



UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

GLEICY DE JESUS MATOS ABREU

AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA IMPLANTAÇÃO
DO COMPLEXO EÓLICO DELTA 3 - MARANHÃO

Chapadinha - MA

2023

GLEICY DE JESUS MATOS ABREU

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA IMPLANTAÇÃO
DO COMPLEXO EÓLICO DELTA 3 - MARANHÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à coordenação de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Orientadora: Dra. Kamilla Andrade de Oliveira Emiliano

Coorientadora: Dra. Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos

Chapadinha – MA

2023

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

DE JESUS MATOS ABREU, GLEICY.
AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA
IMPLANTAÇÃO DO COMPLEXO EÓLICO DELTA 3 - MARANHÃO / GLEICY
DE JESUS MATOS ABREU. - 2023.
103 p.

Coorientador(a): RAISSA RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA
MATOS.

Orientador(a): KAMILLA ANDRADE DE OLIVEIRA EMILIANO.
Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do
Maranhão, CHAPADINHA, 2023.

1. Biodiversidade. 2. Compartimento ambiental. 3.
Conservação da natureza. 4. Energia sustentável. 5.
Espécies ameaçadas. I. ANDRADE DE OLIVEIRA EMILIANO,
KAMILLA. II. RACHEL SALUSTRIANO DA SILVA MATOS, RAISSA.
III. Título.

GLEICY DE JESUS MATOS ABREU

**AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELA IMPLANTAÇÃO
DO COMPLEXO EÓLICO DELTA 3 - MARANHÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a coordenação do curso de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal do Maranhão como requisito indispensável para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola.

Nota: _____

Defendido e aprovado em: _____ de _____ de _____,
pela comissão examinadora constituída pelos professores:

Kamilla Andrade de Oliveria Emiliano (Orientadora)

Pós-Doutorado em Ciências Florestais pela Universidade Federal de Viçosa (UFV)

Professora Adjunta do curso de Engenharia Agrícola (CCCh/UFMA)

Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos (Co-orientadora)

Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB)

Professora Adjunta do curso de Agronomia (CCCh/UFMA)

Marcus Willame Lopes Carvalho (Avaliador)

Doutorado em Agronomia pela Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Professor Adjunto do curso de Engenharia Agrícola (CCCh/UFMA)

Janice Ferreira do Nascimento (Avaliadora)

Doutorado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA)

Professora Adjunta do Instituto Federal de Rondônia (IFRO)

DEDICATÓRIA

Dedico primeiramente a Deus essa grandiosa vitória, aos meus avós Maria Helena Ferreira Matos e José Raimundo Batista Matos, ao meu pai Antônio Santana Santos *in memoriam*, a minha mãe Maria de Jesus Ferreira Matos e a minha melhor amiga Kamilla Andrade, responsáveis ajudarem em minha criação, por me apoiar e incentivar na luta por meus sonhos, e principalmente moldarem o meu caráter.

AGRADECIMENTOS

À Deus por tudo, ao Senhor toda a honra e Glória para todo sempre.

À minha família, obrigada a minha mãe Maria de Jesus, por se dedicar todos os dias para meu futuro, aos meus irmãos Gleydson, Amanda, Fabiana e Débora, pelo apoio e incentivo e amor, ao meu pai Antônio Santana (Tote) *in memoriam*, por se orgulhar e nos proteger estando contente com nossas vitórias, vocês foram fundamentais para essa realização, a vocês minha eterna gratidão.

Ao meu irmão Gleydson Matos, por todo amor, parceria, respeito, por ser minha referência de força e determinação, por me apoiar e incentivar.

À minha irmã Amanda Gessy, a minha princesa abençoada por Deus, obrigada por todo amor, companheirismo, pelo apoio incondicional.

À minha irmã Fabiana, minha amiga incondicional, parceira, abençoada por Deus, obrigada por todo amor, companheirismo e principalmente por me inspirar.

À minha irmã Débora Alcione, por todo amor, carinho, dedicação e companheirismo.

À Victor Luís, meu sobrinho amado, por trazer amor para a minha vida e por me ensinar a ver a vida com mais leveza, sorrisos e alegrias.

À minha tia Ana Maria Marques da Silva, por me amar como uma filha, por cuidar de mim em todos os momentos e principalmente por me apoiar os meus sonhos e sonhar junto comigo.

Às minhas tias Ana Maria, Maria Heloisa, Valda e Rosalice, que sempre me ajudaram no que puderam para um futuro melhor, obrigada pelo orgulho extremo.

À minha cunhada Cássia Cristina, que me incentivou, ajudou e principalmente por ter me dado os três grandes amores da minha vida, Pedro Lucas, Victor Luís e Mavie.

Aos meus primos Claudia Alice, Cauã Victor e Luisa Helena pelas palavras de alegria e companheirismo sempre.

Ao meu grande amigo Pedro do Carmo, que sempre me ajudou nos momentos mais difíceis durante a minha graduação, obrigada por todo apoio, carinho, parceria e respeito.

À minha amiga Alayne Rodrigues, por todo apoio, dedicação, carinho, respeito e alegrias compartilhadas.

Ao meu amigo Gerson Oliveira, que sempre me ajudou e incentivou a persistir em busca dos meus objetivos.

À minha amiga Gabriele Lobo, por ser me entusiasmar, incentivar e apoiar em momentos difíceis.

Ao meu amigo Thiago Vinicius, por todo apoio, parceria, ensinamentos, respeito, carinho, amor e admiração.

À Dra. Roberta Rodrigues, pelo incentivo, apoio, conhecimentos compartilhados e orientação.

À Dra. Luciane Melônio, pelo incentivo, carinho, amor incondicional e empatia.

À minha orientadora Kamilla Andrade de Oliveira Emiliano, por todos os seus valiosos ensinamentos, compreensão sem igual, sua atuação foi de fundamental importância para a realização dessa pesquisa, obrigada por sua empatia e dedicação admirável.

À minha co-orientadora Raissa Rachel Salustriano, por todo apoio, incentivo, dedicação, ensinamentos e compreensão sem igual.

E a todos os professores da Universidade Federal do Maranhão, Centro de Ciências de Chapadinha, por serem fundamentais para o meu aprendizado, em especial aos professores Marcus Willame, Eduardo Silva, Khalil de Menezes, Telmo Mendes, Selma Maria e Izumy Doihara.

Sou grata a todos que participaram direta e indiretamente para a realização deste trabalho e o caminho percorrido por mim ao longo desses cinco anos.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. OBJETIVOS	20
2.1 Objetivo Geral	20
2.2 Objetivos Específicos	20
3. REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1 Cenário global da energia eólica	23
3.2 Energia Eólica	25
3.3 Aspectos técnicos	26
3.4 Impacto ambiental e desafios	28
3.5 Problema de poluição relacionada ao ruído	29
3.6 Influência na flora e na fauna	30
3.7 Impactos de interferência eletromagnética e possíveis mitigações	31
3.8 Questões diversas	31
3.8.1 Mudanças climáticas	31
3.8.2 Fenômenos Climáticos	32
3.8.3 Processos sedimentares de regiões litorâneas	33
3.8.4 End Point Rate (EPR)	33
3.8.5 Linear Regression Rate (LRR)	34
3.8.6 Benefícios ambientais da energia eólica	35
3.8.7 Legislação	36
4. METODOLOGIA	37
4.1 Localização e caracterização da área de estudo	37
4.2 Obtenção e processamento dos dados espaciais	39
4.3 Índices Espectrais	39
4.4 Hidrografia da área de estudo	40
4.5 Fauna e Avifauna	41

4.6	Erosividade da Linha Costeira	42
5.	RESULTADOS	45
5.1	Índices Espectrais	45
5.2	Hidrografia	47
5.3	Fauna e Avifauna	49
5.4	Erosividade da Linha Costeira (La Niña e El Niño)	64
5.5	Geração de Energia Eólica	74
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
7.	REFERÊNCIAS	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Participação dos cinco principais mercados na nova capacidade de energia eólica em 2021 (GWEC, 2022)	25
Figura 2. Primeira turbina eólica de Paul La Cour (BOST, 2002)	26
Figura 3. Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna (CBEE, 2000)	27
Figura 4. Mapa de localização da área de estudo	38
Figura 5. Fluxograma de etapas dos processos de usuário CASSIE	43
Figura 6. Índices de Vegetação por Diferença Normalizada da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023	46
Figura 7. Índices de Vegetação Ajustada ao Solo da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023	46
Figura 8. Índices de Vegetação Melhorado da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023	47
Figura 9. Mapa da hidrografia na área do Complexo Eólico Delta III	48
Figura 10. Tartaruga-de-couro (<i>Dermodochelys coriácea</i>) – espécie ameaçada de extinção	50
Figura 11. Tartaruga-de-pente (<i>Eretmodochelys imbricata</i>) – espécie ameaçada de extinção	51
Figura 12. Riqueza potencial de espécies de morcegos e localização de parques eólicos em atividade no Brasil e no estado do Maranhão	52
Figura 13. Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil e no estado do Maranhão	53
Figura 14. Áreas com registros de aves ameaçadas conforme Portaria MMA nº 444/14	54
Figura 15. Principais vetores de ameaças às espécies migratórias ameaçadas no Brasil	55
Figura 16. <i>Buteogallus aequinoctialis</i> – espécie ameaçada de extinção	60
Figura 17. <i>Calidris canutus</i> – espécie ameaçada de extinção	61
Figura 18. <i>Calidris pusilla</i> – espécie ameaçada de extinção	62
Figura 19. <i>Charadrius wilsonia</i> – espécie ameaçada de extinção	62
Figura 20. <i>Herpsilochmus pectoralis</i> – espécie ameaçada de extinção	63
Figura 21. <i>Thalasseus acutiflavus</i> – espécie ameaçada de extinção	64

Figura 22. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2009 a 2010)	65
Figura 23. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira período de El Niño (2009 a 2010)	66
Figura 24. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2014 a 2016)	67
Figura 25. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2014 a 2016)	68
Figura 26. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2018 a 2019)	69
Figura 27. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2018 a 2019)	69
Figura 28. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2007 a 2008)	70
Figura 29. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2007 a 2008)	71
Figura 30. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2011 a 2012)	72
Figura 31. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2011 a 2012)	72
Figura 32. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2020 a 2023)	73
Figura 33. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2020 a 2023)	74
Figura 34. Geração da fonte eólica por estado no ano de 2022	75
Figura 35. Fator de capacidade eólica por estado no Brasil - 2022 (%)	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 . Lista de espécies avistadas na área do Complexo Eólico Delta III no período de 2012 a 2016	56
Tabela 2 . Lista de espécies avistadas na área do Complexo Eólico Delta III no período de 2018 a 2023	58
Tabela 3 . Lista de espécies presentes na área de estudo e ameaçadas de extinção (Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022)	60
Tabela 4 . Estados com Maior Geração de Energia por Fonte Eólica no Brasil (2022)	75
Tabela 5 . Fator de Capacidade de Energia Eólica por Estado no Brasil - 2022 (%)	76
Tabela 6 . Geração e Representatividade da Fonte Eólica no Brasil - 2022	77
Tabela 7 . Espécies da avifauna brasileira ameaçadas de extinção (portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022)	95

LISTA DE SIGLAS

ABEEÓLICA	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA
ANA	AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO
ANEEL	AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
APA	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL
API	APPLICATION PROGRAMMING INTERFACE
BEN	BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CASSIE	COASTAL ANALYST SYSTEM FROM SPACE IMAGERY ENGINE
CBEE	CENTRO BRASILEIRO DE ENERGIA EÓLICA
CFMASK	C FUNCTION OF MASK
CO _x	ÓXIDOS DE CARBONO
CO ₂	DIÓXIDO DE CARBONO
CR	CRITICAMENTE AMEAÇADA DE EXTINÇÃO
CR(PEX)	CRITICAMENTE EM PERIGO (PROVAVELMENTE EXTINTA)
CTA	CENTRO TÉCNICO AEROESPACIAL
dB	DECIBÉIS
DSAS	DIGITAL SHORELINE ANALYSIS SYSTEM
ECO 92	CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO
EM	EM PERIGO
ENOS	EL NIÑO-OSCILAÇÃO SUL
EPR	END POINT RATE
EVI	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO MELHORADO
EW	EXTINTA DA NATUREZA
EX	EXTINTA
FUNAI	FUNDAÇÃO NACIONAL DO ÍNDIO
GEE	GASES DE EFEITO ESTUFA
GEE	GOOGLE EARTH ENGINE
GUI	INTERFACE GRÁFICA DE USUÁRIO
GW	GIGAWATT
Hz	HERTZ

IBAMA	INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
ICMBIO	INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE
IDW	INTERPOLAÇÃO PELA PONDERAÇÃO DO INVERSO DA DISTÂNCIA
IEA	AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA
IN	INSTRUÇÃO NORMATIVA
INCRA	INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA
IPHAN	INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL
IPCC	PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS
IRENA	AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA RENOVÁVEL
IUCN	UNIÃO INTERNACIONAL PARA A CONSERVAÇÃO DA NATUREZA
Kcal	QUILOCALORIAS
KW	KILOWATT
LC	POUCO PREOCUPANTE
LRR	LINEAR REGRESSION RATE
MW	MEGAWATT
NDVI	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA
NDWI	ÍNDICE DE DIFERENÇA NORMALIZADA
NEB	NORDESTE DO BRASIL
NOx	ÓXIDOS DE AZOTO
NT	QUASE AMEAÇADA
ODP	OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO
OLI	OPERATIONAL LAND IMAGER
PA	ATRIBUTOS FÍSICOS
PIB	PRODUTO INTERNO BRUTO
PM	MATERIAL PARTICULADO
REN	ENERGIA RENOVÁVEL
RESEX	RESERVA ESTRATIVISTA
RI	REGIÃO DE INTERESSE
SAVI	ÍNDICE DE VEGETAÇÃO AJUSTADO AO SOLO

SGB	SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL
SIGEL	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEORREFERENCIADAS DO SETOR ELÉTRICO
SIG	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
SISBIA	SISTEMA DE GESTÃO DE DADOS DE BIODIVERSIDADE PARA AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL
SOx	ÓXIDOS DE ENXOFRE
SR	SENSORIAMENTO REMOTO
TIRS	THERMAL INFRARED SENSOR
TR	TERMO DE REFERÊNCIA
TSM	TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR
TWh	TERAWATT-HORA
UCs	UNIDADES DE CONSERVAÇÃO
USGS	UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY
VU	VULNERÁVEL
WIKIAVES	A ENCICLOPÉDIA DAS AVES DO BRASIL

