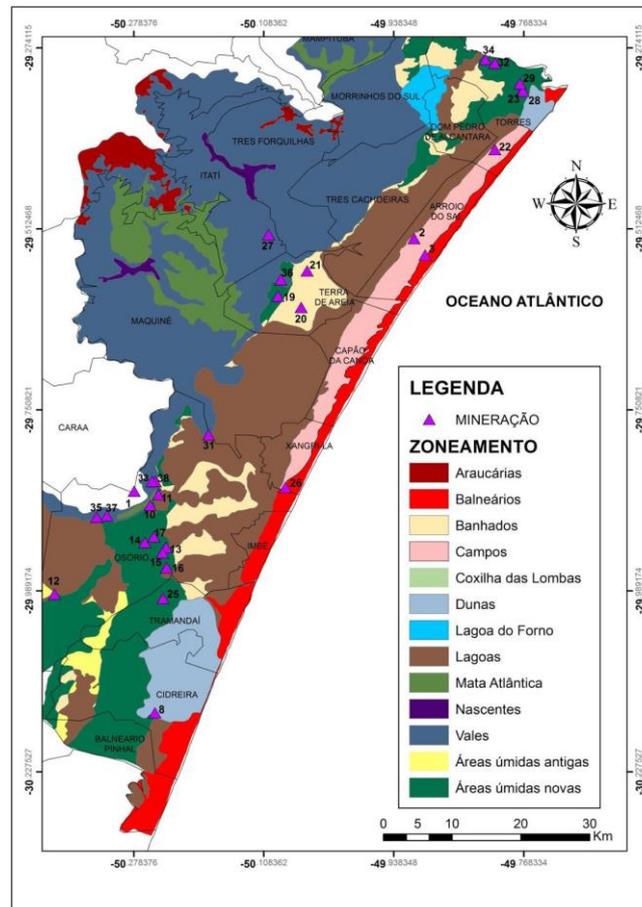


Figura 17 - Litoral Norte Mapa de padrões de relevo do Litoral Norte Rio Grande Do Sul - RS.

Fonte: Fepam 2018

2.2- Aspectos Pedológicos da Planície Costeira - RS

A classificação dos tipos de solos da região compreendida como Litoral Norte do Rio Grande do Sul, usada para área de estudo deste trabalho, tem características herdadas do material as quais foram originadas. Os solos são definidos pelo tempo da ação de fatores climáticos, biológicos e relevo, causando nestas transformações físicas, químicas, translocações e associações com matéria orgânicas.

Segundo Jenny (1941), que descreve uma equação quantitativa e semiquantitativa, com a seguinte função: $S = f(m, r, o, c, v, t)$; em que f = função; m = material de origem; r = relevo; o = organismos, v = vegetação; t = tempo. Tal conceito, ainda pode ser considerado válido, pois relaciona os processos específicos pedogenéticos do solo tais como: laterização,

silicificação, ferralitização, gleização, podzolização e salinização. Identifica processo múltiplos como remoção, transformação e translocação, que moldam as características de classificação dos solos.

O litoral norte do estado do Rio Grande do Sul tem sua origem em uma sucessão de processos termomecânicos, que ocorreram no período Mesozoico, durante a fragmentação da porção ocidental do supercontinente do Gondwana. Segundo classifica Ab'Saber (1964), o nordeste gaúcho é constituído por duas unidades morfológicas, Planalto Meridional e Planície Terras Baixas costeiras. O solo do Litoral Norte Do Rio Grande do Sul, tem características distintas do restante do estado, sobretudo areias quartzosas, silte, argila, cimento ferruginosos e materiais decompostos lacustres (Scopel 1977).

A presença de afloramento dos basaltos na região de Caxias-Vacaria-Torres separa o escudo cristalino Sul-Rio-grandense do escudo Santa Catarina - Paranaense, bem como intercepta a faixa de sedimentos gondwânicos do Rio Grande do Sul, da correspondente faixa de sedimentos de Santa Catarina e Paraná (figura 18).

Dede do ano de 1995, o IBGE adotou a denominação de Planície Costeira Gaúcha (IBGE, 1995), onde ocorre o predomínio de Neossolos Quartzarênicos e areias inconsolidadas dos terrenos de dunas, com ocorrência de Gleissolos e Organossolos associados aos banhados (JUSTUS et al., 1986).

Na faixa de areia estão situadas aluviões de formação recentes com diversos rios e lagoas, formada de vasas, areias e dunas do litoral, atuais ou mais antigas (formação de restingas). A faixa de dunas acompanha o mar, sendo seguidas, por areias quartzosas com horizonte "A" escuro, ocupando relevo plano. A seguir, com relevo suavemente ondulado, se observa areias quartzosas sem grande diferenciação no horizonte "A". Mais distante do mar, em áreas abaciadas, se observa solos Glei Húmico (Colégio) associados com Solos Orgânicos, solos derivados de sedimentos arenosos não consolidados do Quaternário recente.

A oeste, na borda do planalto meridional, inicia solos muito declivosos, com tendencia a ser muito rasos, com predomínio de Neossolos Litólicos eutróficos e ocorrência de cambissolos eutróficos, chernossolos

argilúvicos, nitossolos eutróficos e afloramentos de Rocha (EMBRAPA, 2001). Todavia, esses terrenos sustentam uma vegetação de porte florestal, devido ao clima muito úmido, característica da Mata Atlântica.

Tal condição geológica caracteriza a Escarpa da Serra Geral como uma unidade geomorfológica muito suscetível a movimentos de massa *latu sensu*, destacando-se deslizamentos rasos translacionais (slides) no contato solo rocha, durante eventos climáticos de extrema pluviosidade, como o desastre natural de dezembro de 1995 ocorrido na bacia do rio Araranguá, amplamente documentado pela literatura (PELLERIN et al., 1996; PONTELLI e PELLERIN, 1998).

O planalto meridional é constituído por rochas sedimentares pertencentes à formação botucatu que se encontram sotopostas ou intercaladas às rochas vulcânicas da formação Serra Geral.

A região é composta por formações distintas, a leste banhado pelo oceano, solo mais desgastado e erodido da plataforma continental, separados por uma sequência de porções de água e a oeste escarpa de morros declivosos em direção ao remanescente Bioma Mata Atlântica. Um fator importante é a manutenção e conservação dos solos, por ser considerada uma região de baixa ou muito baixa resistência aos impactos ambientais, sobretudo em locais de esparsas, sob ação antrópica, e de exploração mineral e agrícola. A zona de dunas costeiras, sofre a ação direta de descaracterização, pelo processo de urbanização, em municípios de Tramandaí, Osório, Capão da Canoa e Xangri-lá, em ordem de nível de crescimento urbano (Ilgenfritz, 2012), incentivados por processos econômicos de investimentos públicos e privados, visto a grande visibilidade para investimentos externos, a exemplo de campos eólicos a leste, agricultura a oeste, a produção de frutas, como a banana, em municípios de Terra de areia e Maquiné.

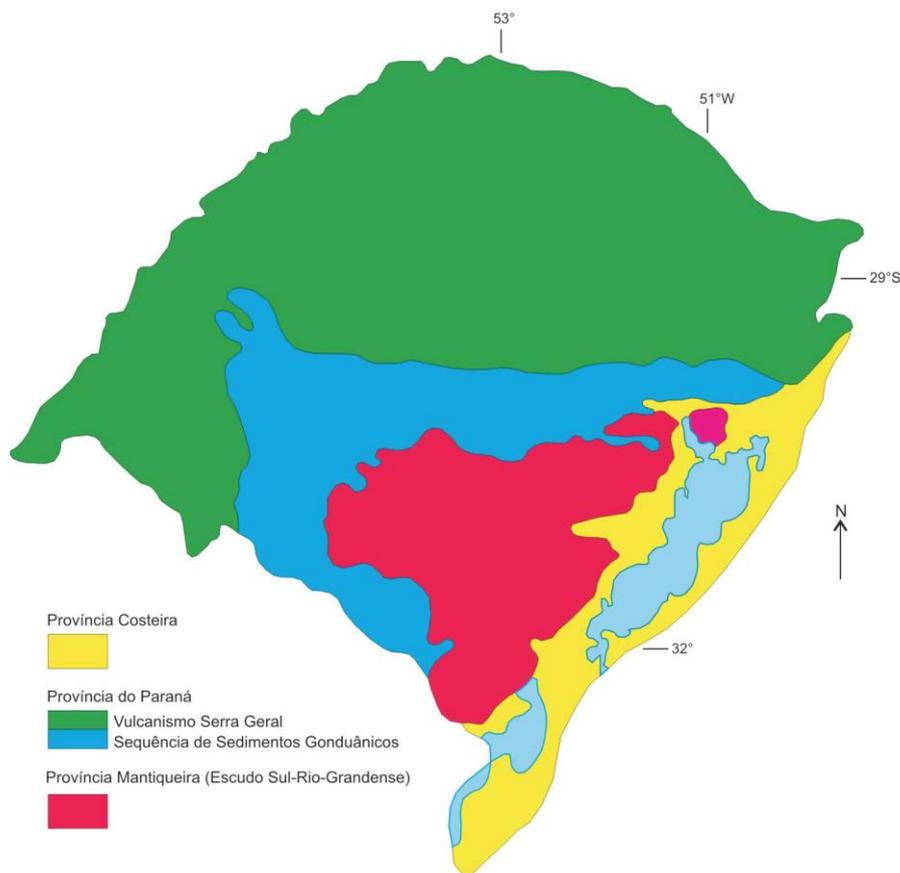


Figura 18 - Limites entre as províncias geológicas que constituem o estado do Rio Grande do Sul - Fonte: Porcher e Lopes, programa geologia do Brasil levantamento da geodiversidade, 2000

2.3 – Dinâmica Climática da Planície Costeira - RS

As características climáticas são fatores determinantes para o desenvolvimento da vegetação, biomas, espécies de plantas e de animais. As precipitações moldam a cadeia alimentar e a biodiversidade da região, e a formação vegetal dependente de clima e temperatura. Ou seja, todos os fatores simbióticos naturais são ao mesmo tempo, reguladores e resultados desse ciclo vital à todas as espécies.

Segundo Suertegaray (2011), a parte do extremo nordeste do estado tem classificação climática principal subtropical III, indicando clima úmido de variações longitudinais de temperaturas médias, com oscilações entre 17° a

20° graus celsius e precipitações médias anuais de 1700-1800 milímetros, no período avaliado de 100 a 120 dias. Existe também, uma área transição para classificação de subtropical IVb, com condições representativas de muita umidade no inverno e de verões frescos.