RESUMO

As fontes de energia renováveis são um recurso seguro para a geração de energia ao mitigar as mudanças climáticas e garantindo a segurança energética. No Brasil, a geração de energia eólica teve um aumento expressivo nas últimas décadas. A energia eólica é vista como uma fonte de energia de baixo impacto ambiental, renovável, sustentável, e com custo de produção aceitável. Sendo assim, a presente pesquisa analisa o compartimento ambiental com influência da instalação do complexo eólico Delta 3 – MA no período de 2007 a 2023. Utilizou-se dados geoespaciais, provenientes do sensor Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS), a bordo do satélite Landsat 8 – 9, para cálculo dos índices de NDVI, EVI e SAVI. Em seguida foram utilizados dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Serviço Geológico do Brasil (SGB) para produção do mapa da hidrografia da área de estudo. Logo após foi analisada a distribuição potencial das espécies por meio de dados disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). Nesse processo utilizou-se também dados do Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e do ICMBio para analisar a área de implantação dos aerogeradores e a rota das aves migratórias e ameaçadas de extinção e dos morcegos. Para a análise da erosividade da linha costeira foi adotada a ferramenta *Coastal Analyst System from Space Imagery Engine - CASSIE*. Como ferramenta de pesquisa, para todas análises quantitativas refinamento, tabulação e tratamento utilizou-se o *software Qgis® versão 3.22.8 Białowieża*. Os resultados apontaram modificação na cobertura vegetal, ocorrendo uma diferença de -7,22% em relação NDVI, de -10% no EVI e de -6,53% no SAVI durante o período de 2017 a 2023; o complexo está 100% na rota das aves migratórias e no entorno do local de desova das tartarugas; há presença de áreas com processos erosivos em níveis -261,0372 m/ano (antes da implantação) e -158,3336 m/ano (após a implantação) durante o período de El Niño, e de -373,3103 m/ano (antes) e -372,7211 m/ano (após) durante o período de La Niña, e houve crescimento de 12% no ranking de estados com maior capacidade de geração de energia eólica. Dessa forma, as modificações ambientais na área de estudo indicaram alteração na cobertura vegetal após a instalação do empreendimento, sendo as maiores variações no período pós implantação do complexo, apontando também a presença de maior erosividade ocorrida no período de La Niña. Aliado ao fato do complexo ser um *hotspot* de preservação por está situado em rota de espécies migratórias e em local de desova de tartarugas, ambas listadas pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) como espécies em risco de extinção. Contudo, como matriz energética viabilizou o incremento de energia para o Nordeste e o Brasil.

Palavras-chave: Energia sustentável. Compartimento ambiental. Biodiversidade, Conservação da natureza, Espécies ameaçadas.

ABSTRACT

Renewable energy sources are a safe resource for energy generation by mitigating climate change and ensuring energy security. In Brazil, wind energy generation has increased significantly in recent decades. Wind energy is seen as an energy source with low environmental impact, renewable, sustainable, and an acceptable production cost. Therefore, this research analyzes the environmental compartment influenced by the installation of the Delta 3 – Maranhão State, Brazil, wind region in the period from 2007 to 2023. Geospatial data was used, coming from the Operational Land Imager and Thermal Infrared Sensor, sensor, on board the Landsat 8 – 9 satellite, to calculate the NDVI, EVI and SAVI indices. Data from the National Water and Sanitation Agency (ANA) and the Geological Survey of Brazil (SGB) were then used to produce a hydrographic map of the study area. Soon after, the potential distribution of the species was analyzed using data made available by the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation. In this process, data from the Georeferenced Information System of the Electrical Sector of the National Electric Energy Agency, the Brazilian Institute of Geography and Statistics and ICMBio were also used to analyze the area where the wind turbines are located and the route of migratory birds and endangered species and bats. To analyze the erosivity of the coastline, the Coastal Analyst System from Space Imagery Engine - CASSIE tool was adopted. As a research tool, for all quantitative analyses, refinement, tabulation and treatment, the software Qgis® version 3.22.8 Białowieża was used. The results showed a change in vegetation cover, with a difference of -7.22% in relation to NDVI, -10% in EVI and -6.53% in SAVI during the period from 2017 to 2023; the complex are 100% on the route of migratory birds and around the turtle nesting site; there is the presence of areas with erosion processes at levels -261.0372 meter by year(m/y) (before implementation) and -158.3336 m/y (after implementation) during the El Niño period, and -373.3103 m/y (before) and -372.7211 m/y (after) during the La Niña period, and there was a 12% increase in the ranking of states with the greatest wind energy. Thus, the environmental changes in the study area indicated changes in the vegetation cover after the installation of the project, with the greatest variations being in the period after the complex was implemented, also pointing to the presence of greater erosivity that occurred during the La Niña period. Combined with the fact that the complex is a conservation hotspot it is located on the route of migratory species and a nesting site for turtles, both listed by the International Union for Conservation of Nature, as species at risk of extinction. However, as an energy matrix it made it possible to increase energy for the Northeast and Brazil.

Keywords: Sustainable energy. Environmental compartment. Biodiversity, Nature conservation, Endangered species.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a segurança no abastecimento de energia tem sido pertinente às perspectivas de colapso das reservas de petróleo nas próximas décadas (GELLER; GOLDEMBERG, 2002) e ao aumento dos preços de mercado dos combustíveis fósseis em decorrências de problemas políticos e sociais nas principais regiões produtoras. Fatores ambientais também podem acarretar na redução da segurança energética como, por exemplo, a ocorrência de extensos períodos de estiagem que afetam a produtividade da biomassa e a geração hidroelétrica (DOS REIS; SANTOS, 2006).

A inclusão de recursos complementares à matriz energética de um país, com a adoção de fontes renováveis, deve minimizar os impactos ocasionados por crises internacionais que comprometem o mercado de combustíveis fósseis ou por instabilidades na geração hidroelétrica em épocas de estiagem (MARTINS *et al.*, 2008).

Além dessa preocupação com a segurança energética, surgiu também os problemas relacionados as mudanças climáticas, tornando-se grandes preocupações mundiais. De acordo com dados levantados pelo Balanço Energético Nacional (BEN) em 2017, o Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, representando cerca de 81,7% da oferta interna de eletricidade no país (BONDARIK *et al.* 2018).

As fontes de energia renováveis não são contínuas, pois dependem da localização geográfica, bem como das condições climáticas, e também exigem grandes proporções de terra para sua instalação (PORTÉ-AGEL *et al.*, 2020).

A energia proveniente dos ventos é utilizada há muito tempo, desde atividades primordiais como a caça, irrigação, grandes navegações ou a moagem de alimentos que aproveitava do mecanismo de grandes moinhos. Nos tempos modernos, surgiu a tecnologia do bombeamento de água pela aplicação dessa mesma energia. E na idade contemporânea, esta adquiriu uma nova função: a de mover as grandes pás das turbinas geradoras de eletricidade, que com o tempo veio ganhando espaço entre as fontes convencionais (DE MENDONÇA *et al.*, 2019).

A energia eólica, juntamente com outras fontes de energia renováveis, deverá crescer substancialmente nas próximas décadas e desempenhar um papel

fundamental na mitigação das alterações climáticas e na consecução da sustentabilidade energética (PORTÉ-AGEL *et al.*, 2020).

No Brasil, a geração de energia por meio dos ventos teve um aumento expressivo nas últimas décadas. Segundo a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), o potencial eólico brasileiro pode alcançar 500GW, o que é o suficiente para produzir duas vezes a quantidade demandada atualmente (ZAPAROLLI, 2019).

As usinas eólicas, ou denominadas parques eólicos, possuem diversos aerogeradores, que são compostos pela torre, rotor e nacelle. É na nacelle que ficam o multiplicador de velocidade e o gerador elétrico. A força e movimento dos ventos é responsável por girar o rotor, que movimenta o eixo principal, a energia gerada por esse movimento passa pelo multiplicador e segue para o gerador. A eletricidade produzida desce pela torre e segue em direção a subestações, sofre um aumento de tensão e depois segue para a rede e chega ao consumidor final (CBIE, 2020).

A energia eólica é vista como uma fonte de energia de baixo impacto ambiental, renovável, sustentável, e com custo de produção aceitável, ou seja, baixo custo operacional, de rápida implantação, que tem sido utilizada há muito tempo, principalmente para a geração de força motriz (NAZIR *et al.*, 2019). A sua principal função é produzir eletricidade em escala comercial, exercendo um papel superimportante no sentido de diminuir as emissões globais de gases de efeito estufa (GEE), e de diminuir a dependência da geração elétrica realizada a partir de combustíveis fósseis, uma vez que estes são não renováveis e são poluentes (SANTOS, 2020).

No Brasil, essas fontes não renováveis de energia satisfazem, no total ofertado, a 53,9%. Sendo o petróleo e derivados com 34,4% e o gás natural com 12,2%, os mais utilizados no Brasil no ano de 2019. Com isso, a energia eólica, sendo ela onshore ou offshore, vem com um grande diferencial nesta alteração energética global (DHAR *et al.*, 2020).

A ampliação da segurança dos recursos renováveis e limpos é primordial para a sustentabilidade a longo prazo. Foi estabelecido pela Agência Internacional de Energia uma meta de acrescentar em dois terços do fornecimento total de energia do mundo, o fornecimento de energia renovável (REN) até 2050. A REN é imprescindível para cumprir as metas das mudanças climáticas, expandir o acesso à

eletricidade, complementar a segurança energética e reduzir os efeitos contrários do consumo de combustíveis fósseis (CHANG *et al.*, 2022).

É evidente que este crescimento não pode ser dissociado de preocupações ambientais, tendo em vista que toda essa energia precisou ser extraída e transformada a partir de recursos naturais. Assim, para acompanhar ritmos de crescimento como esses é essencial que exista uma preocupação com a capacidade de renovação dos recursos. Nesse sentido, os países devem se preparar com a construção de matrizes energéticas adequadas às necessidades e aos recursos disponíveis.

Mediante o exposto, evidencia-se a atual luta que vivemos constantemente pelo desenvolvimento sustentável do nosso planeta, visando um futuro promissor onde a sustentabilidade é pautada pelo uso responsável dos recursos disponíveis em nosso planeta e com total respeito pelas pessoas e pelo meio ambiente. Portanto, devido aos impactos ambientais observados e alertados por pesquisadores ao longo dos anos em relação a produção de energia eólica, ainda que seja uma fonte de energia considerada sustentável, torna-se essencial o desenvolvimento de um estudo e avaliação das áreas impactadas em razão de sua produção, sejam eles positivos ou negativos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Analisar o compartimento ambiental após a instalação do Complexo Eólico Delta 3, na região de Barreirinhas, Paulino Neves Maranhão.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar a análise dos índices de vegetação da área de estudo;
- Analisar a erosividade da linha costeira durante o período de El Niño e La Niña;
- Diagnosticar os impactos ambientais a fauna e avifauna da região;
- Elaborar material técnico-científico para fins de embasamento de tomadas de decisão do poder público.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Um milhão de anos atrás, as necessidades do homem primitivo eram relativamente escassas e estavam relacionadas intrinsecamente à sua sobrevivência. Energeticamente, dependia das cerca de 2 mil quilocalorias (kcal) extraídas dos alimentos que conseguia obter com muito esforço. Há aproximadamente 7 mil anos o homem tiranizava a energia de animais de tração, onde um cavalo substituía a força de oito homens. Para o nômade primitivo, os recursos naturais eram aqueles que estavam diretamente ao seu alcance. Com o tempo, aprendeu a dominar o fogo e então passou a cortar lenha para cozinhar e se aquecer. Com o crescimento desenfreado da população há pouco mais de 7 mil anos, tornou-se necessário aumentar a produtividade na obtenção dos recursos através da agricultura (GOLDEMBERG; LUCON, 2007).

Durante o Império Romano, os nobres quantificavam suas riquezas em número de escravos, o que correspondia em termos energéticos a múltiplos de 2 mil kcal por dia. Atualmente, o consumo energético por habitante no mundo equivaleria a cerca de 20 “escravos” (FUNARI, 2001).

A partir da Idade Moderna (1400 d.C.), o homem recorreu as quedas d’água e os ventos para moer trigo e realizar outras tarefas (MEDEIROS; RAMOS, 2019). A energia de origem fóssil também era utilizada, porém com baixa impetuosidade: carvão mineral que aflorava da terra aquecia ambientes e guarnecia calor para pequenas manufaturas, como a siderurgia (GOLDEMBERG; LUCON, 2007). O petróleo também aflorava, no entanto era praticamente desconhecido na época, sendo utilizado apenas na iluminação quando o óleo de baleia se tornava escasso (CARRIÇO, 2018).

Ao longo das eras, a matéria orgânica dos seres que se extinguíam acumulou-se no subsolo terrestre, constituindo essas chamadas fontes fósseis de energia, tais como: petróleo, gás natural, xisto betuminoso, carvão mineral e outros. Esse processo ocorreu em milhões de anos (NETO, 2023).

Em 1875, durante a Revolução Industrial, o homem criou a máquina a vapor e multiplicou ainda mais suas capacidades no transporte e na indústria. A população aumentou e, junto, o consumo de energia (HOBBSAWM, 2015).

Durante o século XX, o homem tecnológico aperfeiçoou a máquina a vapor e desenvolveu motores de combustão interna movidos a diesel e gasolina, que são derivados do petróleo (CONCEIÇÃO *et al.*, 2022). Alguns de seus experimentos também foram realizados com óleos vegetais, porém os derivados de petróleo eram muito mais confiáveis, baratos, abundantes, fáceis de estocar e transportar (GONÇALVES, 2019).

Logo após a Revolução Industrial, surgiram os motores elétricos e a energia nuclear, contudo o mundo nunca mais rompeu sua relação de atrelamento com o petróleo. A energia de 2 kcal que nutria o homem primitivo por um dia satisfaz àquela contida num copo de petróleo (ALVARENGA, 2022).

Contudo, como a reposição das fontes de energia nuclear e fóssil requer um horizonte de tempo geológico, essas são consideradas fontes não-renováveis (SILVA, 2022). Enquanto que as fontes renováveis são repostas imediatamente pela natureza, é o caso dos potenciais hidráulicos (quedas d'água), eólicos (ventos), a radiação solar, a energia das marés e das ondas e o calor geotermal (SANTANA *et al.*, 2022).

Além dessas, têm-se também a biomassa como uma fonte renovável de energia, sendo englobada por diversas subcategorias, desde as mais tradicionais, tais como: a lenha e os resíduos animais e vegetais, até as mais modernas, que são tidas como convencionais ou novas (FERREIRA, 2021).

O desempenho socioeconômico e o produto interno bruto (PIB) de qualquer país dependem da eficiência de seus sistemas de energia e da viabilidade de abastecimento de energia nos centros de carga (DE ROCCO; HENKES, 2020). Entretanto, muitas nações estão ultimamente enfrentando múltiplos desafios em seus setores de energia devido a restrições de combustível, infraestrutura em ruínas, políticas de investimento impróprias, elevadas perdas no sistema de transmissão e distribuição, restrição de capital, baixa função operacional, problemas de mão de obra, questões de gestão e institucionais, implicações ambientais de unidades geradoras convencionais, etc. (ADEFARATI; BANSAL, 2019).