A área indicada para o estudo segue recorte longitudinal e é dividida entre a faixa litorânea leste, banhado pelo oceano atlântico, e a oeste a borda do planalto meridional com características distintas, apesar da proximidade.

O relevo de altitude descrito como planalto basáltico, com precipitações de boa distribuição entre 1700-2000 milímetros, temperaturas entre 14° a 17° graus celsius e resposta a radiação solar é o que proporciona deferentes condições climática e gradiente de calor.

Conforme dados estatísticos, as temperaturas médias do município de Tramandaí, apresentam média mínima de 16,67°, máxima 22,75°e variação de 6,08° (graus celsius) (Figura 19). Já no município de Itatí, localizado próximo a escarpas do planalto, a média mínima é de 15,75°, máxima 20,92°e possível variação de 5,17° (graus celsius) (Figura 20).

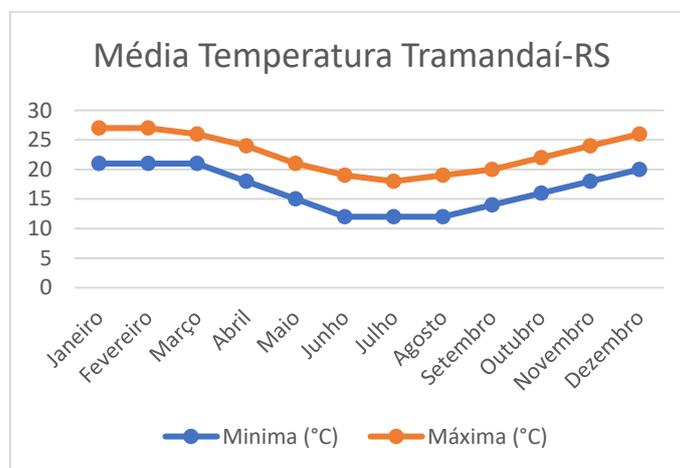


Figura 19 - Média anual de temperaturas Tramandaí-RS - Fonte: Embrapa, 2018

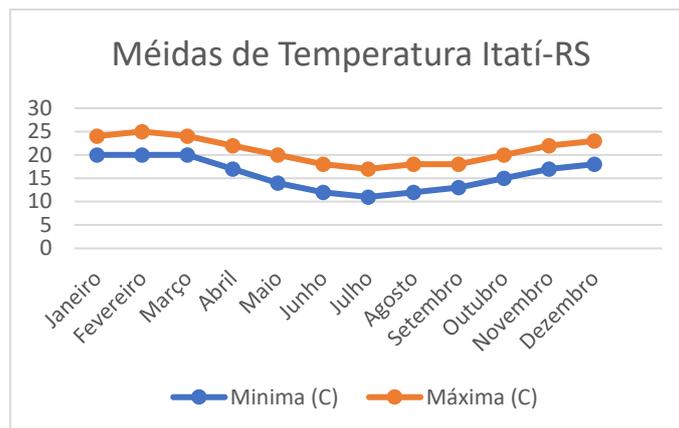


Figura 20 - Média anual de temperaturas Itatí-RS - Fonte: Embrapa, 2018

Um fator que influencia as diferentes variações climáticas entre as cidades do litoral norte do Rio Grande do Sul é a maritimidade. De acordo com Miller (1982), “muitos aspectos dos climas marítimos e continentais não podem ser explicados adequadamente pelos contrastes entre terra e mar, geralmente se devem as correntes oceânicas”.

As correntes sazonais do litoral, com variações de temperatura das águas marinhas, transmitem ao ambiente litorâneo as características térmicas trazidas pelos movimentos marítimos, diferentemente das regiões costeiras, de variações de correntes é menor entre águas de temperatura maiores ou menores. A costa gaúcha recebe influências de correntes tropicais, da chamada “Corrente do Brasil” entre os meses de outubro a maio. No período de inverno no hemisfério sul, entre os meses de junho a setembro, a “Corrente das Malvinas” é trazida por frentes polares vindas do continente antártico.

Todos esses fatores, são importantes para formulação climática, pois contribuem carregando salinidade, umidade, vento e chuvas. Esses elementos, classificados por Leinz e Amaral (1970), são fatores intrínsecos e extrínsecos, sendo o primeiro de capacidade de influência através da temperatura e salinidade, que alteram a densidade da água. Entretanto, os fatores extrínsecos, vento e chuva, são os que propiciam a movimentação de salinidade em direção ao continente.

Nas localidades de Caraá, Dom Pedro de Alcântara, Itatí, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Terra De Areia, Três Cachoeiras e Três

Forquilhas, as variações de paisagem, vegetação, pluviosidade e microclimas, tendem a modificar conforme a proximidade da linha da borda do planalto meridional. As precipitações têm influências da maritimidade e de áreas urbanizadas, originadas por sistemas frontais.

2.3.1- Regime de Ventos

Segundo Tomazelli (1993), o vento dominante na costa do Rio Grande do Sul é de nordeste (NE), apesar da predominância durante todo o ano com maior intensidade entre os meses de setembro a março. E o vento de sudoeste (SO), de menor intensidade, durante os meses de inverno (Figura 22).

Estudos anteriores relacionaram que, a constância e frequência dos ventos são resultado de dois sistemas de alta pressão atuantes na região, o “Anticiclone do Atlântico Sul” e o “Anticiclone Migratório Polar”, que são deslocamentos intermitentes de massas polares e da depressão barométrica do nordeste da Argentina (Nimer, 1977).

O anticiclone subtropical Atlântico é um centro de altas pressões, cuja posição média anual é próxima a 30°S e 25°W. A circulação atmosférica no sentido anti-horário, resulta no predomínio de ventos de leste-nordeste sobre toda a área do Brasil situada abaixo da latitude 10°S, regiões de temperaturas médias elevadas e maior umidade por consequência de maior incidência de radiação solar.

A depressão barométrica do nordeste da Argentina é uma área quase permanente de baixas pressões, geralmente estacionária a leste dos Andes. O bloqueio da circulação geral atmosférica é imposto pela parede montanhosa dos Andes e acentuado pelo intenso aquecimento das planícies de baixa altitude da região e sua posição anual média é de aproximadamente 29°S, 66°W. Conta também, com forte influência da “Baixa do Chaco”, e fluxo de calor superficial, esse localizado sobre o território do Paraguai (figura 21).

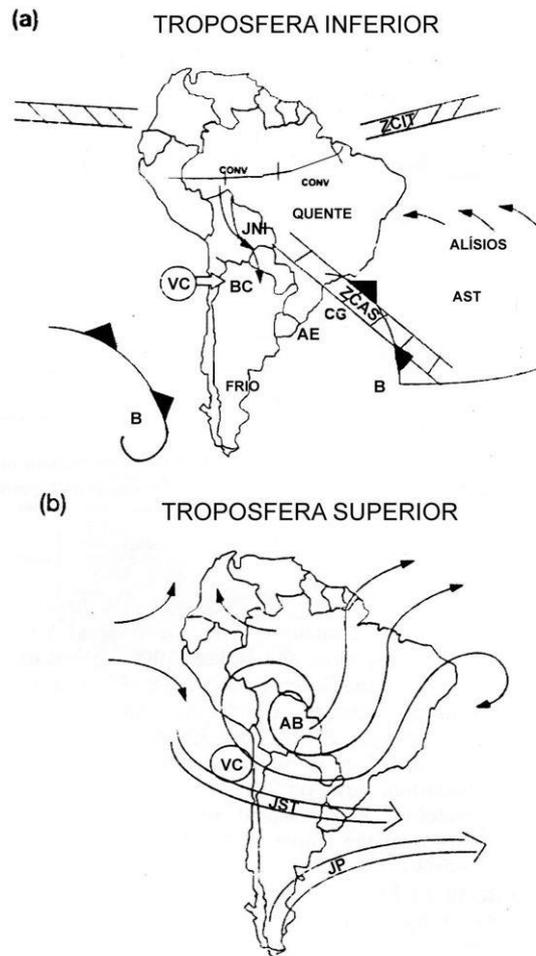


Figura 21 – Esquema da circulação atmosférica na América do Sul com as principais feições: (a) troposfera inferior e (b) troposfera superior. ZCIT – Zona de Convergência Intertropical; AST – Alta Subtropical; BC – Baixa do Chaco; JNI – Jato em nível inferior; ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul; EA – Anticiclones extratropicais; CG – Ciclogênese; VC – Vórtice ciclônico; B – Centro de baixa pressão; CONV – Atividades convectivas; AB – Alta da Bolívia; JST – Corrente de Jato subtropical; JP – Jato Polar. Fonte: Satyamurty et al., 1998 (modificado por Rossato, 2011)

A frequência do encontro destas massas, frio vindo de sul e ar tropical de norte, tem por consequência a formação de anticiclone extratropical que movimentam frentes frias de sudoeste e resultam rajadas de ventos acima de 10 m/s, principalmente nos meses de inverno. Já a diferença de pressão atmosférica, entre a depressão nordeste da Argentina e o anticiclone subtropical Atlântico, favorece a movimento de fluxo dos ventos de leste/nordeste com médias anuais de 5,5 m/s a 6,5m /s.

Apesar da predominância de direção e intensidade dos ventos, a influência geográfica e topográfica pode alterar os comparativos estatísticos, coletados por diferentes fontes de análises ou estações meteorológicas.

Conforme foi verificado, há um gradiente crescente de velocidade de norte a sul entre Torres e Mostardas (Figura 23).

Por exemplo, em Torres onde as direções mais frequentes são de nordeste e sul, com uma velocidade média menor, já no município de Imbé, os ventos de nordeste são predominantes e apresentam maior velocidade. Em Mostardas, os ventos de nordeste (NE) e sul (S) são os mais frequentes e mais fortes, confirmando que o regime de ventos não é homogêneo ao longo da costa (Martinho, 2010).

A rugosidade do relevo pode alterar as médias anuais do regime de ventos no litoral norte gaúcho, visto que ventos vindos de norte, nordeste e leste de circulação predominante ao longo do ano, não encontram barreiras que comprometam a dispersão, perda significativa de velocidade ou alterações de direção. Ao contrário, nos períodos de predominância de ventos vindos de sudoeste, a estação meteorológica localizada em Torres, confirma a influência que o Planalto da Serra Geral exerce sobre os ventos locais (Tomazelli, 1993; Martinho, 2008).

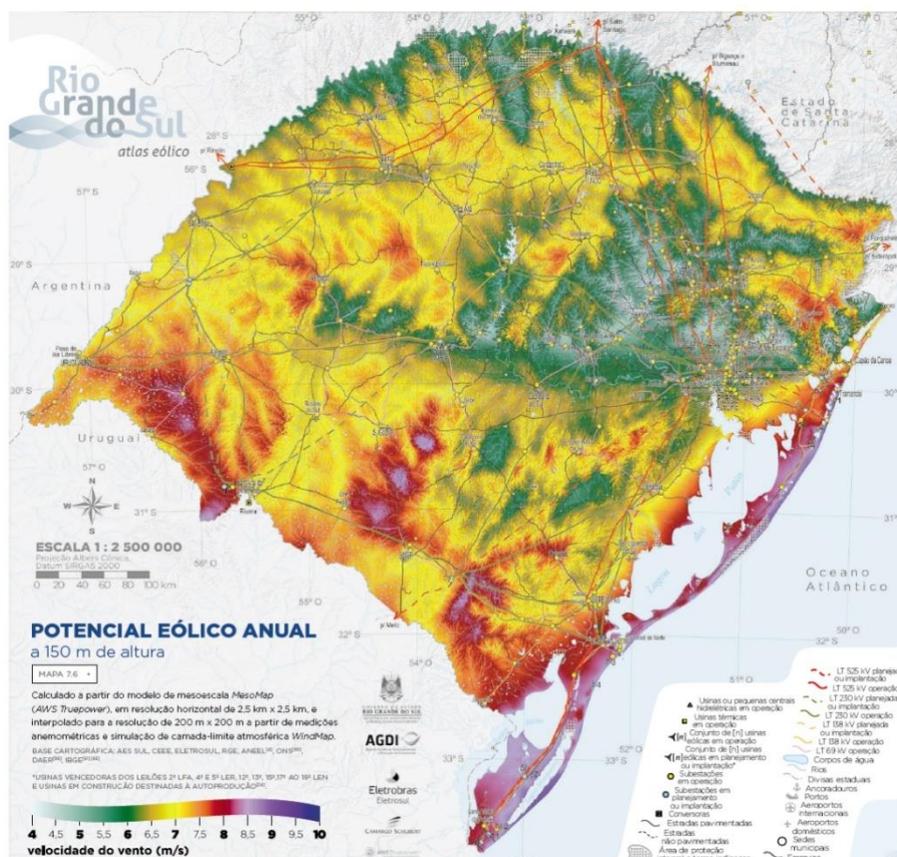


Figura 22–Potencial Eólico RS – Fonte: Adaptado de Atlas Eólico - Rio Grande do Sul 2014

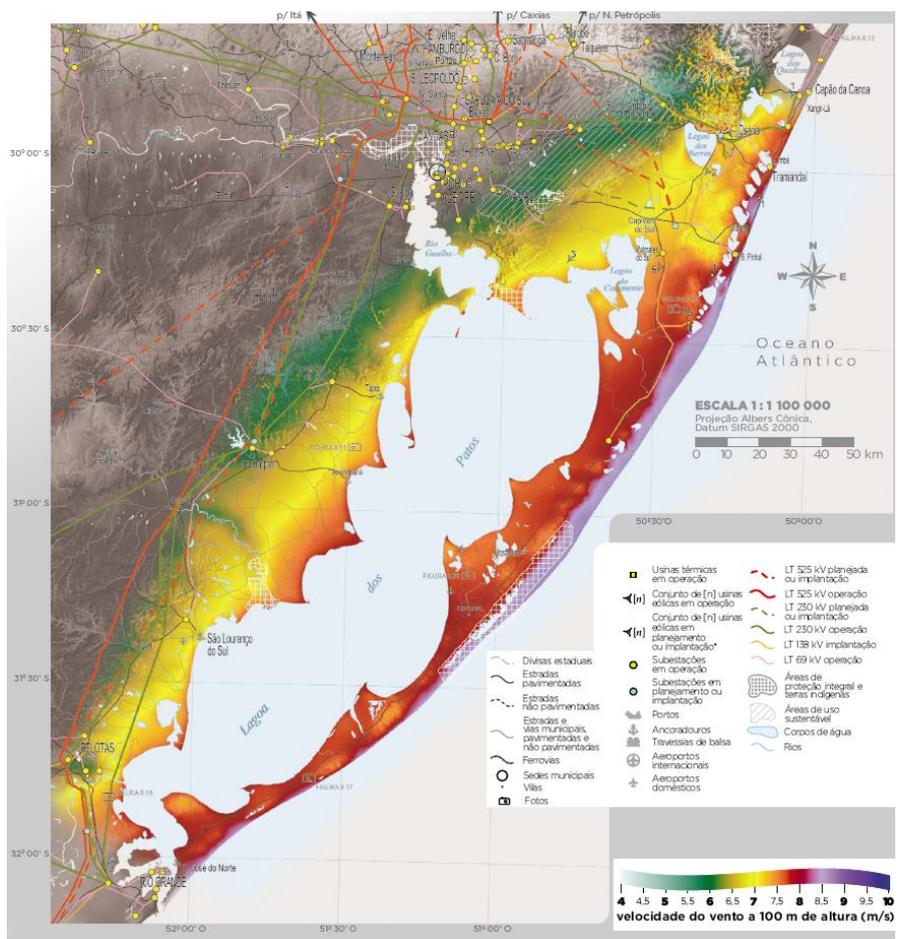


Figura 23 - Potencial Eólico Litoral Norte do Rio Grande do Sul – Fonte: Adaptado de Atlas Eólico - Rio Grande do Sul 2014

2.4- Vegetação Planície Costeira – RS

As características da vegetação são distintas, com dunas à leste e vegetação úmida à oeste. A enorme diversidade biológica de ecossistemas da região nordeste do estado do Rio Grande do Sul, é uma extensa faixa perpendicular à costa oceânica, classificado como corredor ecológico de espécies tropicais do sudeste do Brasil, vindas da Mata Atlântica e penetram no estado através da chamada “Porta de Torres” (Rambo 1950).

“O Litoral Norte apresenta paisagens distintas associadas a um conjunto complexo de fatores geomorfológicos, climáticos e edáficos que atuam conjuntamente gerando gradientes desde a faixa das marés (leste) até as porções mais altas da Serra Geral (oeste).” (Back,2006)

A influência da Mata Atlântica, floresta ombrófila densa de terras baixas (Back, 2006), que recebe umidade vinda do oceano e das planícies baixas, compõe uma complexa e rica diversidade de vegetação psamófila, de folhas reduzidas, lustrosas na face superior, coriáceas, com acúleos e espinhos.

Nessa região existe uma área transitória classificada como planície costeira interna até as escarpas das bordas do planalto meridional, subdividida em Floresta Arenosa, Floresta Paludosa ou Brejosa e Floresta de Transição Areno-argilosa. Possui vegetação tipicamente higrófila e presença de árvores com folhas amplas, ponta-goteira, membranáceas ou cartáceas.

Na zona de costa a formação é por dunas, campos arenosos (secos ou úmidos), banhados, juncais, sarandizais, maricazais e butiazais. Outros detalhes quanto espécies exóticas é o de pinus que cresce como planta invasora, com sementes dispersas facilmente pelo vento

2.5 – Hidrografia da Planície Costeira - RS

O litoral norte gaúcho está localizado sobre três bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Mampituba, Bacia Hidrográfica do Tramandaí e Bacia Hidrográfica do Litoral Médio.

A bacia hidrográfica do Mampituba, com 555,26 km², tem limite norte com o estado de Santa Catarina, ao sul e oeste com a bacia do Tramandaí e o oceano atlântico a leste. Ocupa o território de províncias geomorfológicas do planalto meridional e planície costeira, cobrindo municípios de Três Cachoeiras, Cambará Do Sul, São Francisco de Paula, Morrinhos do Sul, Dom Pedro Alcantara, Torres e Mampituba (SEMA 2007), sendo abastecida pelos arroios Paraiso e Josafaz e os rios Pavão, Mengue e Mampituba. Seu principal rio é o Mampituba, que nasce na Serra Geral com percurso de 62 km até Torres. Seu curso, superior e médio, é definido pela estrutura da escarpa leste do planalto meridional e seu percurso final, por terrenos sedimentares do quaternário de sistema fluvial meandrante, de baixa energia e competência, nas planícies aluviais da planície costeira.

A bacia hidrográfica do rio Tramandaí está localizada na província geomorfológica do planalto meridional e planície costeira, cobrindo municípios desde Torres até Palmares Do Sul e os municípios da encosta da serra geral, com aproximadamente 3.144,84 km². A bacia é também composta pelo cordão lagunar com conexões naturais e artificiais e corpos hídricos isolados e banhados, utilizados para irrigação e abastecimento público.

A Bacia Hidrográfica do Litoral Médio, com uma área de 11.164,87 km² entre Osório e Rio Grande (Figura 24), limita-se ao norte com as bacias do Gravataí e Tramandaí, ao sul com a bacia do Mirim-São Gonçalo, a oeste com as bacias do Camaquã e Guaíba e a leste com o Oceano Atlântico.

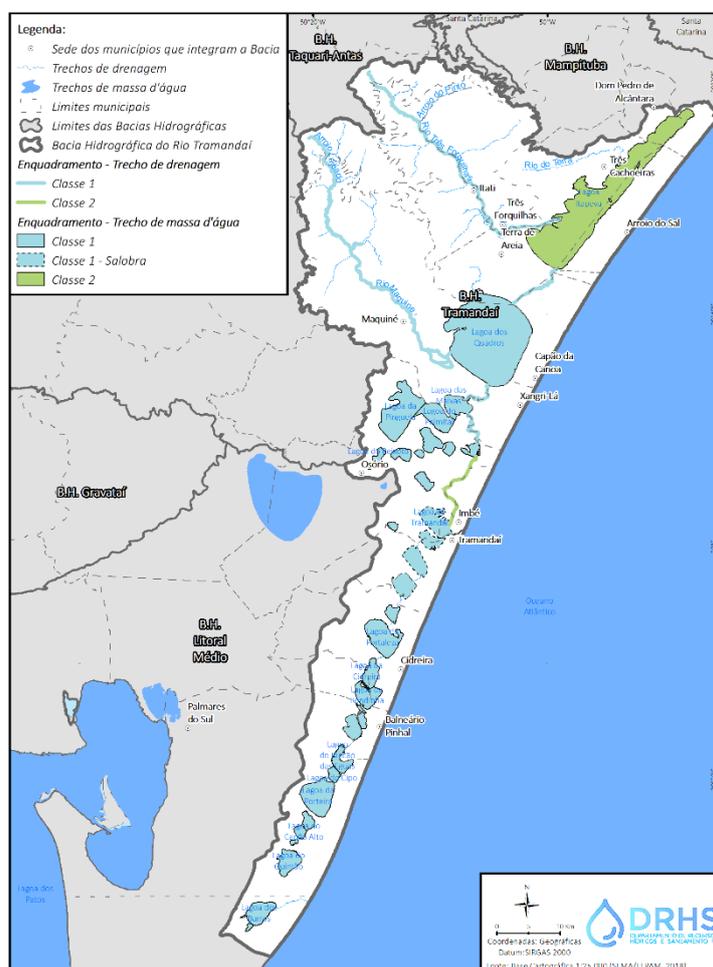


Figura 24 - Bacias hidrográficas dos rios Caí, Pardo, Tramandaí e do Lago Guaíba águas das Lagoas da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí - Fonte: SEMA/FEPAM 2018

A formação do sistema lagunar é consequência de um processo de variações do nível do mar e alterações da linha de praia durante as últimas épocas geológicas, que caracterizaram a planície costeira, formando um

ambiente de deposição (Verdum, Basso, Suertegaray 2004). Tais variações iniciaram no mioceno até o holoceno e a cada ciclos transgressivos do oceano, modelaram uma deposição praial e marinha rasa de areias quartzosas.