Em razão do esgotamento das reservas hídricas, próximas aos centros de consumo, impôs-se o início da exploração de fontes mais afastadas, exigindo o desenvolvimento de sistemas de transmissão de grande porte, envolvendo o transporte de grandes montantes de energia a grandes distâncias. Tal fato, exigiu

que as tensões de transmissão fossem aumentadas, com grande esforço de desenvolvimento tecnológico. Atualmente, o Brasil encontra-se entre os pioneiros nessa tecnologia, tendo em operação o sistema elo em corrente contínua de Itaipu, considerado um dos maiores do mundo pela potência transportada e pela distância percorrida (KAGAN *et al.*, 2021).

As energias renováveis também possuem limites, entretanto esses estão longe de serem atingidos. Atualmente, o mundo possui extensos potenciais em renováveis, muitos dos quais já estão ao alcance da tecnologia atual. É o que acontece com a hidreletricidade, os potenciais geotermiais, a biomassa moderna e a energia eólica (KRELL; DE CASTRO, 2020).

3.1 Cenário global da energia eólica

A demanda energética é um fator chave na economia de um país. O resultado da poluição como as mudanças climáticas extremas, o câncer de pele, etc., forçou a comunidade científica em todo o mundo a se concentrar em fontes alternativas de energia que possam ser renovadas e que acarretem consideravelmente menos danos ao meio ambiente (CHAURASIYA *et al.*, 2019).

Conforme o relatório da Agência Internacional de Energia Renovável (IRENA), a capacidade global de energia renovável atingiu 2.537 GW no final de 2019, o que ilustra um acréscimo de 176 GW em comparação com 2018. As estatísticas apontam que 72% de toda a expansão da energia elétrica em 2019 ocorreu devido ao desenvolvimento nas energias renováveis, das quais as energias solar e eólica aumentaram 90 GW e 60 GW respectivamente e juntas tornaram-se responsáveis por 90% dos acréscimos renováveis (IRENA, 2023).

Segundo as informações da Agência Internacional de Energia (IEA), em 2015 a energia eólica forneceu a mais nova geração de energia do que qualquer outra tecnologia. No ano de 2017, nove países constavam mais de 10.000 MW de capacidade instalada cumulativa, enquanto 26 países acumularam mais de 1.000 MW de capacidade instalada, incluindo 17 países europeus, 4 na Ásia-Pacífico, 3 na América do Norte e 1 na América Latina e países africanos. A China lidera em capacidade instalada de energia eólica e cresceu rapidamente, de 300 MW em 2000 para 188.232 MW no ano de 2019 e hoje responde por 35% da capacidade total de energia eólica do mundo (AHMED *et al.*, 2020).

A utilização do fluxo caótico do vento para produzir eletricidade tem sido um desafio para os cientistas, desenvolvedores, planejadores, e um trabalho considerável tem sido realizado sobre o assunto nos últimos anos (KUMAR *et al.*, 2018). A necessidade de ter uma fonte de alimentação segura tornou-se um acontecimento global fundamentado no desenvolvimento socioeconômico, crescimento populacional e sustentabilidade ambiental (ADEFARATI; BANSAL, 2019).

A política energética desempenha um importante papel para reduzir os impactos do aquecimento global e da crise de disponibilidade de energia (DE SOUSA KOCHAN, 2022). Percebe-se que a política energética pode contribuir para o aumento da geração de energia eólica, bem como estimular a indústria de energia (DA SILVA *et al.*, 2020). Pode-se afirmar que um país sem uma política energética específica, não conseguiria resolver graves problemas como a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEE), escassez de energia, entre outros (VIANA; ASECIOS, 2022).

As características da política energética podem incluir legislação, tratados internacionais, incentivos ao investimento, geração de energia direcionada do país, diretrizes para conservação de energia, estratégias para estimular a indústria de energia, tributação e outras técnicas de políticas públicas, bem como o foco em novos (geralmente fontes de energia renováveis) (VENTURA *et al.*, 2022). No entanto, cada fonte de energia, incluindo o vento, tem suas próprias potencialidades e impactos positivos e negativos relacionados aos efeitos na saúde humana, mudanças climáticas e acidificação dos oceanos (NUNES *et al.*, 2023).

Embora tenha uma perspectiva política ou ambiental ampla, os impactos e riscos relativos devem ser considerados com cautela pelo governo e pelas autoridades legislativas. Além disso, as autoridades legislativas também devem ser ativas em buscar soluções tecnológicas para as consequências adversas da geração de energia eólica, como a solidez operacional e implementar políticas para minimizar conflitos e perturbações nos meios de subsistência, na comunidade e na paisagem. Por exemplo, recuos podem ser empregados para mitigar o incômodo associado à operação da turbina eólica (por exemplo, som e oscilação de sombra) (NAZIR *et al.*, 2019).

Ambientes poluídos se tornaram um problema global. Muitos países como EUA, China, Índia e Paquistão (AHMED *et al.*, 2020) levaram isso a sério e reduziram a concentração de carbono na aviação. As nações desenvolvidas estão adotando energia verde baseada em energia eólica, na qual substituem as usinas de geração de energia de combustível fóssil. Mesmo que a energia verde seja ambientalmente adequada, ela enfrenta alguns problemas relacionados à saúde, como problemas de ruído, especialmente quando a usina eólica é instalada perto do campo (NAZIR *et al.*, 2019).

No Brasil a grande disponibilidade hídrica associada a política energética adotada durante o governo militar que desprezou as demais fontes de energia e promoveu o desenvolvimento hidroelétrico, foi responsável pelos primeiros estudos com energia eólica iniciarem somente em 1976 nos laboratórios do Centro Técnico Aeroespacial (CTA), com a instalação em 1979 de um primeiro gerador piloto no Rio Grande do Norte, tendo este operado por nove meses (CHESF-BRASCEP, 1987).

Atualmente, entre os anos de 2020 e 2021, a potência global de energia eólica cresceu 12,4%, elevando a capacidade eólica total instalada para 837 GW ao final de 2021 (GWEC, 2022). Os cinco principais mercados do mundo em 2021 para novas instalações foram China, Estados Unidos, Brasil, Vietnã e Reino Unido. Esses cinco mercados combinados representaram 75,1% das instalações globais, conforme mostrado na Figura 1.

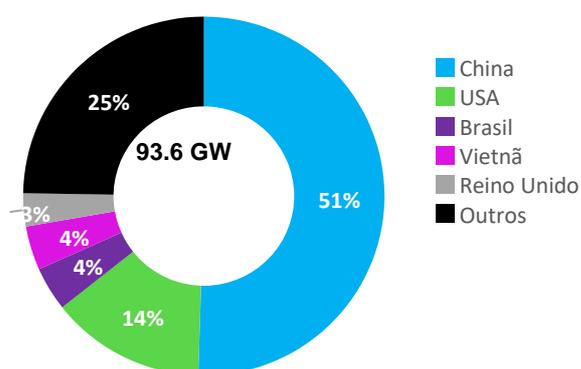


Figura 1. Participação dos cinco principais mercados na nova capacidade de energia eólica em 2021 (GWEC, 2022)

3.2 Energia Eólica

Denomina-se de energia eólica a energia cinética comprimida nas massas de ar em movimento (vento). A aplicação dessa energia se dá com emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores. A oscilação das pás provoca energia cinética (mecânica) que é então transformada em energia elétrica (DE AZEVEDO *et al.*, 2007).

A utilização da energia eólica através dos moinhos de vento já acontece há muitos anos para o bombeamento de água, moagem de grãos e outras aplicações que envolvem energia mecânica (MAIA, 2022).

De acordo com Wizelius (2007) a primeira turbina eólica desenvolvida para fins de geração de energia elétrica foi construída em 1892 pelo professor dinamarquês Paul La Cour (Figura 2), em 1908 já haviam 72 aerogeradores de 10 a 12kW cada em funcionamento na Dinamarca, no entanto somente com a crise do petróleo da década de 1970 é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar a ampliação desta indústria em larga escala.



Figura 2. Primeira turbina eólica de Paul La Cour (BOST, 2002)

Na década de 1990 além do setor econômico passou-se a focar mais nas feições ambientais para o emprego das fontes apresentadas como energia limpa, a crescente preocupação com as emissões de dióxido de carbono e demais gases

causadores do efeito estufa, foi discutida na conferência das Nações Unidas para o meio ambiente no Rio de Janeiro em 1992 - ECO 92 (RESENDE, 2010).

3.3 Aspectos técnicos

As turbinas eólicas de eixo horizontal têm suas estruturas mecânicas distribuídas no alto de uma torre de contorno paralelo ao solo, são amplamente empregadas ao redor do mundo, praticamente todos os aerogeradores integrados às redes de transmissão de energia utilizam este modelo de turbina (PINHO *et al.*, 2008).

Os aerogeradores do tipo eixo horizontal podem ainda distinguir-se devido ao número de pás do rotor (uma, duas ou três). A maior parte dos fabricantes emprega o conceito de três pás devido este desenho, entre outras vantagens, beneficiar a estabilidade da turbina (RESENDE, 2010).

A Figura 3, publicada pelo Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE, 2000), apresenta os principais componentes de um aerogerador moderno.

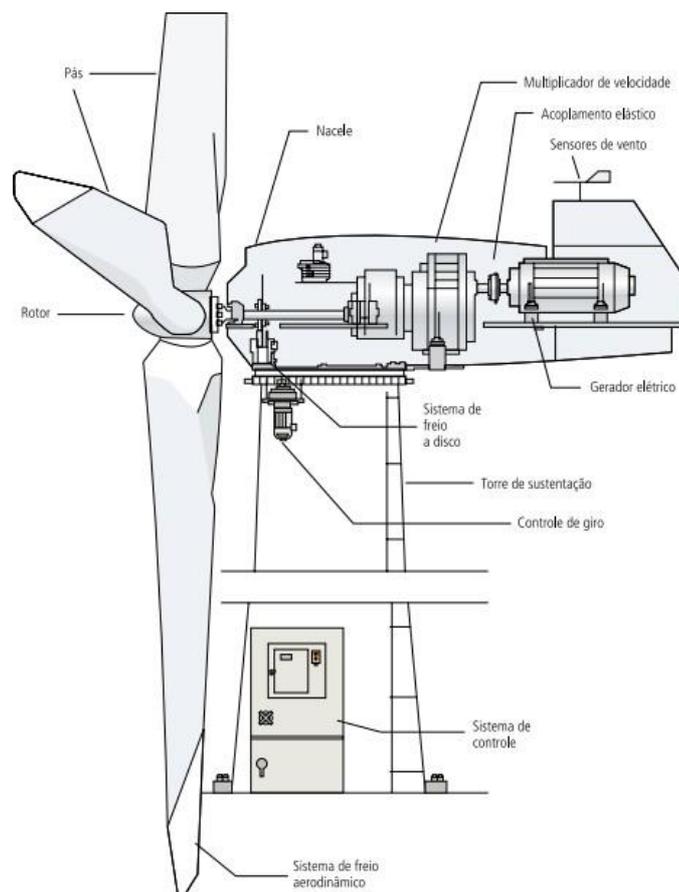


Figura 3. Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna (CBEE, 2000)

Em tese, os aerogeradores apresentam hélices que se movimentam de acordo com a força dos ventos. Parte da energia cinética fornecida do movimento dos ventos é transferida para as pás do rotor e torna-se energia rotacional das pás e por consequência, o eixo acoplado às pás gira junto a elas. A energia rotacional do eixo é transformada em energia elétrica pelo gerador e por fim o transformador espalha externamente a energia gerada (PINHEIRO *et al.*, 2021).

3.4 Impacto ambiental e desafios

Comparando a geração de energia baseada em combustível fóssil e nuclear, os gases de efeito estufa não são afetados pelas turbinas eólicas (MILLER *et al.*, 2019), nem essas tecnologias geram qualquer risco aos seres humanos ou ao meio ambiente com radiação desperdício (DUMONT; ALVES, 2022).

Em geral, considera-se que a energia eólica é ecologicamente correta em comparação com outras fontes de energia. No entanto, ainda exerce alguns efeitos na vida humana (NAZIR *et al.*, 2019).

Algumas outras preocupações válidas foram levantadas, como o alto nível de ruído produzido pelas pás do rotor, os impactos visuais e mortes de pássaros e morcegos pelas pás do rotor (LEITE, 2021). Além disso, as pessoas que vivem ou trabalham próximas a turbinas eólicas experimentam ou sofrem de baixa qualidade de vida, estresse, distúrbios auditivos e do sono, aborrecimento e outros (NETO *et al.*, 2021). No entanto, os efeitos das turbinas eólicas em nosso meio ambiente não foram bem construídos e continuamente discutidos (DE CARVALHO *et al.*, 2022).

De acordo com Rahman *et al.* (2022), a análise do ciclo de vida de um parque eólico confirma que aproximadamente 70-80% dos impactos ambientais ocasionados pelas turbinas eólicas advêm dos materiais que são utilizados para fins de fabricação.

A implantação de um grande parque eólico *onshore* requer desmatamento, o que leva à erosão do solo. O petróleo e as águas residuais podem infiltrar-se nas profundezas do subsolo e poluir ainda mais o solo. Além disso, grandes máquinas necessárias para a instalação podem perturbar a harmonia ecológica (NAZIR *et al.*, 2020).

O vento impacta a natureza e o clima local, quando é realizada a remoção das plantas e vegetações do terreno durante a fase de construção. Essa atividade, juntamente com os desaterros da fundação, uso de maquinário pesado, transporte de enormes peças de turbina e conexão de linhas de transmissão à rede elétrica, podem gerar danos adicionais ao solo e à terra. Essas implicações são relatadas como responsáveis por pequenas mudanças climáticas, tais como variação descontrolada da temperatura durante o dia e a noite (SAYED *et al.*, 2021).

3.5 Problema de poluição relacionada ao ruído

Uma das exceções mais definidas são as turbinas eólicas autônomas que podem ser tratadas pela operação de alta velocidade de ponto. Turbinas eólicas autônomas são mais barulhentas do que grandes instalações de turbinas eólicas (COSTA *et al.*, 2021).

A concentração de material de efeito colateral no ar durante o funcionamento de uma turbina eólica é um dos fatores de saúde. O material residual dessas turbinas instaladas rapidamente deve ser tratado de maneira sustentável, ou toda a teoria da energia eólica como uma alternativa de energia limpa e verde é desafiada (MILLER *et al.*, 2019).

O impacto integral das turbinas eólicas em seu ambiente é continuamente limitado às ambiências imediatas. O ruído produzido por turbinas eólicas terrestres operacionais e seu impacto podem ser uma exasperação chave na vida humana. O ruído produzido pelas turbinas eólicas tem dois tipos, ou seja, (1) ruído aerodinâmico e (2) ruído mecânico. Esta última, embora ainda careça de confirmação autêntica de seu efeito, é considerada uma experiência dinâmica. Sua baixa frequência pode causar irritação para a vida humana. Alguns profissionais têm discutido esse problema. Continuamente, alguns pesquisadores têm a certeza de que pode ser um grande problema para os humanos que vivem ou trabalham nas proximidades das usinas eólicas (NAZIR *et al.*, 2019).

De acordo com Dhar *et al.* (2020) as turbinas maiores sob velocidades de vento mais aceleradas causam ruídos mais altos com frequências de 100 Hz. Normalmente, o ruído aerodinâmico tem diversas frequências dependendo de muitos fatores, sendo considerado um ruído de banda larga. Esse ruído emitido

pelas turbinas eólicas pode ser comprimido através de um projeto apropriado e mais cauteloso dos aerofólios e da forma geral da pá, gerando assim um equilíbrio entre a radiação do ruído e a produção de energia.

A implantação de parques eólicos é ainda incentivada a serem instalados a 300 m de distância das áreas povoadas, uma vez que, a perturbação sonora é medida em decibéis (dB); as turbinas eólicas produzem cerca de 105 dB de perturbação sonora; conseqüentemente, instalar tais projetos mais distante de uma área residencial diminuirá expressivamente a implicação do ruído associado a tais projetos (NAZIR *et al.*, 2020).

De acordo com Bramante *et al.* (2023), cerca de 70% dos cidadãos britânicos relevantes não têm uma opinião negativa sobre turbinas eólicas. No entanto, algumas autoridades de turismo acreditavam que as turbinas eólicas poderiam ameaçar o turismo local devido aos seus efeitos negativos sobre o meio ambiente. Algumas abordagens de avaliação foram formadas, como por exemplo, o Teste Quechee (LEUNG; YANG, 2012), a Análise Multicritério e a técnica espanhola.

O Quechee Test é uma avaliação teórica que estima se os aerogeradores teriam uma impressão apelativa oposta aos terrenos, observando fatores sistemáticos intimamente associados ao aerogerador e às paisagens. Enquanto isso, a exploração multicritério é amplamente implementada, criando um número de avaliação de 0 a 100, explorando os atributos físicos (PA) (como relevo, água, etc.) e qualidades artísticas (como cor, rugosidade, etc.). Por outro lado, a técnica espanhola pratica software CAD (ARTEAGA-LÓPEZ *et al.*, 2019). Um Sistema de Informação Geográfica para introduzir uma superfície estrutural sólida, na qual os aerogeradores podem considerar embarcar na simulação. O valor do PA instalado para medir o nível de influência gráfica é então considerado (NAZIR *et al.*, 2019).

3.6 Influência na flora e na fauna

As turbinas eólicas ameaçam o habitat das aves. Portanto, há preocupação por parte de muitos amantes dos animais, nos quais também ficam apreensivos se as usinas eólicas podem diminuir a fauna (NAZIR *et al.*, 2019).

As aves podem ser feridas ou mortas quando colidem com as pás de uma turbina eólica. Além disso, as luzes próximas ao parque eólico atraem pássaros próximos, o que aumenta a chance de colisão (RAHMAN *et al.*, 2022).

Fatalidades de pássaros colidindo com pás de turbinas parecem ter danos diretos e inevitáveis associados à energia eólica. Por outro lado, outros impactos indiretos e evitáveis, como destruição de habitat e deslocamentos, podem ser mitigados com a escolha cautelosa do local de instalação da usina para considerar a segurança da vida selvagem juntamente com outros critérios técnicos de seleção do local (SAYED *et al.*, 2021).

Algumas medidas também podem ser implementadas para proteger as aves das turbinas eólicas como por exemplo, radares aviários, nos quais são instalados, no Texas, em um parque eólico para detectar pássaros na zona. O sistema bloqueia automaticamente as turbinas eólicas se houver um possível perigo para as aves das turbinas (NAZIR *et al.*, 2019).

3.7 Impactos de interferência eletromagnética e possíveis mitigações

O impacto das turbinas eólicas na saúde em geral associado a interferências eletromagnéticas não foi claramente relatado (LIMA, 2020). No entanto, foi comprovado que existem algumas radiações eletromagnéticas geradas por turbinas eólicas, que deformam ou alteram algumas transmissões de rádio ou televisão vindas de estações próximas. Tal impacto dá outra importância à alocação do local porque é melhor evitar locais que possam ter altas interferências eletromagnéticas com turbinas eólicas, como estações de transmissão. Adicionalmente, materiais sintéticos podem ser utilizados para a construção de pás, ou mesmo utilizando o aerogerador para melhoria dos serviços de comunicação através da instalação de antenas sobre eles (KATSAPRAKAKIS, 2012).

3.8 Questões diversas

3.8.1 Mudanças climáticas

De acordo com o relatório do IPCC (2021), a distribuição ou capotamento de ilhas de barreiras podem acarretar em mudanças irreversíveis modificando assim a estrutura física e até mesmo de ecossistemas que compõem a costa.

O relatório também afirma que o degelo do permafrost (tipo de solo que tem em sua constituição terras, gelo e rochas que são permanentemente congeladas, esse tipo de solo pode ser encontrado na região do Ártico) e o declínio do gelo em

regiões como o mar Ártico podem sofrer influências negativas, acrescentando ainda mais a vulnerabilidade aos feitos erosivos provocados pelas ondas em regiões costeiras (IPCC, 2021).

As mudanças climáticas podem também desencadear ou agravar o processo erosivo, em razão das alterações na distribuição das chuvas e na frequência direcional e intensidade dos ventos e ondas, fatores estes que afetam a hidrodinâmica, o balanço e a dispersão dos sedimentos ao longo da costa (NASCIMENTO, 2023).

Em trabalhos recentes, Chapman (2018) e Miller e Keith (2018) realizaram a simulação da influência ambiental da turbina eólica alterando os coeficientes de arrasto da aparência em dois protótipos diferentes de circulação geral. Isso demonstra que a energia eólica pode trazer alterações macroclimáticas no continente, mas seu efeito na temperatura média da superfície do universo é insignificante.

Além disso, alguns engenheiros ambientais se perguntam que a instabilidade nas proximidades de trabalho ou de vida das turbinas eólicas pode fornecer base à mudança do clima local pela circulação do ar para baixo e para cima, esse distúrbio pode ser identificado a longas distâncias. A instabilidade na reverberação das turbinas também pode modificar a fixação do vento de maior velocidade na superfície, o que pode expandir a desidratação da umidade local (MILLER; KEITH, 2018).

No entanto, é possível tocar diretamente nessa sensação de desequilíbrio nas turbinas eólicas neste estágio. É necessário manter a observação desses fatores, pois mais usinas eólicas serão construídas, progressivamente, nos próximos anos. Atualmente, a influência ambiental das turbinas eólicas tornou-se um assunto problemático. Logo, não se pode discordar que a maioria das atividades humanas causam impactos negativos consistentes ao meio ambiente (CHAPMAN, 2018).

3.8.2 Fenômenos Climáticos

O controle climático oceânico exerce uma influência primordial nos níveis pluviométricos do Nordeste do Brasil (NEB). Desse modo, advêm questionamentos sobre o comportamento da climatologia da TSM do Atlântico e do Pacífico leste em

um período onde se busca evidências de mudanças climáticas globais e os impactos que podem ser potencializados ou até mesmo surgir (NOBREGA, 2019).

Constata-se o fato de que na escala interanual, a variabilidade no Oceano Pacífico é a principal fonte de influência para o clima de algumas regiões. No entanto, este setor oceânico contém outra escala de variabilidade temporal (DA SILVA *et al.*, 2011). Zhang *et al.* (1997) separaram a variabilidade temporal do Oceano Pacífico em duas partes: uma relacionada à escala interanual do ciclo de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e a outra, sequencialmente independente incluindo toda a variabilidade interdecadal, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

No regime climático sazonal de uma dada região, consta que não raro são registradas oscilações climáticas severas, as quais podem transformar o modelo climático esperado para determinado período. Essas oscilações originam-se entre a circulação atmosférica procedentes de agitações nos gradientes da pressão atmosférica, que são responsáveis pela formação dos ventos, as quais transformam a estrutura de circulação global sobre a América do Sul, originando fenômenos diversos como os fenômenos de larga escala El Niño e La Niña (MEDEIROS, *et al.*, 2021).

O El Niño e a La Niña são elementos de um mesmo fenômeno atmosférico-oceânico que incide no oceano Pacífico Equatorial (e na atmosfera adjacente), designado de El Niño Oscilação Sul (ENOS). O ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente (El Niño) ou mais frio (La Niña) do que a média normal histórica. A variação na temperatura do oceano Pacífico Equatorial ocasiona efeitos globais na temperatura e precipitação (CPTEC, 2022).

3.8.3 Processos sedimentares de regiões litorâneas

A erosão é um fenômeno físico que possui consequências socioambientais e econômicas. Portanto, um processo natural, que tem por principais fatores condicionantes: a erosividade, a erodibilidade, o relevo e a cobertura vegetal. Além disso, é possível citar diversos outros fatores intensificadores ou amenizadores da erosão, como as práticas de manejo indevido do solo, práticas conservacionistas e preservacionistas, mudanças climáticas, desastres ambientais, entre muitos outros que interferem de forma direta ou indireta nas etapas da erosão (BERTONI; NETO, 2012).

Essa problemática exige e justifica maior atenção da comunidade e empenho dos gestores públicos no que se refere ao ordenamento da ocupação e ao desenvolvimento local, considerando as potencialidades e as limitações de aproveitamento, principalmente da região litorânea (FRANÇA, 2020).

A ocupação desordenada da linha de costa causa um importante conflito socioeconômico, o qual envolve riscos potenciais à população. Esse conflito se torna evidente devido ao desenvolvimento de infraestrutura nas cidades litorâneas, à elevada densidade populacional dessas áreas e às alterações climáticas que tendem a acelerar os processos erosivos atuantes no litoral (DA SILVA *et al.*, 2020).

3.8.4 End Point Rate (EPR)

O posicionamento da linha costeira reflete o balanço de sedimentos costeiros e as alterações podem sugerir efeitos naturais ou induzidos pelo homem ao longo da costa ou em bacias hidrográficas próximas. Consequentemente, a detecção precisa e a monitorização frequente das linhas costeiras são essenciais para compreender os processos costeiros e a dinâmica de várias características costeiras. Para isso, deve-se utilizar de variáveis (EPR e LRR) específicas para realização da análise e monitoramento dessas modificações (MOUSSAID *et al.*, 2015).

O método EPR faz os cálculos de variação dividindo a distância do movimento pelo tempo decorrido entre a linha mais antiga e a mais atual (THIELER *et al.*, 2005), ou seja, é uma relação entre espaço e tempo. Para análises e estudos de variação de linha de costa, o menor valor, indicado pela primeira linha, significa o ponto de partida de análise, e o último valor indicado pela última linha, significa o ponto de chegada da migração (MOREIRA *et al.*, 2014).

O EPR é a extensão em metros da linha de costa mais antiga para a mais nova, dividido pelo período da análise (m/ano), ou seja, é uma média. Possibilita em geral uma média de variação anual em metros (negativa ou positiva) por ano ao longo do período. Esse método pode servir também como parâmetro para projeção de cenários. E pode também mascarar ciclos ou tendências erosivas e/ou deposicionais ao longo do período (SOUZA, 2016).

O método de EPR leva em consideração apenas a linha de costa mais antiga e a mais atual, neste cenário realmente pode-se observar um estado erosivo (NASCIMENTO, 2023).

De acordo com Thieler *et al.* (2005), a maior vantagem do EPR é sua forma facilitada da utilização da computação, pois emprega fórmulas simples para a compreensão e a exigência mínima de dados, uma vez que basta usar apenas duas linhas para que seja efetuado o cálculo das taxas de mudança. A desvantagem está no uso de mais de uma linha para a realização do cálculo, onde as informações para as demais linhas são desconsideradas, contudo, isso não desqualifica os resultados (FARIAS *et al.*, 2007).

3.8.5 Linear Regression Rate (LRR)

A linha costeira é um dos acidentes geográficos que modificam mais rapidamente nas áreas costeiras. Visto que a sua posição é o geoindicador mais importante na evolução costeira e é quem fornece o maior número de informações sobre a dinâmica do relevo costeiro (MOUSSAID *et al.*, 2015).

O método LRR calcula as cotas de recuo de linha de costa através de regressão linear simples. Esse é um método que aplica conceitos estatísticos reconhecidos, onde todos os transectos são ponderados para a execução do cálculo. Para este método são utilizados todos os dados, independentemente de mudanças de tendência e precisão, como é um método puramente computacional os dados são baseados em conceitos estatísticos. Entretanto o método de regressão linear é um método predisposto a desvios extremos, sendo assim imprescindível a associação com outros métodos dentre eles o EPR (MOREIRA *et al.*, 2014).

3.8.6 Benefícios ambientais da energia eólica

A redução de emissões de GEE é a característica mais perceptível que recebe o foco mais econômico e técnico entre todas as vantagens possíveis. Em comparação com usinas de energia baseadas em combustíveis fósseis, os sistemas de energia eólica são uma ótima solução, pois não produzem emissões gasosas como CO_x, SO_x, NO_x, material particulado (PM) como fuligem ou quaisquer outros poluentes atmosféricos durante a operação fase (Sayed *et al.*, 2021).

De acordo com a American Wind Energy Association - AWEA (2020), as turbinas eólicas evitaram 189 milhões de toneladas métricas de CO₂ no setor de

energia, conforme retratado na Fig. 6, equivalente a 42 milhões de carros de emissões de CO₂ somente em 2019.

Também é observado que um projeto típico de energia eólica paga suas pegadas de carbono em menos de seis meses e fornece décadas de energia com emissão totalmente zero. Enquanto em relação a outras emissões gasosas como SO_x, NO_x e PM, que causam smog levando a ataques de asma e outros impactos graves à saúde, os sistemas de energia eólica reduzem significativamente esses poluentes (MEHRJERDI, 2020).

Foi registrado que somente em 2018, tais reduções de poluentes criaram US\$ 9,4 bilhões em economia de saúde pública, deixando um enorme impacto positivo nos setores de saúde ambiental e humana. Além disso, os sistemas de energia eólica não requerem uma grande quantidade de água de processo que é inevitavelmente usada para produzir eletricidade em usinas termelétricas convencionais. Portanto, em termos de produção de energia e consumo de água, a energia eólica é uma excelente alternativa às usinas convencionais. Obviamente, a água é uma fonte muito vital e limitada, pelo que qualquer redução significativa do consumo de água pode permitir um melhor abastecimento de água para outros fins (SAYED *et al.*, 2021).