Esse sistema faz parte de uma série de ciclos baseado em sistemas deposicionais, conforme estudos realizados pelo Centro de Estudos de Geologia Costeira Oceânica (CECO), pertencente a Faculdade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que identificaram cronologicamente os processos de formação dos sistemas de leques aluviais e os quatro estágios de formações do sistema laguna e de barreiras, conforme Willwock e Tomazelli (1995).

O sistema de leques teve início no terciário se mantendo até o cenozoico, decorrentes de processos gravitacionais e aluviais de transporte de materiais (Verdum, Basso, Suertegaray 2004).

O sistema laguna/barreira I é o mais antigo sistema deposicional na região nordeste do estado, resultado do primeiro evento transgressivos pleistocênico, principalmente, pelo acúmulo de sedimentos eólicos fixados nos altos do embasamento cristalino do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense, formando o sistema lagunar Guaíba-Gravataí.

O sistema laguna/barreira II é resultante do segundo evento transgressivo pleistocênico, com depósitos eólicos e praias preservados em locais isolados da planície costeira, indicando as características litológicas do sistema de III. Nesse estágio, se inicia a formação da chamada “Barreira Múltipla Complexa” - Lagoa Dos Patos e Mirim.

O aumento lateral de esporões recurvados surgidos, no terceiro evento transgressivo pleistocênico, formou ambientes deposicionais do tipo lagunar, paludal e fluvial que correspondem ao isolamento final do sistema lagunar Pato/Mirim.

O último evento transgressivo ocorreu no holoceno, formando um novo sistema lagunar composto por diversas lagoas isoladas. Ainda por definição de Willwock e Tomazelli (1995), essa sequência de processos moldou a geomorfologia da Planície Costeira divididas em terras baixas e terras altas.

O sistema Patos-Mirim é formado por terras baixas com relevo de colinas, terraço e barreira de lombas de deposição eólica, mesma formação do sistema lagunar Guaíba-Gravataí de terras baixas alagadas ou pantanosa.

A barreira múltipla complexa é a principal formação do litoral norte

do estado gaúcho, desde a Laguna do Patos com características geomorfológicas de depressões ocupadas por lagunas, lagoas e terraços.

O limite oeste da planície costeira na borda do planalto é formado pelo abasamento pré-cambriano, sequências sedimentares da bacia do paraná e sequência vulcânica. Todos esses processos morfogenéticos, atuantes no espaço do Rio Grande do Sul, foram responsáveis pelas diferentes unidades do relevo (Verdum, Basso, Suertegaray 2004).

2.6- Potencial Eólico da Planície Costeira -RS

Não somente o regime de ventos determina o potencial eólico para estudos de instalações de aerogeradores, mas viabilidade econmica, que compara a capacidade de geração de energia que pode ser gerada pelo vento com a possibilidade de distribuição ou integração com a rede elétrica mitigando assim, a possibilidade de perdas na transmissão. Para a construção das fundações das torres são analisados o solo e a profundidade do leito marinho,

De acordo com dados coletados entre os anos de 1970 e 1982, o estado sofre influência de movimentos de massas de ar, por dois centros de alta pressão, o “Anticiclone do Atlântico Sul” durante os meses de setembro a março e o “Anticiclone Movel Polar” entre os meses de abril a agosto (Tomazelli,1993).

Em suas pesquisas Tomazelli demonstrou a predominância sazonal de ventos do litoral do estado, entre nordeste (NE) e sudoeste (SO), com dados coletados por trs estações meteorológicas, nos municípios de Torres e Rio Grande pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INEMET) e no município de Imbé pela Estação do Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais (DEPRC), (Figura 25).

Vento	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
N	2.2	1.4	3.0	4.4	6.0	4.0	4.5	2.4	1.4	0.5	1.0	0.7	2.6
NE	50.9	48.7	40.7	36.8	30.7	29.1	38.5	35.1	46.6	42.2	44.3	53.2	41.4
E	12.9	12.8	14.3	9.0	7.5	7.0	6.1	7.9	10.1	12.7	11.4	14.4	10.5
SE	9.8	9.6	11.1	7.9	5.7	3.6	2.5	5.7	6.1	7.4	9.6	9.0	7.3
SE	7.6	7.2	8.9	6.9	4.5	3.7	4.5	7.0	5.5	8.9	10.8	8.5	7.0
SW	4.5	5.3	6.2	6.3	7.0	7.3	7.6	10.5	9.9	10.7	9.6	5.3	7.5
W	6.4	9.2	11.0	22.2	28.1	32.7	26.1	23.1	14.5	13.5	12.7	7.8	17.3
NW	1.6	1.5	0.8	1.0	2.9	3.4	1.1	1.2	1.0	0.9	0.6	1.0	1.4
Calma	4.1	4.3	3.9	5.3	7.6	9.3	9.0	7.0	4.9	3.4	0.0	0.0	4.9

Figura 25 - Frequência percentual, ao longo dos meses do ano, dos ventos superficiais na estação Imbé-RS - Fonte: Tomazelli, 1993.

As massas de ar que atuam na costa do Rio Grande do Sul nos meses de verão são: “Massa Tropical Continental” (mTc) vindas de oeste e “Massa Tropical Atlântica” (mTa) de sudeste.

Nos meses de inverno se mantêm a influência da “Massa Tropical Continental” (mTc), diminuí a influência Massa Tropical Atlântica (mTa), porém aumenta a interferência da “Massa Polar Atlântica” (mPa) (Amarante e Silva, 2002).

A relação da dinâmica da circulação atmosféricas com as características geomorfológicas da planície costeira apresenta um potencial altíssimo para a instalação de empreendimentos eólicos na região, com médias anuais de ventos que variam entre 7,5 e 8,5 M/s, além de baixa rugosidade de relevo (Atlas Eólico RS, 2014).

Segundo os documentos produzidos pelo “Projeto Ventos do Sul”, o estado dispõe de boa infraestrutura, como estradas, portos, aeroportos, telecomunicações, acessos e logística, bem como incentivos às instalações de toda cadeia produtiva relacionada com a energia eólica, isenções fiscais e financeiras, com objetivo de fomentar a indústria de pesquisa e atualização tecnológica necessária.

Capítulo 3 - Referencial Teórico e Metodológico

O presente trabalho busca ampliar os estudos sobre a exploração de energia eólica no litoral norte do Rio Grande Do Sul, visando um melhor entendimento dos processos desde a instalação dos equipamentos até a distribuição da energia elétrica produzida na rede. Para isso, foi selecionado um recorte da região do estado que compreende 21 municípios com área total de 5.136,723km² (IBGE,2020).

Atualmente, existem 173 torres de turbinas eólicas em atividade, agrupados em parques distribuídas na mesorregião litoral norte.

A necessidade de ampliação da matriz energética é evidente, e a possibilidade de geração de energia por aerogeradores está entre uma das alternativas, que recebe um grande volume de investimentos em pesquisas e produção de equipamentos.

O modelo de pesquisa seguiu a análise de material bibliográfico prévio que acompanha a evolução dessa tecnologia assim como, os processos de implementação e resultados, buscando informações relevantes baseadas em experiências de outros países que utilizam, como recurso, os fluxos de vento como força motriz.

A instalação de torres eólicas no país iniciou como uma fonte alternativa, devido a disponibilidade hídrica explorada desde o século XIX.

Além de entender os aspectos naturais que favorecem a exploração de parques eólicos em nossa região, este trabalho pretende alertar possíveis impactos ao ambiente.

Foram realizadas pesquisas quali-quantitativa, buscando informações em fontes primárias e secundarias, divididas em dois estágios:

Estágio 1 - A energia Eólica, seus processos históricos de desenvolvimento e aplicabilidade. Avaliação de informações de empresas de pesquisas e desenvolvimento dos equipamentos e comparação de dados de eficiência e valores de energia gerada.

Outras informações importantes foram os indicadores de energia elétrica distribuídas na rede em nosso estado, durante as quase duas décadas, pelos dois maiores e mais antigos parques eólicos em produção no município

de Osório.

A maior parte dos estudos anteriores tem como foco uma avaliação quantitativa dos equipamentos, com o propósito de mensurar o percentual energético gerado até o estágio atual de tecnologia dos aerogeradores. Visto que a interferência ou questões ambientais pouco são descritas, mesmo que a utilização da força dos ventos, sejam utilizadas em centenas de países há mais de cem anos.

Estágio 2 - Análise das características do litoral norte do Rio Grande do Sul que favorecem a exploração da energia gerada por ventos. Pesquisas geoestruturais e geomorfológicas sobre a formação da costa nordeste do Rio Grande do Sul e as dinâmicas climáticas que modelaram e modificaram as estruturas físico-ambientais do litoral.

Mesmo seguindo descrições segmentadas dos elementos físicos climáticos da região como método de estudo próximo ao conceito de climatologia analítico-separatista (Monteiro, 1962), para entendermos os fatores que favorecem a instalação de parques eólicos na região, é necessário analisar os elementos mais gerais da atmosfera, avaliando uma sucessão habitual de agentes climáticos no local.

“o que de fato importa é qual será o tratamento estatístico a ser aplicado aos elementos climáticos observados, coletados e armazenados pela rede meteorológica de uma dada região.” (Juliana Ramalho BarrosBarros,2009)

Este trabalho teve como base os conceitos de ambiente, climatologia geográfica e geodiversidade, como forma de analisar a simbiose dos elementos que compõem a dinâmica do local estudado. O conhecimento geográfico até aqui adquirido, esclarece que a geografia se interessa principalmente pelas interrelações, combinações e consequência mais do que ações isoladas (Pédelaborde, 1970).