3.8.7 Legislação

Os órgãos intervenientes são aqueles regularmente envolvidos no processo de licenciamento ambiental e especificados pela Portaria Interministerial nº 60/2015, consistindo na Fundação Nacional do Índio – FUNAI, Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA (originalmente, Fundação Cultural Palmares), Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional – IPHAN e Ministério da Saúde. Quando o empreendimento afetar Unidade de Conservação (UC), conforme previsão da Lei Federal nº 9.985/2000 e Resolução CONAMA nº 428/2010, deverá ser solicitada autorização do órgão responsável por sua supervisão. No caso de UCs federais, esse órgão é o ICMBio e os processos relativos à sua autorização para licenciamento ambiental estão previstos na Instrução Normativa Conjunta ICMBio/IBAMA nº 8/2019 (BUGONI *et al.*, 2022).

Essa IN também faculta ao IBAMA requerer manifestação técnica especializada do ICMBio acerca de eventuais impactos sobre espécies ameaçadas

de extinção, a qual terá caráter opinativo e não vinculante, tal como determina que sejam analisados os Planos de Ação Nacional e as áreas geográficas de concentração de espécies ameaçadas (IBAMA, 2022).

A IN ICMBio/IBAMA nº 01/2014 determina que os dados relativos à fauna silvestre oriundos dos estudos, programas de monitoramento e procedimentos de resgate de fauna vinculados ao licenciamento ambiental federal sejam aplicados em banco de dados com acesso amplo e irrestrito de ambos os órgãos. Por isso, encontra-se em fase de desenvolvimento a plataforma SISBIA (Sistema de Gestão de Dados de Biodiversidade para Avaliação de Impacto Ambiental), que também prevê nível público de acesso (IBAMA, 2020).

A Resolução CONAMA nº 279/2001, prevê procedimento simplificado para o licenciamento ambiental de empreendimentos com pequeno impacto ambiental, usinas eólicas foram, por vezes, licenciadas com estudos superficiais, ainda que localizadas em áreas sensíveis ou sendo projetos de grande porte (CONAMA, 2001).

Essas diferenças e os consequentes riscos derivados das insuficientes avaliações de impacto ambiental foram propulsores do planejamento da Resolução CONAMA nº 462/2014, que instituiu critérios para enquadramento dos projetos quanto ao potencial de impacto e consequente rito de licenciamento, inclusive fornecendo o conteúdo mínimo dos diferentes tipos de estudo ambiental (AVERSA, 2018).

O termo de referência apresenta o escopo e encadeamento lógico a serem observados no estudo de impacto ambiental necessário à avaliação de viabilidade de cada projeto. O diagnóstico do meio biótico remete para uma maior complexidade no que se alude aos grupos tartarugas, aves e mamíferos marinhos, bem como aos ambientes recifais.

Embora conservando certo grau de autonomia aos consultores, o TR sugere uma ou mais alternativas metodológicas para obtenção de dados, conforme as melhores práticas internacionais e o estado da arte no momento de sua elaboração, sem restringir a proposição de métodos alternativos nos planos de trabalho de cada projeto individual (BUGONI *et al.*, 2022)

4. METODOLOGIA

4.1 Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo foi desenvolvida no Complexo Eólico Delta 3 (-42.6369, -2.6913), localizado na região dos Lençóis Maranhenses, em Barreirinhas e Paulino Neves (Figura 4), que foi inaugurado em 13 de junho de 2017. Sendo esse composto por 193 aerogeradores e suas hélices (também denominadas de pás eólicas) possuem perfil aerodinâmico, têm cerca de 17 toneladas cada e chegam a ter mais de 60 metros de comprimento. A média de altura dos aerogeradores é de 120 metros de altura e 300 toneladas por equipamento. Toda essa estrutura colossal tem a capacidade instalada de 426 MW (AGUIAR, 2021).

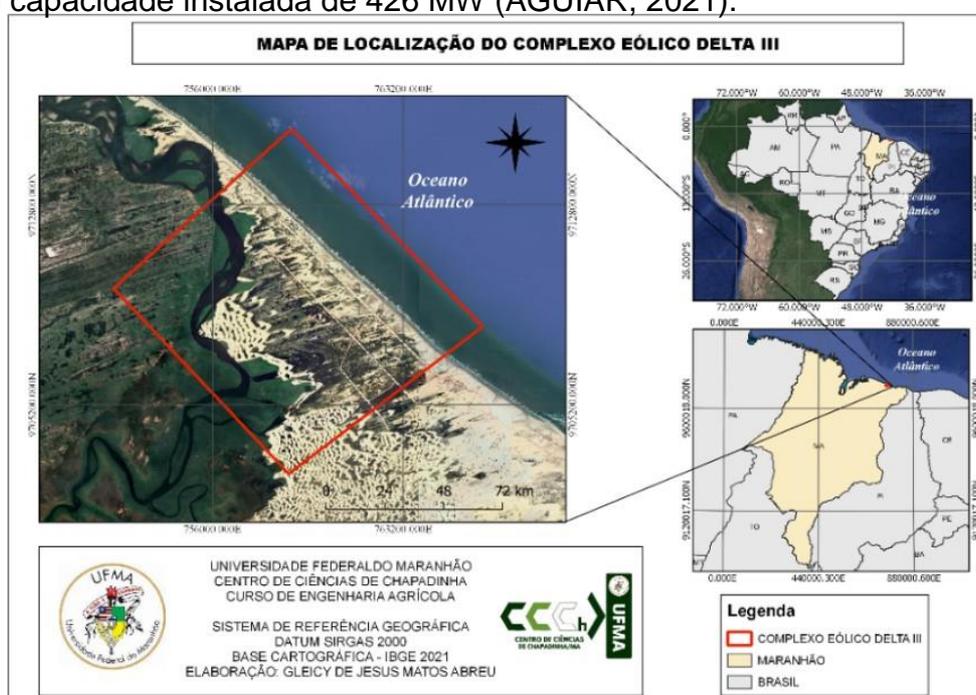


Figura 4. Mapa de localização da área de estudo

De acordo com o IBAMA (2003), a região apresenta um relevo entre suave e moderadamente ondulado, com altitudes em torno de 0 a 40 metros. É formado por depósitos eólicos e marinhos quaternários, representado por extenso campo de dunas livres e fixas (com altura média de 30 m), por planícies de deflação e inundação, lagoas, praias e manguezais.

O clima da região é classificado como semidesértico brando e Tropical Atlântico, apresentando um período chuvoso que de maneira geral estende-se de janeiro a julho (PINHO *et al.*, 2019). A vegetação apresenta um aspecto característico, produzido por diversas formas de adaptação às altas temperaturas da areia, à água salgada, à forte ação do vento e da areia e à escassez de água nas

dunas, onde seu solo é classificado como areno-quarzoso, com duas principais unidades taxionômicas, sendo elas: areias quartzosas marinhas e quartzosas (DA ROCHA *et al.*, 2020).

Na região, a dinâmica é muito intensa sendo o vento o principal agente modificador da paisagem. No estuário do sinuoso rio Preguiças a grande variação da maré e contínua erosão (deposição) de areia altera a abertura da barra (DE OLIVEIRA SERRA *et al.*, 2021).

4.2 Obtenção e processamento dos dados espaciais

Para a realização da presente pesquisa foi utilizada a base de dados do Google *Earth Engine*, que possibilitou a aquisição de dados já processados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que forneceu os dados para criação do mapa de localização da área de estudo, que foram elaborados através do software QGIS® 3.22.8 *Białowieża*.

4.3 Índices Espectrais

Posteriormente foram realizados levantamentos de dados da região que compreende os municípios de Barreirinhas e Paulino Neves do Estado do Maranhão, referentes à cobertura vegetal do solo, onde para a realização da análise proposta foram obtidas imagens de satélites, junto ao site: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, as quais foram utilizadas para a realização dos cálculos adequados dos índices de vegetação, produzindo assim o NDVI - Normalized Difference Vegetation Index / Índice de Vegetação por diferença Normalizada – (ROUSE *et al.*, 1973) (Equação 1), EVI - Enhanced Vegetation Index / Índice de Vegetação Melhorado – (JUSTICE *et al.*, 1998) (Equação 2) e de SAVI - Soil Adjusted Vegetation Index / Índice de Vegetação Ajustado ao Solo – (HUETE *et al.*, 1988) (Equação 3), provenientes do sensor Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS), a bordo do satélite Landsat 8 – 9.

As imagens Landsat possuem resolução espacial de 30m e foram utilizadas imagens do período de 2004 a 2023, quando estas se encontravam livres de nuvens sobre a área de estudo, totalizando 12 imagens.

De acordo com Rouse *et al.* (1973), o Normalized Difference Vegetation Index - Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI) normaliza a razão simples para o intervalo de -1 a +1, onde as áreas de vegetação mais impetuosa aproximam-se dos níveis superiores e áreas alagadiças, do limite inferior. Elabora-se em um dos índices de vegetação de maior difusão e com larga utilidade em estudos florestais, de culturas agrícolas e climáticos. O NDVI é representado pela seguinte equação(1):

Enquanto que o Enhanced Vegetation Index - Índice de Vegetação Melhorado (EVI), segundo proposição de Justice *et al.* (1998), visa aprimorar o sinal da vegetação, intensificando a resposta em regiões de elevada concentração de biomassa, aperfeiçoando as interferências do solo e atmosféricas nas respostas. Sendo a equação (2) do EVI a seguinte:

Já o Soil Adjusted Vegetation Index - Índice de Vegetação Ajustado para o Solo (SAVI) surgiu como alternativa ao NDVI buscando minimizar o efeito do solo no seu valor final. Segundo Huete *et al.* (1988) o SAVI pode ser adquirido a partir da consideração de uma constante L , que pode variar de 0 a 1, sendo empregado o valor médio na maioria dos casos (0,5) equação (3):

Sendo: correspondente à reflectância no infravermelho próximo; a reflectância no vermelho; a reflectância no azul; G é o fator de ganho; L é a constante que reduz o efeito do solo; $C1$ e $C2$ são os fatores de ajuste para minimização do efeito dos aerossóis da atmosfera.

Após a aquisição das imagens foi utilizado software para realização do processamento, tratamento e análise dos dados. As imagens foram analisadas conforme a sequência estabelecida para cada ano de estudo, em seguida reprojetaadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS 2000) para a obtenção de layouts para os mapas de NDVI, EVI e SAVI da área de estudo.

4.4 Hidrografia da área de estudo

Em seguida foram adquiridos os dados vetoriais referentes a hidrografia da área de estudo, sendo esses obtidos através do banco de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Serviço Geológico do Brasil (SGB). Os dados obtidos foram tratados e processados pela ferramenta de Sistema de Informações Geográficas (SIG), e posteriormente foi realizada a vetorização dos dados e a criação do mapa de hidrografia da área de estudo.

4.5 Fauna e Avifauna

Para a criação e análise do mapa de riqueza potencial de espécies de morcegos e localização de parques eólicos em atividade no Brasil e no estado do Maranhão, foram utilizados dados disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Esses dados passaram pelo processo de modelagem que expressa a distribuição potencial das espécies em quadrículas de 5 × 5 km, a partir de um banco de dados de mais de 9.000 registros pertencentes a 132 espécies, esse método foi idealizado pelos pesquisadores Fialho; Gomes Filho (2022), e está disponível na plataforma do ICMBio. Para esse processo de modelagem foram utilizadas quadrículas de 10 minutos, ou cerca de 18 × 18 km, advindas de uma grade virtual criada sobre o território brasileiro.

Utilizou-se também nesse processo os dados de aerogeradores disponíveis no Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico da Agência Nacional de Energia Elétrica em 26 de janeiro de 2022, para calcular a área total de rotor existente em cada quadrícula. Este cálculo considera a área do rotor de cada aerogerador a partir do diâmetro de suas pás, e soma as áreas do total de aerogeradores.

Através desse processo tornou-se possível expressa qual área potencial (em m²) de colisão dos morcegos, além de também estimar em relação a outros animais voadores - com as pás dentro de cada quadrícula de ~ 324 km². Estes procedimentos foram feitos usando ferramentas do *software* QGIS® (Versão 3.22.8 *Białowieża*).

Em seguida foram adquiridos os dados das regiões brasileiras obtidos através do banco de dados do IBGE e dados de ocorrência das espécies através da plataforma do ICMBio, que são disponibilizados junto ao Relatório de Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil, proporcionando assim a vetorização dos dados quantitativos. Estes foram refinados e tabulados e logo após aplicados no *software*, para realização do método de interpolação *idw*, para que assim torna-se possível a produção do mapa das áreas de concentração de aves migratórias no Brasil e no estado do Maranhão.

Para o desenvolvimento do mapa de áreas com registros de aves ameaçadas foi utilizado um arquivo do tipo *shapefile* com uma grade com células quadradas de 10' (minutos¹) (aproximadamente 18 km) de lado, que foi criada e sobreposta ao território brasileiro, incluindo as ilhas oceânicas, essa grade foi obtida via download na plataforma do ICMBio e os dados foram processados e analisados através de ferramentas SIG.

Posteriormente realizou-se a aquisição de dados quantitativos já processados e disponibilizados na plataforma do ICMBio, junto ao Relatório de Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil. Estes dados foram refinados e tabulados, onde foi gerado o gráfico dos principais vetores de ameaças às espécies migratórias ameaçadas no Brasil.

4.6 Erosividade da Linha Costeira

Para a determinação da dinâmica posicional da linha de costa do litoral da área que compreende o Complexo Eólico Delta III, foi adotada a ferramenta gratuita de código aberto, designada de Coastal Analyst System from Space Imagery Engine - CASSIE.

Essa ferramenta foi elaborada por Almeida *et al.* (2021) em linguagem de programação JavaScript, utilizando a Application Programming Interface (API) do Google Earth Engine (GEE) e pode ser aplicada a qualquer região costeira da Terra onde exista uma fronteira entre a água e a terra (NASCIMENTO, 2023).

Essa ferramenta foi escolhida em virtude do fato que a mesma utiliza as imagens de satélite Landsat e Sentinel-2, disponíveis gratuitamente no (GEE), e implementa uma detecção automática da linha costeira usando o Normalized Difference Water Index (NDWI) junto com o algoritmo de segmentação de imagem

Otsu, onde seus resultados são compostos por dados e tabelas obtidos automaticamente por meio de análise estatística das informações extraídas em cada imagem de satélite, de forma semelhante à ferramenta Digital Shoreline Analysis System (DSAS, da USGS).

O curso de trabalho dos distintos processos que envolvem a interação do usuário com a Interface Gráfica de Usuário (GUI) do CASSIE, o processamento interno e resultados são apresentados e descritos na Figura 5.