Segundo Barros (2009), o estudo da meteorologia climática possui duas vertentes: Meteorologia Analítico-separativa, que tem o objetivo de discriminar os complexos elementos atmosféricos e Meteorologia Dinâmica, que interpreta o conjunto de todos os estados atmosféricos em suas causas e consequências.

Conforme Zavattini (2000), a climatologia encontra suas bases na Meteorologia, através do estudando a atmosfera e seus fenômenos e com registros e a medições desses, para determinar as condições físicas que foram produzidos. Outro conceito de clima que merece destaque é a de Hann (Apud PÉDELABORDE, 1970, p. 19), onde “clima é o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera em um ponto da superfície terrestre”.

Ao associarmos as condições que favorecem a instalação de parques eólicos no litoral gaúcho, vimos que as condições de clima, temperatura e condições atmosféricas de fluxo de massas são reflexo de uma condição privilegiada de posição geográfica, por sucessivos processos evolutivos de morfoestrutura que moldaram o relevo plano na planície costeira. O relevo de escarpas da serra geral direciona o vento, formando fluxo quase contínuo que pode ser explorado, tendo um saldo muito positivo no que se refere a ação antrópica de consumo dos bens naturais.

Suertegaray (2001), lembra que o ambiente inicialmente foi conceituado pela geografia como o meio (milieu), não como um espaço composto por várias forças que possuem posições de interdependência. As ações não podem ser consideradas como exclusivas ou deliberadas, interpretando como fonte provedora de recursos infinitos. O ambiente, já foi descrito como objeto de estudos focados nas ciências biológicas ou no sentido ecológico, onde a manutenção é necessária pela essencialidade do meio natural de usufruto da sociedade.

Este estudo entende o conceito de Suertegaray (2009), onde “ambiente é relação dos seres e seu entorno, a gente tem uma articulação fundante entre sociedade, cultura e natureza em todas as nossas dimensões do viver”. É fundamental entender as questões ambientais de modo que identifique as relações socioecológicas, incluindo aspectos econômicos, em geral conflitantes como prioridades de conservação da natureza e a todo os atores envolvidos.

Conforme verificado, questões ambientais podem ser mais bem avaliadas durante estudos de impacto em áreas de potencial eólico, por exemplo a apropriação e exploração dos recursos naturais e desterritorialização de populações locais. A falta de estudos mais aprofundados

sobre os impactos ao ambiente marinho, teve destaque negativo durante as pesquisas, visto a escassez de documentos científicos específicos para a região do litoral gaúcho, que apresenta uma biodiversidade riquíssima tanto local, quanto migratória. O conceito de desenvolvimento sustentável deve ser prático saindo, do campo teórico comparativo de outras regiões, porém se faz necessário um criterioso processo de análise dos locais e suas particularidades.

As pesquisas realizadas, tanto por investidores interessados, como por órgãos governamentais, são principalmente analíticas e trazem informações importantes, quanto a rentabilidade em operações deste porte. As avaliações, em certo ponto, subvertem o conceito de geopatrimônio, onde vinculam somente valores monetários, quanto estudam as potencialidades da região, comparação com outras do país.

Esta pesquisa tem como objetivo principal, a análise de características climatológicas e geomorfológicas que favorecem as instalações de parque eólicos ao longo Litoral Norte Do Rio Grande do Sul, sob a ótica dos conceitos de geodiversidade, geopatrimônio e geoconservação.

Segundo Meira e Moraes (2016), são conceitos que utilizam uma forma de compreender a paisagem e a natureza, compostas de elementos de cunho bióticos e abióticos, e as consequências da relação desses dois aspectos. Esses conceitos sugerem uma análise sistêmica da natureza, ao invés de visão superficial que privilegia processos bióticos sobre os abióticos, para projetos e empreendimento exploratórios que utilizam as condições de clima, ventos e solo, como forma de apropriação de recursos pela sociedade.

(...) a variedade de natureza abiótica, incluindo os elementos litológicos, tectônicos, geomorfológicos, edáficos, hidrogeológicos, topográficos e os processos físicos sobre a superfície terrestre, dos mares e oceanos, junto a sistemas gerados por processos naturais endógenos, exógenos e antrópicos, que compreendem a diversidade de partículas, elementos e lugares. (SERRANO; RUIZ-FLAÑO, 2007, apud CARCAVILLA et al, 2008, p. 1300, tradução Meira e Moraes)

O conceito de geodiversidade de Brilha (2005, p. 17), “a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são suporte para a vida na terra”, norteou a linha de pesquisa, sobretudo

quanto aos impactos ambientais e sociais, como os relatos trazidos por Bier (2016), sobre a opinião de alguns moradores da região do município de Osório, quanto as reais benfeitorias secundárias para a população local.

Mochiutti (2011), salienta o valor funcional que atribuído ao elemento natural conforme a capacidade de contribuição do bem-estar humano. A utilização das forças da natureza para benefício do coletivo, onde a sociedade se utiliza da geodiversidade, assume a responsabilidade de manutenção do geopatrimônio ecológico e abiótico da região que por definição, foram classificados por Brilha (2016) como sítios de geodiversidade devido aos valores educativos, culturais, turístico, estéticos entre outros.

Em estudos de Suertegaray, foi interpretado a interferência direta ao ambiente e a apropriação dos espaços com interesses comerciais que não modificam a paisagem. Todavia, consequências antrópicas ao ambiente devem ser avaliadas, conforme trata Milton Santos (1997), que traz conceitos de “natureza artificializada”, relação sociedade e natureza e consequências que não somente alteram o local, mas incluem na paisagem das localidades.

Ações antrópicas, na maioria dos casos, acarretam problemas ambientais, conflitos de apropriação e exploração dos recursos naturais e desterritorialização de populações locais (Suertegaray, 2015).

A infinidade de pesquisas já realizadas sobre o ambiente e condições climáticas contribuíram para elaborar um modelo descritivo da dinâmica climatológica da região. Publicações institucionais como “Atlas Climático da Região Sul”, produzidos pela Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuária (EMBRAPA), incluem estudos realizados por Suertegaray e Moura, que apresentam detalhes da morfogênese e relevo do estado, fundamentais para compreensão da formação da “depressão periférica” através dos processos sofridos por forças endógenas que modelaram a costa.

Nas pesquisas publicadas por Tomazelli, se compreendeu a dinâmica e o regime de ventos predominantes, através de análises das interações dos centros de baixa e alta pressão e zonas de convergências atuantes sobre o nosso estado.

Com a análise de Rambo (1950) foi possível o entendimento do conceito da “Porta de Torres”, que traz informações sobre a introdução de espécies vegetais ao nordeste gaúcho que é determinada por fatores

ambientais como vento, solo e pluviosidade. O mapeamento do sistema lagunar da região litorânea, consequência de processos transgressivos sucessivos e movimentos nos níveis oceânicos, durante ciclos geológicos realizados por Verdum, Basso e Suertegaray (2004), identificaram processos gravitacionais e eólicos que favoreceram as formações dos leques aluviais e sistemas lagunares, como lagoas isoladas e as lagoas dos Patos e Mirim.

Documentos elaborados pelo governo estadual e nacional descrevem a região como um polo promissor de ampliação de plantas de aerogeradores, confirmados por dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica) que representa toda a cadeia produtiva, sendo referencial tanto para interessados nacionais e internacionais do setor.

Capítulo 4 – Resultados e Discussões

Desde a instalação dos primeiros aerogeradores no Rio Grande do Sul, especificamente do município de Osório, o estado se consolida como um dos maiores fornecedores de energia eólica do país e América Latina. Logicamente a curva de produção de energia gerada no estado é proporcional ao volume de investimentos em toda a cadeia de produção do setor. O aumento dos investimentos em pesquisas eleva o desempenho dos equipamentos fabricados, possibilitando a viabilidade de ampliação de novos parques.

O interesse do setor privado, favorecido pela relação de cooperação com o setor público, oferece incentivos fiscais e de infraestrutura, além da prospecção de áreas com potenciais significativos. Outro fator importante é a distribuição de energia à rede, através das linhas de transmissão pelo serviço público de transmissão de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional (SIN), geridas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

O Rio Grande do Sul foi um dos pioneiros em investimentos neste setor e atualmente ocupa a quarta posição no ranking nacional na capacidade de geração de energia elétrica pela força dos ventos, contando com 1,82 GW gerados, distribuídos em 80 parques eólicos, três parques em construção sendo plantas em terra (onshore), áreas alagadas (nearshore) e submersas (offshore), além de ser avaliado como um dos locais de maior potencial de geração de energia eólica no país.

Utilizando o conceito de geodiversidade foi possível evidenciar o conjunto de elementos abióticos que de alguma forma, permitem que a biodiversidade se manifeste, criando um ambiente extremamente favorável para a instalações de empreendimentos eólicos na região. Devido a localização geográfica e convergências de sistemas frontais constantes com elevadas médias anuais de velocidade do regime de ventos e comparados com as demais regiões com potenciais exploratórios, podemos afirmar a vocação do estado gaúcho para a utilização das forças dos ventos na geração de energia elétrica.

A planície costeira do Rio Grande do Sul apresenta características

únicas, identificadas durante as pesquisas para elaboração deste trabalho, onde o alinhamento dos derrames basálticos de serra geral direciona os fluxos de massas de ar, conforme estudos de Tomazelli, criando uma espécie de corredor dos ventos com alternância de sentido sazonalmente. Aliados a isso, um tipo de relevo de baixa rugosidade que amplia a capacidade de aproveitamento dos ventos e potencial eólico da região.

Possivelmente a primeira análise dos elementos da geodiversidade prioriza o valor econômico, visto a exigência energética necessária para o desenvolvimento da região. Entretanto, um olhar mais atento inclui valores intrínsecos, culturais, estéticos, funcionais, científicos e didáticos, além do real ganho energético e participação na matriz energética estadual.

O valor funcional é atribuído de acordo com a capacidade que o elemento natural tem na contribuição do bem-estar humano (MOCHIUTTI et al, 2011), quanto o ambiente através de suas características de geodiversidade pode ser explorado e aproveitado de melhor forma.

Apagões energéticos, principalmente em alta temporada de verão, não são incomuns, devido ao consumo excessivo de energia, porém essa situação é visivelmente controlada com a produção distribuída na rede, pelos parques eólicos.

O potencial eólico do litoral norte gaúcho é devido a confluência de fatores, físico climáticos, que não são imunes as alterações climáticas já em curso. As células de alta e baixa pressão são responsáveis pelo fluxo constante de massas em circulação, principalmente, sobre a planície costeira, porém esta dinâmica não pode ser comprometida. Alterações nas temperaturas, podem interferir na regularidade das formações de frentes e velocidade dos ventos. Conforme estudos de Tomazelli (1993), as médias apresentam alternância de intensidade, principalmente, relacionadas as temperaturas, fluxos e influências das massas de ar que atingem a região sul do país.

Atualmente, a participação do estado no percentual de energia eólica produzida é sempre muito significativa, conforme dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). O Rio Grande do Sul está sempre entre os maiores produtores energéticos, desde o início da série estatística. Os estados com maiores relevâncias em produção, são Rio Grande do Norte,

Bahia, Piauí, Ceará, Pernambuco, Maranhão, Paraíba, Sergipe, Santa Catarina, Rio De Janeiro e Paraná.

No ano de 2021, os cinco estados com maior geração foram, Rio Grande do Norte (21,23 TWh), Bahia (21,15 TWh), Piauí (9,10 TWh), Ceará (7,91 TWh) e Rio Grande do Sul (5,63 TWh), (ABEEólica, 2021). Existem editais de leilões para áreas destinadas a instalações de aerogeradores, em locais alagados ou submersos, como exemplo a Lagoa dos Patos e sítios localizados na plataforma continental nos municípios de Tramandaí, Torres, Xangri-lá e Palmares do Sul, com perspectivas de geração de 33,9 GW e 80,3 GW, segundo a estimativas do Atlas Eólico do Rio Grande Do Sul, edição 2014.

Média Anual Ventos e estimativa de energia gerada, comparativo 2019 e 2019

Ano 2018	Velocidade Média Vento(m/s)	Média Temperatura (C°)	Média Energia Gerada (MWmed)	Média Eficiência
Janeiro	7,29	23,9	490,5	37,1%
Fevereiro	6,59	23,3	359	30,0%
Março	6,24	21,9	349,6	26,4%
Abril	6,03	22,8	312,9	24,4%
Mai	6,69	18,0	443,5	33,5%
Junho	6,46	12,7	417	32,6%
Julho	7,20	13,1	527,3	39,9%
Agosto	7,49	13,2	544,4	41,2%
Setembro	7,90	17,2	556	43,4%
Outubro	7,20	17,6	504,5	38,1%
Novembro	7,90	20,8	578,1	45,2%
Dezembro	7,22	21,7	472,5	35,7%

Médias

Totais **7,20** **19,40** **481,50** **36,4%**

Ano 2019	Velocidade Média Vento(m/s)	Média Temperatura (C°)	Média Energia Gerada (MWmed)	Média Eficiência
Janeiro	7,14	24,4	611	34,4%
Fevereiro	6,26	23,8	386	21,7%
Março	7,33	22,0	561,1	31,6%
Abril	6,38	20,7	471,6	26,5%

Maio	6,39	18,3	519,5	29,2%
Junho	6,70	17,6	580,4	32,6%
Julho	7,04	13,1	658,3	37,0%
Agosto	7,12	13,6	669	37,6%
Setembro	6,96	14,9	633,5	35,6%
Outubro	7,68	18,5	701,5	39,5%
Novembro	7,56	21,0	744,4	41,9%
Dezembro	7,19	22,5	644	36,2%

Médias

Totais **7,08** **19,58** **622,25** **35,0%**

FONTE: SISTEMA AMA / EPE- CCEE/ABEEólica 2018 2019

Se faz necessário o cumprimento de algumas normativas em âmbito municipal, estadual e federal, para licenciamento de localização, instalação, ampliação, modificação e operação. Em nível federal, os Ministérios do Meio Ambiente (MMA), têm responsabilidade de gestão do IBAMA, em unidades de conservação (UC) federal, contando com significativa participação do Instituto Chico Mendes De Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Em âmbito estadual, o controle regulatório está a cargo da Secretaria de do Meio Ambiente (SEMA), gerenciados pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM). A abrangência de legislação federal, segundo lei n° 12,651 de 25 de maio de 2012, dispõe sobre a proteção vegetal nativa e delimita critérios básicos e diretrizes sobre impactos ambientais. Para controle de unidades de preservação, a resolução de n° 428 de 17 de dezembro de 2010, dispõe quanto a autorização e licenciamento, incluindo lei estadual de n° 9,519 de janeiro de 1992, ligados ao código estadual florestal, e lei n° 11,520 de 3 de agosto de 2000, que institui o código estadual de meio ambiente.

Desde 2001, especificamente, quanto a infraestrutura elétrica, a resolução de n° 462 de 24 de julho de 2014, têm por responsabilidade a fiscalização e procedimentos para licenciamentos ambientais, junto a empreendimentos de geração de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul, sob gestão do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Entre suas atribuições está a fiscalização do Relatório Ambiental Simplificado (RAS), com análises dos possíveis impactos ambientais, elaborados pelos interessados. Esta exigência busca identificar as condições de viabilidade

ambiental nos locais explorados.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC) supervisionam locais de unidades de proteção integral (UPIs) e unidades de uso sustentável (UUSs), incluindo regras para limitação de terras de povos originários, quilombolas e assentamentos rurais.

Os possíveis impactos analisados em estudos anteriores são, principalmente, em âmbito municipal como em áreas de proteção ambiental do Morro de Osório, que sobre lei municipal nº 2,665/94 de 27 de setembro de 1994, analisa empreendimentos eólicos e linhas de transmissão.

Estudos elaborados por Ruppenthal e Schumacher (2017) ampliam a discussão sobre uso de áreas de Floresta Ombrófila Densa e Floresta Estacional Semidecidual, remanescentes do bioma mata atlântica no município de Osório. O estudo inclui aspectos relacionados às populações atingidas, alertando, em detalhes, sobre a falta de informações disponíveis e a fragilidade de fiscalização e estudos detalhados sobre biodiversidade e quantidade de famílias e propriedades afetadas.

As estruturas das torres de sustentação dos aerogeradores ocupam um raio aproximado de 9 metros, base de concreto de aproximadamente 4 metros, fixação estrutural de 39 estacas com 11 metros de comprimento e 70 centímetros de diâmetro. No modelo estudado, conforme projetos de engenharia, as estruturas atingiriam mais de 15 metros de profundidade e 18 metros de extensão, somente de fundação. Em diversos casos, é possível ultrapassar limites de lençóis freáticos, interferindo em possíveis cursos d'água, arroios e áreas de banhado.

Em estudos internacionais foram verificadas alterações de temperaturas do solo entre -0,4°C e 1,5°C com possibilidade de interferência na produção agrícola e comunidades próximas (BIDYA, 2011; MOSKVITCH, 2010; INMAN, 2011). Alguns impactos mais diretos são relacionados a rugosidade do terreno que devem ser livres de obstáculos, incentivando assim somente atividades específicas compatíveis com o ambiente,

A fauna tem papel importante quando pensamos em estudos ambientais, conforme Sovernigo (2009). Os parques de Osório estão localizados em corredores de aves nativas e migratórias, em áreas úmidas de

cultivo de arroz e formações arbóreas. Diante das estimativas de Weiss (2014), 45% das espécies identificadas na região, tem alturas de voo que coincidem com as pás das hélices dos aerogeradores, exigindo respeito ao limite dos corredores migratórios a serem considerados em projetos deste porte

A análise de impactos deve limitar valores de ruídos, pois acima de 65dB podem comprometer o sistema auditivo. Entretanto, estudos apontam que ruídos superiores a 30dB podem afetar o ouvido humano, mesmo que inconscientemente. Em alguns países como Alemanha, existem legislações específicas quanto a níveis de ruídos, indicando distância ideal de convívio humano, porém não existem registros de estudos na interferência de ondas sonoras em espécies como morcegos ou abelhas.

Em relação a percepção de paisagem, os moradores das imediações dos parques eólicos são os mais atingidos, apesar de, em geral, os aerogeradores serem distribuídos em locais planos. Muitos estudos indicam que a avaliação dos impactos no ambiente, muitas vezes são ignoradas, pois os ganhos financeiros são compensatórios, na opinião geral da comunidade. De acordo com relatos existem benefícios com a criação de pontos de paradas, para viajantes e turistas, que visitam as estruturas como forma de curiosidade, além da criação de um conceito de prosperidade e desenvolvimento da região, por exemplo as plantas de Osório e Xangri-lá, muito visitados nos meses de veraneio.

Os impactos socioeconômicos, conforme Bier (2016), para uma parcela significativa das populações vizinhas aos parques são favoráveis, sobretudo, por melhorias de infraestrutura como, estradas e dividendos pela exploração em suas propriedades e a geração de energia (Figura 25). Conforme quadro, não se identifica unanimidade entre moradores, empreendedores e comunidade, quando analisamos as expectativas quanto as compensações indenizatórias, arrecadação de impostos (ICMS e durante as obras o ISS), aumento da renda e aumento da circulação de valores que favorecem a economia local.

Opinião moradores comunidades município de Osório, sobre parques eólicos da região.

	Favoráveis	Contrários	Ponderados	Indiferentes
Produtores Rurais	44,4	33,3	22,2	11,1
Empreendedores	71,4	14,3	14,3	0
Institucionais	70	0	30	0
Moradores	45,5	13,6	22,7	0
Arrendatários	90	10	0	0
Turistas	69,2	7,7	7,7	7,7

Fonte: Adaptado Bier, 2016. Opinião sobre energia eólica (%), município de Osório.

Produtores rurais enfatizam que são necessárias revisões nos valores repassados e que inclusive existem casos de contestações judiciais, pois as comparações de lucros de atividades agrícolas, em determinados períodos, poderiam render valores superiores, visto que os repasses são percentuais da energia efetiva gerada (Tendero, 2013).

No ano de 2022 tem início a ampliação de parques eólicos sobre águas internas (nearshore) e águas marinhas (offshore), através da aprovação do Projeto de Lei (PL) nº 576, de 2021 que oficializa o lançamento de leilões para ampliação de áreas de exploração de energia eólica no Brasil. No litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, existem áreas prospectadas desde 2018, que serão inclusas à matriz energética estadual e nacional. Os primeiros parques a serem instalados sobre águas marinhas são na região de costa dos municípios de Osório, Tramandaí, Palmares do Sul, Cidreira, Xangri-lá e Torres, além de pontos sobre a Lagoa dos Patos e Mirim, todos em fase de liberação de licenciamento.

Este estudo busca contribuir com informações às pesquisas já realizadas, quanto a análise dos possíveis impactos ambientais, visto que pesquisas autônomas são escassas e a maior parte dos documentos específicos sobre o tema podem ser consideradas como um apanhado de resultados das experiências de países europeus que utilizam esta tecnologia há muito mais tempo.