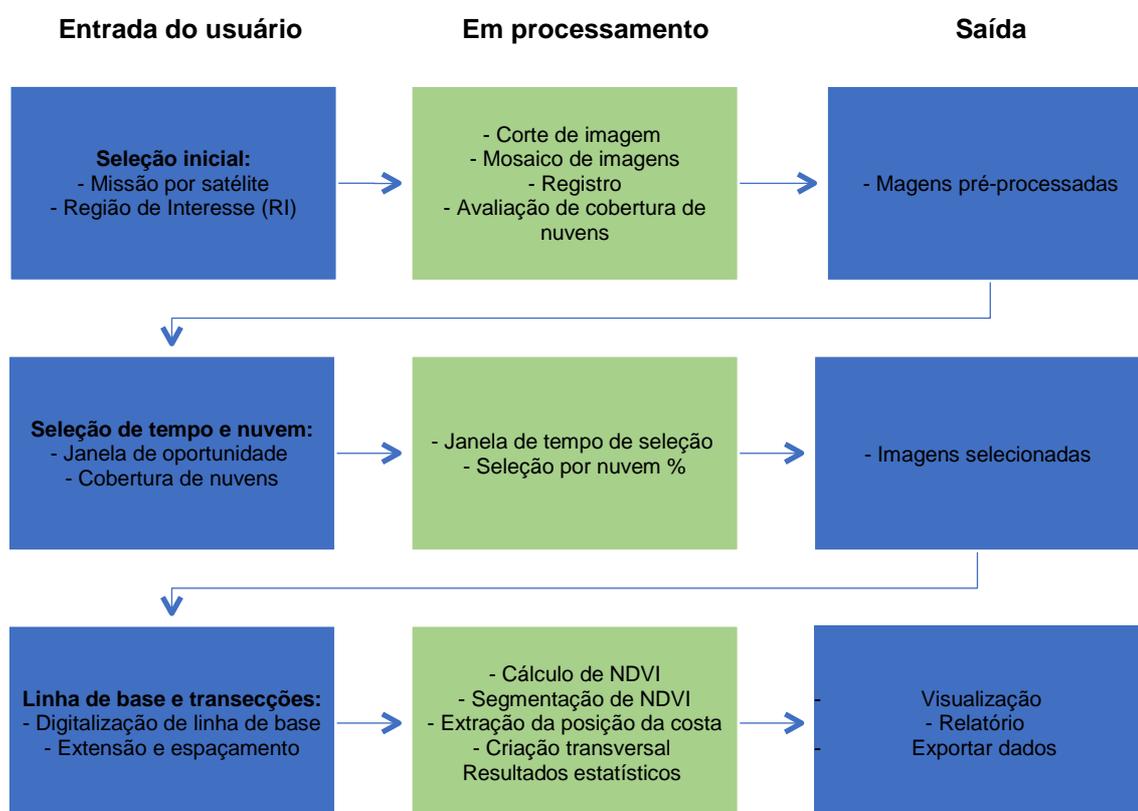


Figura 5. Fluxograma de etapas dos processos de usuário CASSIE

Fonte: ALMEIDA *et al.* (2021).

Logo após a seleção da missão do satélite e definição do Região de Interesse (RI), o CASSIE realiza um conjunto de operações sequenciais para pré-processar as imagens que estão disponíveis. Os métodos de pré-processamento abrangem o mosaico de imagens (processo de montagem espacial de conjuntos de dados de imagens para produzir uma imagem contínua); quando o RI cruza mais de um bloco, realiza o registro de imagem (correção de deslocamentos horizontais entre as imagens) e porcentagem de nuvem calculado sobre o RI usando o algoritmo C Function of Mask (CFMask) (FOGA *et al.*, 2017; Apud ALMEIDA *et al.*, 2021).

Assim que o pré-processamento inicial é concretizado o usuário determina o intervalo de tempo ao qual é realizada a análise e também definir a porcentagem de nuvens presentes nas imagens selecionadas.

Antes do CASSIE realizar a detecção automatizada de linha costeira nas imagens pré-selecionadas, uma linha de base é imprescindível. As estatísticas da linha costeira CASSIE (por exemplo, taxa de mudança) serão baseadas no método de distância da linha de base (LEATHERMAN; CLOW, 1983; THIELER *et al.*, 2009; Apud ALMEIDA *et al.*, 2021).

O CASSIE funciona por meio de detecção automática, desse modo acontece a aplicação de um algoritmo que realiza a detecção da linha de costa às margens pré-processadas, esse procedimento incide porque é empregado o Índice de Diferença Normalizada (NDWI) que é sobreposto em cada imagem que foi selecionada para a análise que é definida pela Equação (4):

Sendo o NIR e VERDE a refletância SR do pixel na faixa do infravermelho próximo e na faixa verde, simultaneamente. Quando o resultado da imagem NDWI tem um histograma bimodal claro (as duas classes, terra e água, são bem distinguidas na imagem), o corpo d'água e a terra são classificados, usando um Otsu de duas classes algoritmo de limiarização (ALMEIDA *et al.*, 2021).

Assim que o CASSIE finaliza todos os cálculos estatísticos, os resultados serão adicionados a um mapa final, onde a linha de base, linhas costeiras e transectos podem ser visualizados sobre uma imagem de satélite de alta resolução ou mapa de base do Google Maps (para eleger o tipo de mapa de base dois botões estarão disponíveis no canto superior esquerdo do mapa final).

Os transectos são coloridos de acordo com a classificação do LRR resultados, para promover uma avaliação qualitativa preliminar da variabilidade espacial das tendências da linha costeira. O usuário pode realizar uma consulta a todo o transecto, individualmente, que abrirá automaticamente um gráfico de dispersão da série temporal das posições da linha costeira (distância à linha de base) usadas na análise estatística, juntamente com um conciso relatório dos resultados calculados para o transecto selecionado. Em seguida, um relatório final contendo todos os resultados estatísticos, em forma de tabela, também é adicionado automaticamente ao mapa (NASCIMENTO, 2023).

Posteriormente à essa etapa os dados quantitativos referentes a ocorrência de processos erosivos foram tabulados e refinados para uma melhor organização dos resultados em formato de tabelas no programa Excel®. A elaboração dos layouts foi realizada no software livre QGIS® 3.22.8 *Białowieża* para representação dos resultados na área de estudo.

Foi utilizada a análise espacial juntamente com a análise climática para que fosse possível evidenciar a influência da variabilidade climática sobre a linha costeira litorânea e entornos do Complexo Eólico Delta III.

Nesse contexto ambas as análises consistiram em séries temporais que datam do mesmo período, isso permitiu realizar a verificação do comportamento das tendências encontradas, comparando-as com a evolução das taxas de variação da linha costeira.

Acerca das ondaletas e com o auxílio das taxas de variação encontradas, facilitaram na identificação de quais fenômenos atmosféricos demonstram maior interação e intensificação, confrontando os resultados das médias e imagens da situação da região litorânea encontrada pelo CASSIE para o mesmo período entre os anos de 2007 – 2008, 2011 – 2012, 2020 - 2023 (La Niña) e 2009 – 2010, 2014 – 2016, 2018 – 2019 (El Niño).

5. RESULTADOS

5.1 Índices Espectrais

Na Figura 6 é possível observar os valores de NDVI calculados para a área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023, respectivamente. O NDVI de 2004 apresentou variação de 42,85% na cobertura vegetal da área e o de 2014 mostrou modificação de 44,44%, sendo uma diferença nessa variação de +1,59% durante o intervalo de anos (2004-2014). Já o resultado do NDVI de 2017, ano de implantação do Complexo eólico, indicou que houve alteração de 36,84% na cobertura vegetal da região e em 2023 a variação foi de 29,62%, ocorrendo uma diferença de -7,22% em relação ao intervalo de anos (2017-2023), constatando que após a implantação do complexo houve redução na cobertura vegetal do solo.

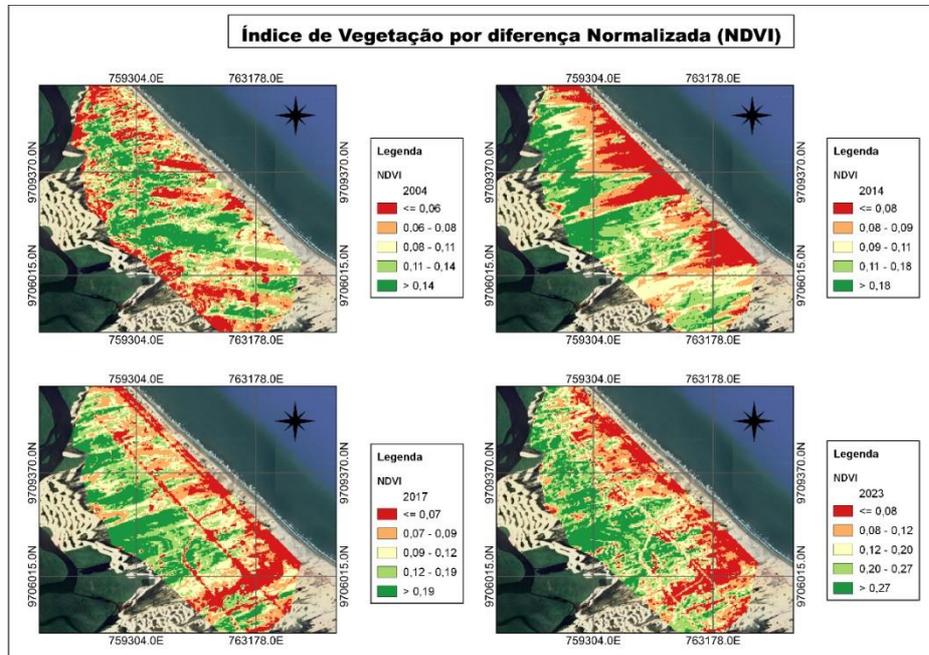


Figura 6. Índices de Vegetação por Diferença Normalizada da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023

Ao comparar com a informação anterior, é observado que o índice SAVI (Figura 7) demonstrou sensibilidade à variabilidade espacial de forma semelhante ao NDVI (Figura 6), houve uma diferença de -6,53% em relação ao intervalo de anos (2017-2023), e no ano de 2004 apresentou uma maior variação na cobertura vegetal. Isso refletiu na menor área coberta por vegetação rala e solo desprovido de vegetação, sendo coerente com o padrão observado anteriormente.

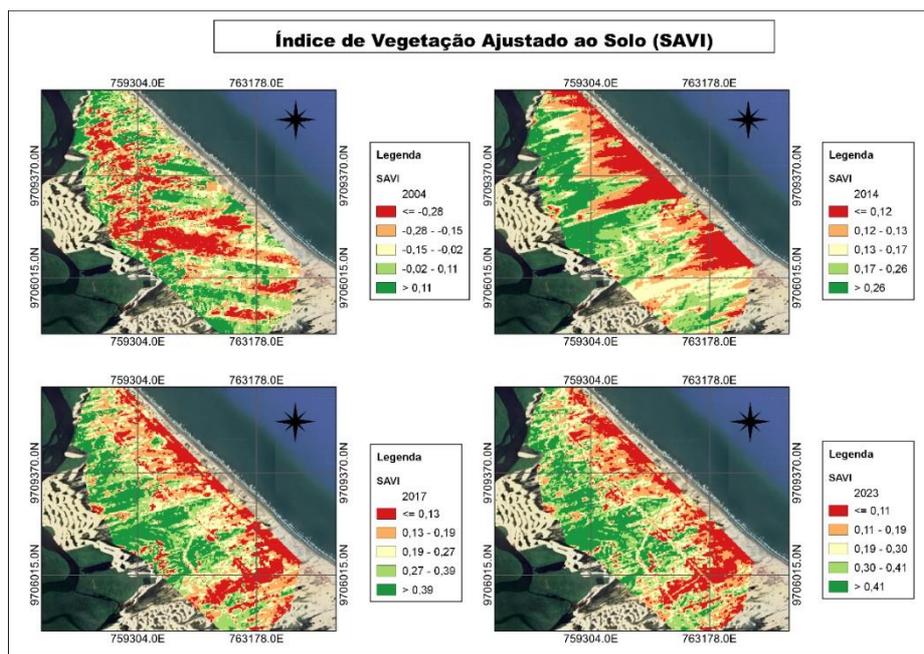


Figura 7. Índices de Vegetação Ajustada ao Solo da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023

Em comparação com os índices SAVI (FIGURA 7) e NDVI (FIGURA 6) previamente mencionados, o índice EVI (FIGURA 8) revela uma sensibilidade menor

em relação à variação dos cenários na área de estudo. Houve uma variação de +9,04% da cobertura vegetal durante o intervalo de anos (2004-2014) e de -10% referente ao intervalo dos anos (2017-2023).

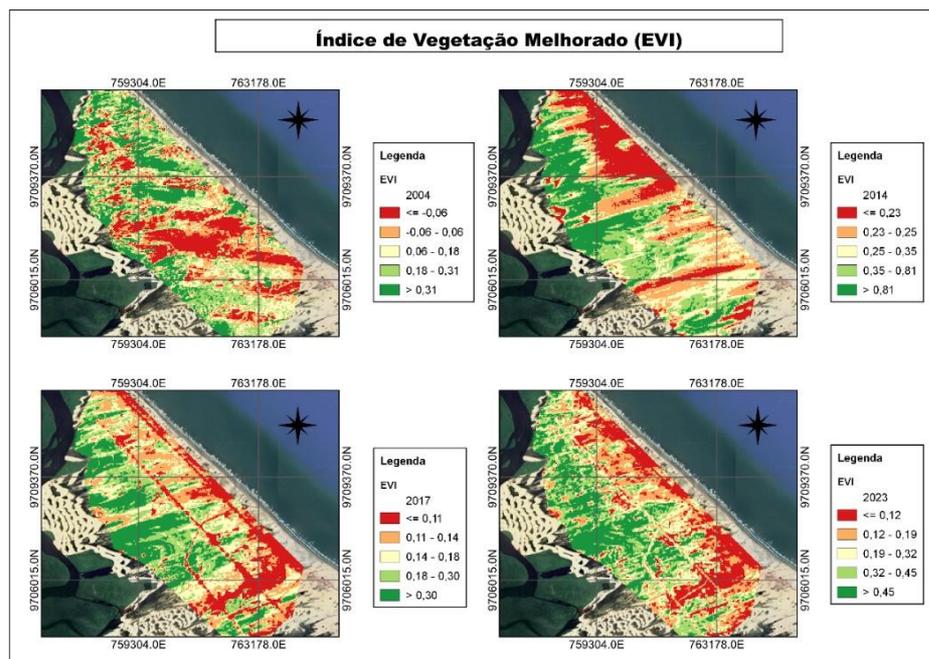


Figura 8. Índices de Vegetação Melhorado da área de estudo nos anos de 2004, 2014, 2017 e 2023

Para realizar a implantação desse tipo de empreendimento, faz-se necessárias práticas de escavação da fundação e construção de estradas, as quais podem afetar a biossistema local. Isso pode resultar em erosão do solo, visto que se as plantas da superfície são removidas, a superfície do solo fica exposta a fortes ventos e chuvas.