“Conforme o Decreto nº 8.437/15, que regulamenta a LC 140/11, é o órgão competente para o licenciamento ambiental de CEOs. rt. 3º (...) serão licenciados pelo órgão ambiental federal competente os seguinte empreendimento ou atividades: II - sistemas de geração e transmissão de energia elétrica, quais sejam: c) usinas eólicas, no caso de empreendimentos e atividades offshore e zona de transição terra-mar”. Arcabouço Legal: IBAMA, Licenciamento Ambiental Federal de Complexos Eólicos Offshore

Os últimos resultados de pesquisas pelo IBAMA, publicados no início do ano 2022, são baseados em experiências de países como Alemanha, Bélgica, Dinamarca, Espanha, França e Portugal. Cada país apresentou suas legislações específicas para regiões e limítrofes, devido suas particularidades geográficas. A discussão sobre o tema de parques eólicos offshore é relativamente nova no país, exigindo assim, cautela nos processos de licenciamento ambiental no setor.

O Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente elaborou um Termo de Referência (TR), com objetivo de criar diretrizes e critérios técnicos mínimos, onde exigem informações do histórico do empreendedor no ramo de atividade e um estudo de viabilidade das áreas em análise sobre questões ambientais. No documento TR deverá constar informações detalhadas do meio físico como, processos erosivos das fundações, circulação de embarcações e correntes oceânicas, exigindo planos emergenciais de manutenção de qualidade das águas, além de efeitos gerados por ruídos, vibrações e tensões nas estruturas.

O meio biótico tem bastante relevância quanto a necessidade de proteção de ciclos transitórios de espécies de peixes e mamíferos marinhos de hábitos costeiros, migratórios, endêmicas e ameaçadas de extinção devido aos diferentes tipos de ruídos subaquáticos gerados e ao risco de colisão com as embarcações. A possibilidade de incidentes sucessivo pode causar a longo prazo desvios de espécies que passariam a evitar a área do parque eólico. A exemplo são os ciclos migratórios de baleias franca que utilizam a costa sul no período de inverno e primavera para acasalar, parir e amamentar os seus filhotes.

A biota terrestre e as aves podem sofrer impactos, pois seus movimentos migratórios utilizam o litoral gaúcho como ponto de paradas de espécies como: Vira-Pedra (*Arenaria interpres*), Piru-Piru (*Haematopus palliatus*), Maçarico-Branco (*Calidris alba*) e o Maçarico-Acanelado (*Calidris*

subruficollis), bandos estimados de mais de 5mil aves podendo viajar mais de 5400 km todos os anos.

“Em todo o Atlântico Sul Ocidental, o Rio Grande do Sul tem a maior concentração de espécies de baleias e golfinhos, desde a linha do Equador até a Antártica. Temos cerca de 80% das espécies que ocorrem na costa brasileira”, Biólogo Doutor Maurício (Tavares, 2015)

Outras espécies que frequentam nosso litoral são o Leão-marinho-do-sul (*Otaria flavescens*) e os pinguins-de-Magalhães (*Spheniscus magellanicus*), que cruzam nosso litoral em busca de abrigo e proteção. Já em habitats submersos e comunidades bentônicas, localizadas em ambientes sensíveis ou incomuns, estão mais vulneráveis aos impactos. Conforme publicação do “Projeto Avaliação de Impacto Ambiental de Complexos Eólicos Offshore” sob supervisão do IBAMA (2022), a relação dos impactos ao ambiente ainda em processos de avaliação, apresenta resultados preliminares que comprovam a necessidade de cautela nos processos de licenciamento (Figura 26).

IMPACTOS	POSSÍVEIS PRINCIPAIS IMPACTOS
Positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Estímulo da produção renovável offshore na qualidade do ar e nas alterações climáticas; - Presença das componentes marítimas pode provocar um efeito de recife artificial, na área da Central Eólica, aumentando a disponibilidade de alimento, e, conseqüentemente, aproximação à área do projeto.
Negativos	<ul style="list-style-type: none"> - Possível destruição do patrimônio subaquático presente na área, caso ocorra; - Criação de depressões em consequência da remoção das âncoras, na fase de desativação, originando situações de desequilíbrio no fundo marinho; - Ocorrência de eventuais derrames de substâncias perigosas como óleo ou combustível, originando degradação da qualidade da água; - Perturbação do fundo marinho, originando remoção, destruição ou perturbação das espécies, bem como degradação da qualidade da água (aumento da turbidez e de nutrientes); - Aumento dos níveis de ruído e dos campos eletromagnéticos, originando perturbação nas espécies da fauna; - Risco de colisão da avifauna e dos cetáceos, originando perturbação das espécies; - Criação de efeito de barreira, para as aves, originando a alteração da rota de voo ou desconexão entre unidades ecológicas como, por exemplo, áreas de reprodução, alimentação ou repouso; - Interdição temporária de navegação e de pesca nas áreas da instalação; - Condicionamento à pesca de arrasto; - Interdição da prospecção de petróleo na área e respectiva zona de proteção.

Figura 26 – Comparativo Impactos Parques Eólicos – Fonte: Adaptado - Complexos Eólicos Offshore - Estudo Avaliação de Impactos - 2022

O período destinado aos processos de elaboração dos estudos exigidos no “Termo de Referência” (TR), de responsabilidade das empresas, deve ser rigoroso incluindo a realização de programas de monitoramento contínuos para verificar a ocorrência de impactos na região de implantação dos parques eólicos marítimos. Estudos prévios são essenciais e servem de ponto de partida para conhecer o estado atual da região, além da manutenção de processos de fiscalização e monitoramento na gestão de resíduos que impactam na vida marinha, aves e sociedade.

Por fim, foi avaliado que a geração de energia eólica não emite gás carbônico (CO₂) em sua operação, substituindo, portanto, outras fontes de geração de energia elétrica com emissão. O total de emissões evitadas em 2021 foi de 34,4 milhões de toneladas de CO₂, o equivalente a emissão anual de cerca de 34 milhões de automóveis de passeio (ABEEólica, 2021), evitando emissões de gases de efeito estufa valoradas entre R\$ 60 e 70 bilhões.

Considerações Finais

A principal motivação da pesquisa para elaboração deste trabalho foi interpretar o processo de geração de energia eólica, especificamente, no litoral norte do Rio Grande do Sul. Utilizando o conhecimento adquirido no curso de geografia, foi possível analisar a geodiversidade de região, identificando as características físico ambientais que tornaram o litoral gaúcho como uma das áreas de maior potencial exploratório de energia eólica nacional.

A localização dos parques, principalmente, no município de Osório, sempre despertou meu interesse. Tive oportunidade de acompanhar as mudanças, sobretudo de paisagem e assim, a escolha por este tema foi natural, e o olhar geográfico por mim desenvolvido foi essencial para associações entre conhecimento teórico e os processos evolutivos no ambiente.

Foi possível concluir o quanto a faixa litorânea norte do estado gaúcho dispõe de condições altamente favoráveis para empreendimentos eólicos através de investidores nacionais e sobretudo internacionais.

Estão previstos para os municípios de Osório, Parque Águas Claras, 200 aerogeradores, Ventos do Sul 482 aerogeradores. Em Tramandaí Offshore, seriam 52 aerogeradores, Ventos Litorâneos, 83 aerogeradores e parque Bravo Vento, 77 aerogeradores, no município de Torres, parque Guarita Offshore ,112 aerogeradores.

O argumento principal de necessidade da expansão da rede é pela demanda crescente de energia e o crescimento econômico, porém, não podemos desconsiderar totalmente inúmeros documentos, inclusive de instâncias governamentais como Ibama, ICMBio, MMA, sobre a prioridade de proteção e conservação de áreas e manutenção de geoparques, com potencial energético inestimável.

O diferencial de impacto causado pelo processo eólico de geração de energia, serve de incentivo para investimentos neste setor, apesar de não ser uma “energia totalmente limpa”, entretanto podemos avaliar neste trabalho, que a matriz energética eólica tem menor impacto em comparação à outras fontes. O crescente desenvolvimento tecnológico do setor tem aumentado cada

vez mais a eficiência dos equipamentos, além do aumento de vida útil dos aerogeradores instalados.

Os impactos vão além do ambiente, paisagem, fauna e flora terrestre e marinha, dos locais de funcionamento das plantas eólicas, pois os processos de produção dependem de matérias primas que podem causar consequências maiores ao ambiente. Assim, a avaliação da geodiversidade deve ampliar a margem de estudo para além das regiões onde serão instalados os parques, bem como o ambiente, a natureza, fatores antrópicos e os custos de fabricação que estão interligados. As indústrias que desenvolvem a tecnologia devem ser comprometidas em diminuir a pegada de carbono desde a produção e não somente, nos resultados efetivos de geração de energia ao redor do globo.

A interferência antrópica, nos ciclos climáticos, alcançou níveis extremos e as alterações são sentidas em diversas regiões. O desequilíbrio na dinâmica climática pode comprometer toda a cadeia produtiva, pois de nada adiantaria investimentos e instalações de equipamentos em locais com potencial energético altíssimo como a costa norte do Rio Grande Do Sul.

Diante disso, é importante e urgente, a busca de alternativas no sentido de mitigar a interferência antrópica nos ciclos naturais de movimentações de massas, priorizando a manutenção de geopatrimônios, identificados nesta pesquisa, sob pena de a longo prazo que os aspectos diferenciais da planície costeira gaúcha sejam invalidados como recurso renovável de geração de energia.

REFERÊNCIAS

Ab'saber, A. N.; **Regiões de Circundesnudação pós-cretácea, no Planalto Brasileiro.** Boletim Paulista de Geografia, n. 1, p. 3-21, 1949.

_____. O relevo brasileiro e seus problemas. In: O Brasil: a terra e o homem. V. 1, cap.III, Cia. Editora Nacional, São Paulo, 1964.

_____. Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na Compartimentação do Planalto Brasileiro. Tese de livre-docência, Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo, 1965.

Almeida, F. F. M. **Origem e evolução da Plataforma Brasileira.** Boletim da Divisão de Geologia e Mineralogia, n. 241, p. 1-36, Rio de Janeiro, 1967.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil.** 3.ed. Brasília: Aneel. 2008. 236p. Gannoum, Elbia: Presidente Executiva Associação Brasileira de Energia Eólica Disponível em: http://www.aneel.gov.br/visualizar_texto.cfm?idtxt=1689. Acesso em: Abr.2015.

ABEEólica - **Associação Brasileira De Energia Eólica E Novas Tecnologias** Gráfico 1 boletim anual 2021 Disponível em: <https://abeeolica.org.br/>. Acesso em: out. 2022.

Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul - **Um Atlas para pensar e entender o Rio Grande.**

Atlas socioeconômico RS ISBN: 978-65-87878-00-3 Edição: 5ª ed. Data de atualização: Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em: out. 2022.