Quanto à retirada da vegetação, é fundamental destacar suas consequências, uma vez que acarreta movimentos acelerados de areia carreada pelo vento, que passam a se mobilizar de forma desordenada e cobrem casas e estradas, assoreando lagoas e rios.

5.2 Hidrografia

Ao analisar a área hidrográfica (Figura 9) do Complexo Eólico Delta III, percebe-se que o mesmo está situado em uma região que faz parte da área de proteção ambiental da foz do Rio Preguiças, e que seu entorno é composto por dunas, rios (Rio Preguiças e Rio Sucuriçu), ilhas, terrenos sujeitos a inundação, área alagada e região litorânea.

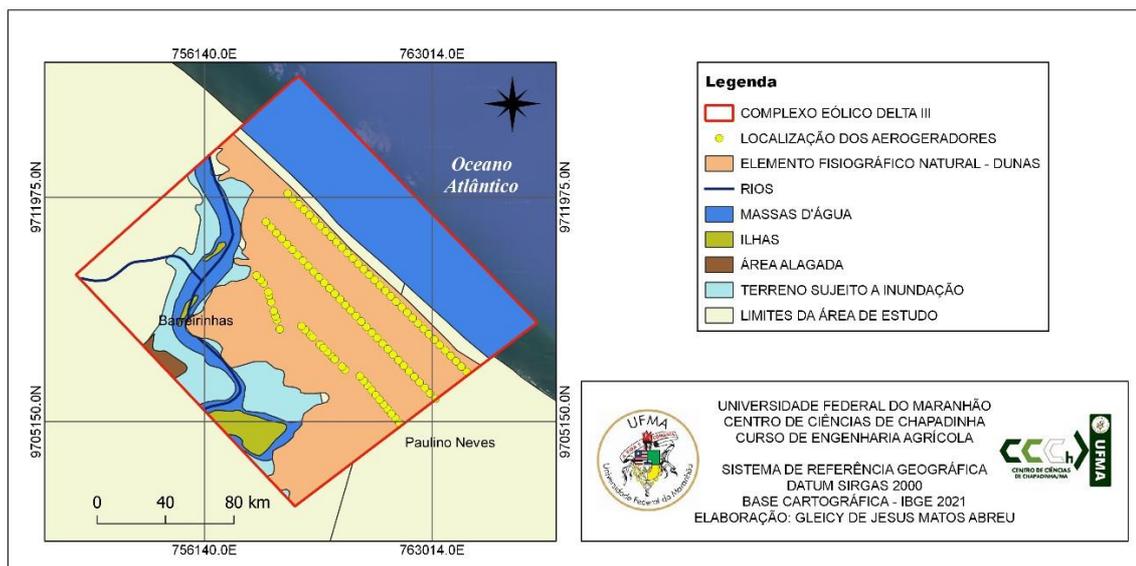


Figura 9. Mapa da hidrografia na área do Complexo Eólico Delta III

O Rio Preguiças é considerado o rio mais importante da região dos Lençóis Maranhenses por ser navegável e por servir de canal de acesso ao mar. Começa no povoado Barra da Campineira, no município de Anapurus, e percorre mais de 120 km, até desaguar no oceano Atlântico, no município de Barreirinhas (RAMOS, 2012).

A região do complexo e seu entorno possui um domínio hidrogeológico: do aquífero poroso ou intergranular, relacionado aos sedimentos inconsolidados dos depósitos de pântanos e mangues, depósitos eólicos continentais, depósitos de cordões litorâneos e depósitos aluvionares (CORREIA FILHO, 2011).

Os depósitos de pântanos e mangues, por apresentarem uma constituição predominantemente pelítica, causam uma permeabilidade fraca, distinguindo esses depósitos sedimentares como um aquífero, com potencial hidrogeológico extremamente fraco (MENDES *et al.*, 2018).

Já as dunas, relacionadas aos depósitos eólicos continentais, depósitos de cordões litorâneos e depósitos eólicos litorâneos, formam um aquífero livre superior, constituído de areias bem classificadas, de alta permeabilidade, sobreposto discordantemente aos sedimentos da formação Barreiras e/ou sobre manchas

aluvionares, ocasionalmente recortados pela rede de drenagem. Estão localizadas ao longo da costa, formando uma faixa paralela, de largura variável, cuja espessura pode alcançar até 30 m. Sua alimentação se faz, principalmente por infiltração direta das águas de chuvas (CORREIA FILHO, 2011).

Enquanto que os depósitos litorâneos, constituídos de sedimentos essencialmente arenosos, além de outros predominantemente siltosos e argilosos, contendo teores variados de matéria orgânica, formam um aquífero livre, de média a baixa permeabilidade, com potencial hidrogeológico muito fraco a fraco, a depender da espessura dos sedimentos mais arenosos (SNGM, 2011).

As aluviões não possuem litologia bem deliberada, mudando desde frações grosseiras, como cascalhos, areias grossas até frações argilosas e constituem importantes aquíferos do tipo livre. Sua alimentação se faz por infiltração lateral das águas dos rios e por infiltrações pluviométricas. Seus exutórios, através das restituições aos rios, têm início em abril prolongando-se até julho, com sensível rebaixamento do nível freático (CORREIA FILHO, 2011).

5.3 Fauna e Avifauna

É possível observar que o empreendimento está situado no entorno de uma área de desova de tartarugas. Dessa forma, entende-se que o empreendimento gera um impacto negativo, visto que de modo direto isso modifica a biota da região.

Essa informação condiz com os dados desenvolvidos em uma pesquisa por Barata (2022) em parte da região do Complexo Eólico Delta III e Delta Parnaíba, onde trouxe como um dos principais dados de sua pesquisa a ocorrência de desova da espécie *Dermochelys coriácea*, também conhecida como tartaruga-de-couro (Figura 10), a qual está classificada na Lista Vermelha da IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza), em nível global, como Vulnerável (VU). Sendo que, no Brasil, essa espécie está classificada como Criticamente em Perigo pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA).



Figura 10. Tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriácea*) – espécie ameaçada de extinção

Fonte: Fundação Projeto TAMAR (2023)

Em 2019, o Governo do Maranhão solicitou ao Ministro do Meio Ambiente a implantação do Projeto TAMAR (projeto conservacionista, criado no início da década de 80, que visa a preservação das tartarugas-marinhas, espécies nos dias de hoje ameaçadas de extinção) no Estado do Maranhão, mais precisamente nos polos Barreirinhas e Cururupu, onde se localizam o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses e Reserva Extrativista (Resex) de Cururupu, respectivamente.

Isso ocorreu após informações obtidas pelo sistema de monitoramento de telemetria satelital, confirmar que fêmeas de tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) (Figura 11), atualmente classificadas como em perigo crítico de extinção (CR) pela IUCN, as quais se reproduzem no litoral do Rio Grande do Norte, alcançaram a região das Reentrâncias Maranhenses, permanecendo ao largo da APA, da Resex Cururupu, Lençóis Maranhenses e Barreirinhas.



Figura 11. Tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*) – espécie ameaçada de extinção

Fonte: Fundação Projeto TAMAR (2023)

Os pesquisadores Neri *et al.* (2019), ressaltam que nesses tipos de empreendimentos há também impactos sobre a paisagem (poluição visual) e sobre ambientes sensíveis, tais como: dunas e montanhas, além de também gerar impactos negativos sobre processos de criação ou sobre áreas protegidas já estabelecidas.

Segundo os pesquisadores Gorayeb *et al.* (2019) no desenvolvimento de um complexo eólico pode-se ocorrer também não apenas a perda e fragmentação de *habitat*, decorrentes da abertura de vias de acesso e instalação de estruturas associadas (linhas de transmissão e subestações), mas também desencadear conflitos com moradores locais (pescadores, quilombolas, indígenas) em razão de sobreposição e restrição de usos (acessos para pesca, turismo), além de eventuais problemas de saúde associados à emissão de ruído pelas pás das torres, fato esse também observado como uma das problemáticas presentes na área estudada.

Dentre essas problemáticas analisadas durante o desenvolvimento da pesquisa, os impactos sobre a avifauna tem chamado a atenção de pesquisadores e órgãos públicos, principalmente os relacionados à implantação e ao desenvolvimento de complexos eólicos.

Em uma pesquisa desenvolvida recentemente por Choi *et al.* (2020), apresentam-se diversas evidências de alguns impactos negativos nesse tipo de empreendimento, e dentre esses são bastante documentados os impactos sobre a fauna, principalmente relacionadas a morcegos e aves, os quais também são muito presentes na área do Complexo Eólico Delta 3 – Maranhão.

Com o aumento do número de aerogeradores e tendência também para o uso de aerogeradores maiores e com maior área de rotor, consequentemente, gerou também aumento da área de colisão potencial com a fauna voadora.

Na Figura 12, estão representadas as áreas com maior riqueza potencial, apresentando ± 109 espécies de morcegos que se encontram na faixa litorânea no Maranhão, bem como a disposição dos aerogeradores presentes nas regiões. E também demonstra que as regiões com menores incidências estão situadas na região Sul do estado ± 53 espécies.

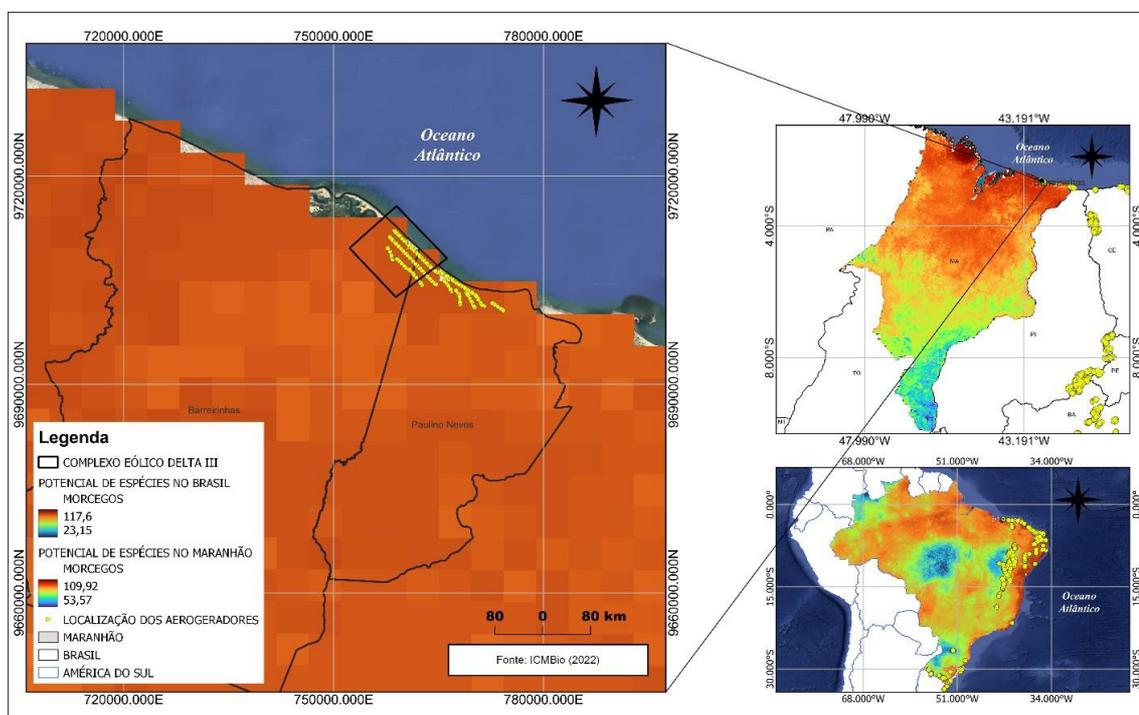


Figura 12. Riqueza potencial de espécies de morcegos e localização de parques eólicos em atividade no Brasil e no estado do Maranhão

Com base nos dados disponibilizados até 07 de novembro de 2023, 13 estados brasileiros possuem parques eólicos em operação. A base de dados do SIGEL aponta, em todo o Brasil, 18.129 aerogeradores, sendo que 8.410 destes constam como “em operação” (BUGONI *et al.*, 2022).

A Figura 13, apresenta a configuração espacial da disposição das aves migratórias no Brasil e no estado do Maranhão, a qual se observa a grande incidência dessas aves na área de estudo e entornos, além também de mostrar a quantidade de aerogeradores na área de estudo, sendo 63 em uma quadrícula e 130 em outra, totalizando 193 aerogeradores espalhados na região.

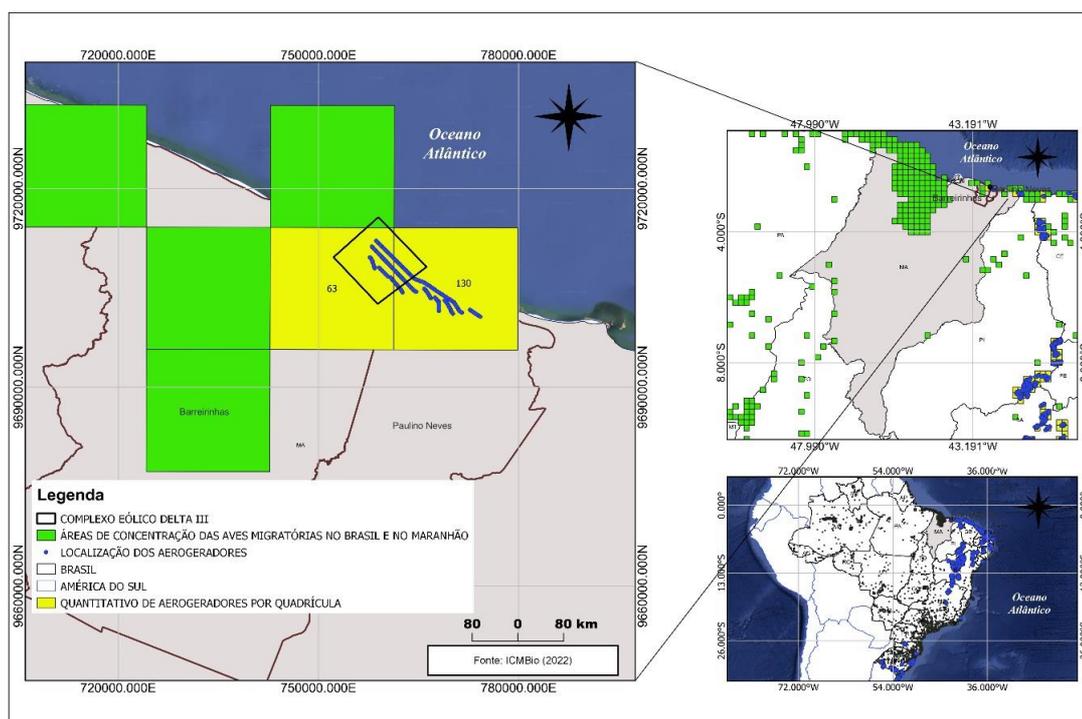


Figura 13. Áreas de Concentração de Aves Migratórias no Brasil e no estado do Maranhão

Ao analisar a distribuição espacial dos parques eólicos na região Nordeste, percebe-se que estão localizados sobretudo em dois ambientes diferentes: áreas bem próximas da linha costeira, e as porções mais altas do relevo na porção interior dos estados (Figura 13).