Barbosa, K.V.C.; Develey, P.F.; Ribeiro, M.C.; Jahn, A.E.; **The contribution of citizen science to research on migratory and urban birds in Brazil.** *Ornithology Research*, v. 29, n. 1, p. 1-11, 2021.

Bonilha, C. L.; **Campos da planície costeira: avaliação da estrutura e atributos funcionais em áreas com diferentes históricos e distúrbio.** 2013.

Chebataroff, J. **Regiones naturales del Rio Grande del Sur y del Uruguay.** Revista Uruguaya de Geografia, n. 05, Publicación da Asociacion de Geografos del Uruguay, p. 5-40, abr.1951.

Dantas M.E., Armesto R.C.G., Silva C.R., Shinzato E. **Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica.** *Terra e Didática.* Disponível em: <http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica>, Acesso em: Abr.2013.

ELETROBRAS. **Relatório Anual Eletrobras**, 2016. Disponível em: <http://eletrobras.com/pt/SobreaEletrobras/Relatorio_Anual_Sustentabilidade/2016/Relatorio-Anual-Eletrobras-2016.pdf>. Acesso em out. 2017.

FEPAM - **Mapa da proposta de Macrozoneamento Costeiro** - Litoral Norte. Disponível <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/pag25.html>. Acesso em: out. 2022.

FEPAM - Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente. **Edição das Diretrizes Ambientais para o Desenvolvimento dos Municípios do Litoral Norte do Rio Grande do Sul Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SEMA)**. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas/zee/>. Acesso em: out. 2022.

Fragoso-Cesar, A. R. S.; Wernick, E.; Soliani, Jr. E. **Associação Petrotectônicas do Cinturão Dom Feliciano (SE da Plataforma Sul-Americana)**. Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, p. 1-12, Salvador, 1982.

_____. Evolução Geotectônica do Cinturão Dom Feliciano – Uma contribuição através da aplicação do modelo de tectônica de Placas.

Anais do XXXII Congresso Brasileiro de Geologia, v. 1, p.13-23, Salvador, 1982.

Fujimoto, N. V. M. et al.; **Litoral norte do estado do Rio Grande do Sul: indicadores socioeconômicos e principais problemas ambientais**. Desenvolvimento e Meio ambientes, v. 13, 2006.

Gannoum, E.S. **O Desenvolvimento da Indústria de Energia Eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade**. Cadernos Adenauer XV (2014) nº3. Eficiência energética Rio de Janeiro: Fundação Konrad Adenauer, janeiro 2015.

Gonçalves, L. G.; Quintela, F. M.; De Freitas, T. R.O.; **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. ONG Mamíferos RS. Pacartes, p. 212, 2014.

Honda South América - **O caminho do vento**. Disponível em: <https://www.honda.com.br/institucional/honda-energy>. Acesso em: out. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados população e Censo IBGE/2008 e IBGE/2010 (Censo IBGE/2010)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: out. 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas geográfico das zonas costeiras e oceânicas do Brasil**. Diretoria de Geociências. - Rio de Janeiro: IBGE, 2011Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/pt/inicio.html>. Acesso em: out. 2022.

INVESTRS- **Indicadores Econômicos Fundação de Economia e Estatística**. Disponível em: <https://investrs.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: out. 2022.

IZAIAS, E. **Audiência Pública tratará sobre Linhas de Transmissão da Eletrobras na APA**. Osório, 02 jun. 2016. Disponível em: <http://www.osorio.rs.gov.br/site/noticia/visualizar/idDep/78/id/4531/?Audencia-Publica-tratará-sobre-Linhas-de-Transmissao-da-Eletobras-na-APA.html>>. Acesso em out. 2017.

Licenciamento na marra não passou na APA do Banhado Grande. 04 jun. 2016. Disponível em: <http://ong.portoweb.com.br/curicaca/default.php?reg=361&p_secao=62>. Acesso em out. 2017.

Marques, A. A. B. Et Al. **Lista de Referência da Fauna Ameaçada de Extinção no Rio Grande do Sul**. Decreto no 41.672, de 11 junho de 2002.Publicações Avulsas FZB, 2011. p. 52. Porto Alegre: FZB/MCT–PUCRS/PANGEA, 2002.

Martin, L.; Mörner, N.; Flexor, J.; Suguio, K.; **Publicação Especial da Comissão Técnico-Científica do Quaternário**. *Publicação Especial da Comissão Técnico-Científica do Quaternário*, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 154, São Paulo,1982.

Meira, S. A; Morais, J. O.; **Os Conceitos De Geodiversidade, Patrimônio Geológico E Geoconservação: Abordagens Sobre O Papel Da Geografia No Estudo Da Temática**. Bol. geogr., Maringá, v. 34, n. 3, p. 129-147, 2016.

Menegat, R.; Fernandes, L. A. D.; Koester, E.; Scherer, C. M. S. **Porto Alegre antes do homem: evolução geológica**. In: *Atlas Ambiental de Porto Alegre*. Editora da Universidade, p. 11-14, Porto Alegre, 1989.

Moraes, A.C. R.; **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil: elementos para uma geografia do litoral brasileiro**. São Paulo: Annablume, 2007

Müller Filho, I. L.; **Notas para o estudo da Geomorfologia do Estado do Rio Grande do Sul. Brasil**. Departamento de Geociências, UFSM, Publicação Especial n. 1, Santa Maria, 1970.

Museu de Solos do Rio Grande do Sul (MSRS) - **Classificação dos solos Rio Grande do Sul (SiBCS): Neossolo Quartzarênico Órtico típico.** MSRS Museu de Solos do Rio Grande do Sul Disponível em: <https://www.ufsm.br/museus/msrs/unidade-de-solos/>. Acesso out. 2022.

Novaes, W. **Que se fará com o lixo nuclear?** São Leopoldo, 13 jan. 2014. Entrevista concedida ao IHU On-line. Disponível em: [http://www.ihu.unisinos.br/170-noticias/noticias-2014/527149-que-se-fara-com-o-lixo-nuclear->](http://www.ihu.unisinos.br/170-noticias/noticias-2014/527149-que-se-fara-com-o-lixo-nuclear-). Acesso em out. 2017.

NUNES, J. **Instalação de rede de energia no Morro Ferrabraz gera polêmica. Traçado previsto para linhas de alta tensão é questionado pela comunidade.** Jornal NH, Novo Hamburgo, 08 dez. 2015. Disponível em: http://www.jornalnh.com.br/_conteudo/2015/12/noticias/regiao/249631-instalacao-de-rede-de-energia-no-morro-ferrabraz-gera-polemica.html>. Acesso em out. 2017.

Rambo, B.; **A porta de Torres.** Anais Botânicos do Herbário Barbosa Rodrigues, v. 2, n. 2, p. 125-136, 1950.

Reichert, J. M.; et al.; **Fundamentos da Ciência do Solo.** Santa Maria: Departamento de Solos-UFSM, 2007.

"Ross, J. L. S. **Relevo brasileiro: Uma Nova Proposta de Classificação.**" ("www.revistas.usp.br") *Revista do Departamento de Geografia*, n. 4, p., 25-39, São Paulo, 1985.

Ruppenthal, E. L.; Fermino, F. S.; **Impactos socioambientais de projetos de linhas de transmissão de energia sobre a Área de Proteção Ambiental Morro de Osório/RS.** ("Estudos – Fórum da APA Morro de Osório - UFRGS") *Conjecturas*, v. 22, n. 12, p. 640-654, 2022

Salgado-Labouriau, M. L. **História ecológica da terra.** São Paulo: Editora Edgard. Editora Blücher, 1994.

Scopel, I. **Características físicas de solos da região litoral norte do Rio Grande do Sul.** UFRGS, 1977.

SEMA – Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura, **Atlas Eólico do RS.** Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/atlas-eolico-do-rs>. Acesso em: nov. 2022.

"Strohaecker, T.M. **Trajatória do Planejamento Territorial No Litoral Norte do Rio Grande do Sul.**" ("Trajetória Do Planejamento Territorial No Litoral Norte do Rio Grande ...") **Boletim Geográfico Do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, N. 27, P. 68-93, Mar. 2016.

Strohaecker, T.M.; **A urbanização no Litoral Norte do estado do Rio Grande do Sul: contribuição para a gestão urbana ambiental do município de Capão da Canoa.** Porto Alegre 2007.

Suertegaray, D. M. A. **Rio Grande do Sul: Morfogênese da Paisagem Questões para a Sala de Aula.** Boletim Gaúcho de Geografia, n. 21, p.117-132 Porto Alegre, 1996.

Suertegaray, D. M. A. **Geografia, Ambiente e Território.** Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 17, n. 3, p. 128-144, dez. 2015.

Teixeira, W. C.; Barra, M. M.;**Energia Eólica: Panorama Atual E Perspectivas Futuras; Centro Universitário Academia** – Uniacademia - Caderno de Estudos em EngenhariaElétrica, v. 4, n. 1, 2022.

Tendero, S; **Parques Eólicos e Impactos Socioeconômicos e Ambientais Na Percepção de Agricultores em Osório-RS,** Monografia. (Superior de Tecnologia em Desenvolvimento Rural - PLAGEDER) Faculdade de ciências Econômicas da UFRGS-Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013.

Tomazelli, L. J.; Villwock, J. A.; Loss, E. L. **Roteiro geológico da planície costeira do Rio Grande do Sul.** I Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Publicação Especial 2, Porto Alegre, 1987.

Verdum, R.; **Perceber e Conceber Paisagem.** In: VERDUM, R. et al (Orgs) Paisagem:129 leituras, significados e transformações. Porto Alegre. Ed. da UFRGS,p. 15 – 22, 2012.

_____ et al. **Percepção da Paisagem na Instalação de Aerogeradores no Rio Grande do Sul.** In: VERDUM, R. et al (Orgs) Paisagem: leituras, significados e transformações. Porto Alegre. Ed. da UFRGS, p. 73 – 86, 2012.

Villwock, J. A. E Tomazelli, L. J. **Geologia costeira do Rio Grande do Sul.** Notas técnicas, n. 8, Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre, 1995.

_____. O relevo brasileiro e seus problemas. In: O Brasil: a terra e o homem. V. 1, cap. III, Cia. Editora Nacional, São Paulo, 1964.

_____. Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na Compartimentação do Planalto Brasileiro. Tese de livre-docência, Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo, 1965.

_____. Diferenciação Tectônica da Plataforma Brasileira. Anais do XXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador, p. 29-46, 1969.

Villwock, J. A. **Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, Southern Brasil a Synthesis**. Pesquisa, n. 6, Instituto de Geociências da UFRGS, p. 5-59, Porto Alegre, 1984.