Barros; Bernard (2019), afirma que em ambas as situações, há intensa sobreposição entre locais de instalação de parques eólicos e algumas das áreas com maior riqueza potencial e maior potencial de ocorrência de espécies ameaçadas de morcegos no Brasil. Esta sobreposição é particularmente problemática quando observado que a maior parte dos órgãos ambientais licenciadores da região Nordeste não exige Estudo de Impacto Ambiental para o licenciamento dos parques eólicos, substituindo-o pelo Relatório Ambiental Simplificado.

Corroborando com a afirmação de Neri *et al.* (2019), o qual assegura que a adoção do Relatório Ambiental Simplificado é problemática, uma vez que as áreas

com maior concentração de parques eólicos são também áreas com grandes vazios amostrais para morcegos no Brasil.

Já na Figura 14, observa-se áreas com registros de espécies ameaçadas de extinção coincidem com os locais em que as áreas com geradores estão localizadas. Assim em 100% nas zonas de rota (da avifauna) Atlântica, e apenas 10 quilômetros de distância das regiões mapeadas com áreas de espécies ameaçadas de extinção tais como o maçarico-de-papo-vermelho, pertencente à família *Scolopacidae*.

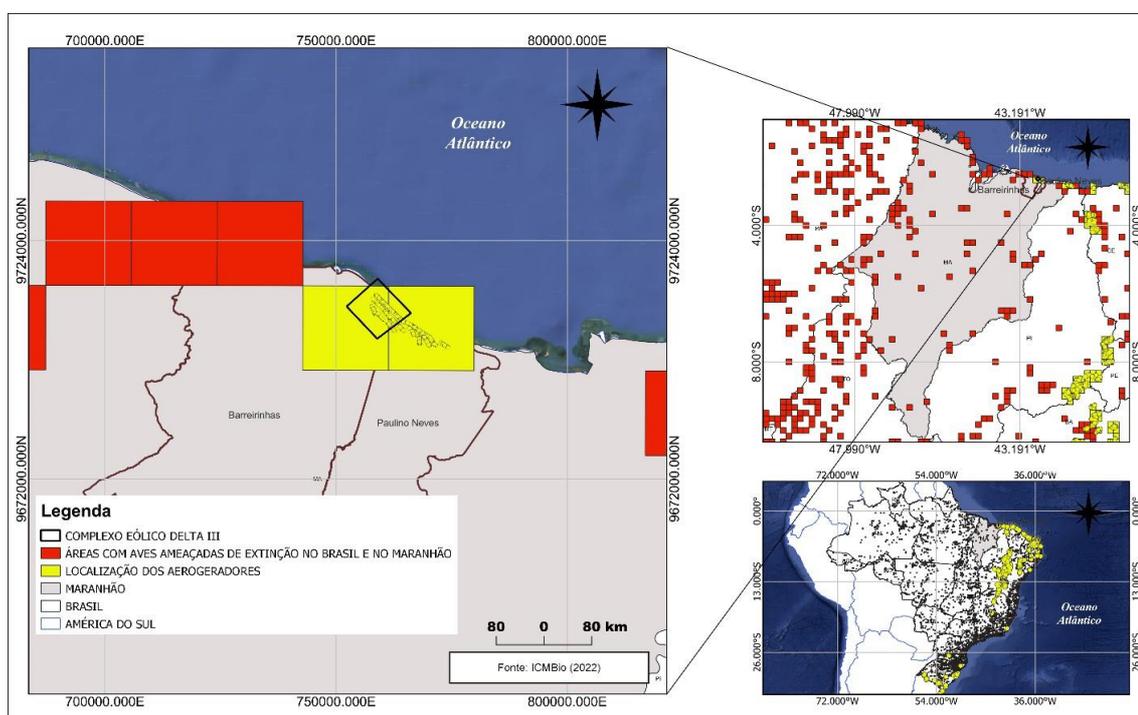


Figura 14. Áreas com registros de aves ameaçadas conforme Portaria MMA nº 444/14

Conforme o Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil, das 16 espécies de aves consideradas migratórias e categorizadas em algum grau de ameaça, 9 possuem como vetores de ameaça as atividades associadas à agropecuária; 8 sofrem com os diversos impactos causados por distúrbios humanos em áreas de turismo e recreação, parques eólicos e por espécies invasoras e/ou oportunistas; 7 são alvos de caça e captura (Figura 15).

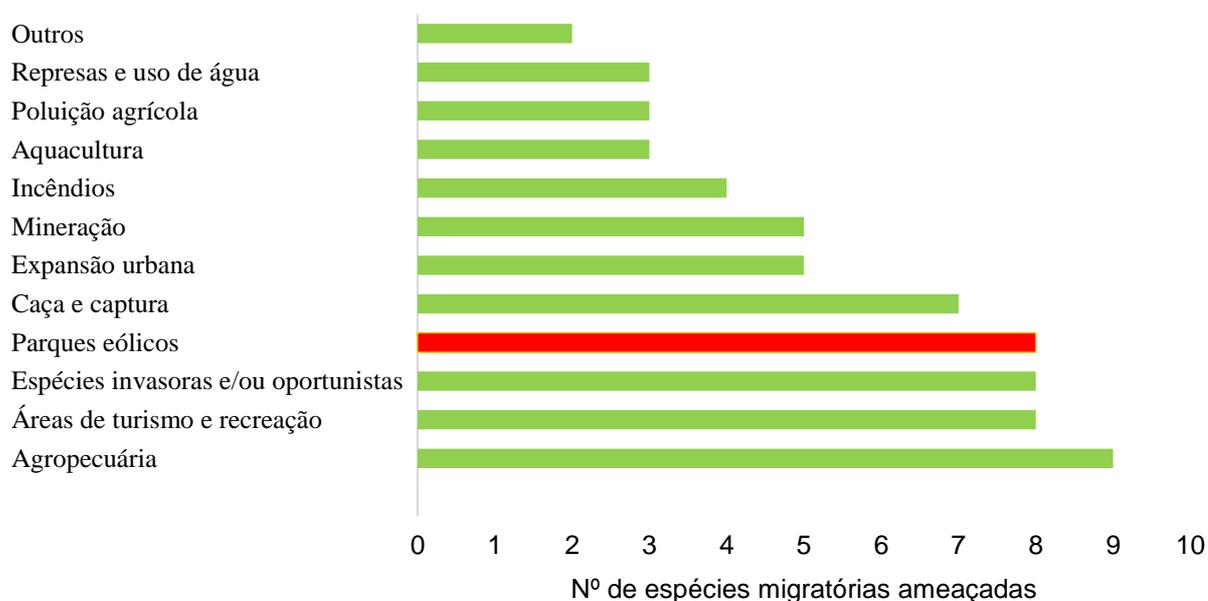


Figura 15. Principais vetores de ameaças às espécies migratórias ameaçadas no Brasil

Fonte: FIALHO; GOMES FILHO (2022).

De acordo com os dados levantados durante o estudo, a área delimitada é atualmente rota de 16 espécies de aves migratórias, dentre elas podemos citar o maçarico-de-papo-vermelho, pertencente à família *Scolopacidae*. É também conhecida como seixoeira e maçarico-de-peito-vermelho (WIKIAVES, 2023).

Existem 5 subespécies. Mas a que ocorre sazonalmente no Brasil é a *rufa*. Essa espécie, principalmente a subespécie *rufa*, encontra-se em perigo iminente de extinção em função da queda populacional rápida e recente. Atualmente está na lista nacional de espécies ameaçadas de extinção, do Ministério do Meio Ambiente, a subespécie *rufa* já é considerada como criticamente ameaçada de extinção (CR) (WIKIAVES, 2023).

De acordo com o levantamento de dados referentes às espécies avistadas antes (Tabela 1) e após a implantação do Complexo Eólico Delta 3 (Tabela 2), observou-se que houve redução no número de espécies observadas. Foram avistadas 35 espécies diferentes no período de 2012 a 2016, das quais 8 eram aves migratórias, sendo que 2 dessas aves encontram-se atualmente listadas como espécie em perigo de extinção (EN) e espécie vulnerável (VU) (Tabela 1) pelo Ministério de Meio Ambiente (Portaria Nº 148) e 32 no período de 2018 a 2023, das quais 7 eram aves migratórias, sendo que 1 dessas aves encontra-se listada como espécie em perigo de extinção (EN) pelo MMA (Tabela 2).

Tabela 1 . Lista de espécies avistadas na área do Complexo Eólico Delta III no período de 2012 a 2016

ESPÉCIES AVISTADAS NA ÁREA DE ESTUDO					
2012 A 2016					
ID	MUNICÍPIO	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	TIPO
1	BARREIRINHAS	<i>Aratinga jandaya</i>	Jandaia verdadeira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
2	BARREIRINHAS	<i>Arenaria interpres</i>	Vira-pedras	LC	MIGRATÓRIA
3	BARREIRINHAS	<i>Berlepschia rikeri</i>	Limpa folha do buriti	LC	NÃO MIGRATÓRIA
4	BARREIRINHAS	<i>Butorides striata</i>	Socozinho	LC	NÃO MIGRATÓRIA
5	BARREIRINHAS	<i>Calidris canutus</i>	Maçarico-de-papo-vermelho	VU	MIGRATÓRIA
6	BARREIRINHAS	<i>Calidris pusilla</i>	Maçarico rasteirinho	EN	MIGRATÓRIA
7	PAULINO NEVES	<i>Certhiaxis cinnamomeus</i>	Curutié	LC	NÃO MIGRATÓRIA
8	BARREIRINHAS	<i>Charadrius collaris</i>	Batuíra de coleira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
9	PAULINO NEVES	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Bacurau-de-asa-fina	LC	NÃO MIGRATÓRIA
10	BARREIRINHAS	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaivota de cabeça cinza	LC	NÃO MIGRATÓRIA
11	BARREIRINHAS	<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-preto	LC	NÃO MIGRATÓRIA
12	BARREIRINHAS	<i>Egretta caerulea</i>	Garça-azul	LC	NÃO MIGRATÓRIA
13	BARREIRINHAS	<i>Egretta tricolor</i>	Garça-tricolor	LC	NÃO MIGRATÓRIA
14	BARREIRINHAS	<i>Eudocimus ruber</i>	Guará	LC	NÃO MIGRATÓRIA
15	BARREIRINHAS	<i>Euscarthmus meloryphus</i>	Barulhento	LC	NÃO MIGRATÓRIA
16	BARREIRINHAS	<i>Formicivora rufa</i>	Papa formiga vermelho	LC	NÃO MIGRATÓRIA
17	BARREIRINHAS	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Caburé	LC	NÃO MIGRATÓRIA
18	BARREIRINHAS	<i>Haematopus palliatus</i>	Piru-piru	LC	NÃO MIGRATÓRIA
19	BARREIRINHAS	<i>Hemitriccus margaritaceiventer</i>	Sebinho de olho de ouro	LC	NÃO MIGRATÓRIA
20	BARREIRINHAS	<i>Himantopus mexicanus</i>	Pernilongo de costas negras	LC	MIGRATÓRIA
21	BARREIRINHAS	<i>Hylophilus pectoralis</i>	Vite-vite-de-cabeça-cinza	LC	NÃO MIGRATÓRIA
22	BARREIRINHAS	<i>Mimus saturninus</i>	Sabiá do campo	LC	NÃO MIGRATÓRIA

23	BARREIRINHAS	<i>Myiarchus sp.</i>	Maria cavaleira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
24	BARREIRINHAS	<i>Myiozetetes cayanensis</i>	Bentevizinho de asa ferrugínea	LC	NÃO MIGRATÓRIA
25	BARREIRINHAS	<i>Myiozetetes similis</i>	Bentevizinho de penacho vermelho	LC	NÃO MIGRATÓRIA
25	BARREIRINHAS	<i>Numenius hudsonicus</i>	Maçarico-de-bico-torto	LC	MIGRATÓRIA
27	BARREIRINHAS	<i>Phaetusa simplex</i>	Trinta réis grande	LC	NÃO MIGRATÓRIA
28	BARREIRINHAS	<i>Pluvialis squatarola</i>	Batuiruçu-de-axila-preta	LC	MIGRATÓRIA
29	BARREIRINHAS	<i>Saltatricula atricollis</i>	Batuqueiro	LC	NÃO MIGRATÓRIA
30	BARREIRINHAS	<i>Schistochlamys melanopis</i>	Sanhaço de coleira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
31	BARREIRINHAS	<i>Sterna hirundo</i>	Trinta-réis-boreal	LC	NÃO MIGRATÓRIA
32	BARREIRINHAS	<i>Synallaxis frontalis</i>	Petrim	LC	NÃO MIGRATÓRIA
33	BARREIRINHAS	<i>Tachornis squamata</i>	Andorinhão do buriti	LC	NÃO MIGRATÓRIA
34	BARREIRINHAS	<i>Tringa flavipes</i>	Maçarico-de-perna-amarela	LC	MIGRATÓRIA
35	PAULINO NEVES	<i>Tringa melanoleuca</i>	Maçarico-grande-de-perna- amarela	LC	MIGRATÓRIA

LC – Pouco preocupante, NT – Quase ameaçada, VU – Vulnerável, EN – Em perigo, CR – Criticamente em perigo, CR (PEX) – Criticamente em perigo (provavelmente extinta), EW – Extinta da Natureza, EX – Extinta.

Tabela 2 . Lista de espécies avistadas na área do Complexo Eólico Delta III no período de 2018 a 2023

ESPÉCIES AVISTADAS NA ÁREA DE ESTUDO					
2018 A 2023					
ID	MUNICÍPIO	NOME CIENTÍFICO	NOME POPULAR	ESTADO DE CONSERVAÇÃO	TIPO
1	PAULINO NEVES	<i>Anthus chii</i>	Caminheiro-zumbidor	LC	NÃO MIGRATÓRIA
2	BARREIRINHAS	<i>Aratinga jandaya</i>	Jandaia-verdadeira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
3	BARREIRINHAS	<i>Arenaria interpres</i>	Vira-pedras	LC	MIGRATÓRIA
4	BARREIRINHAS	<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
5	BARREIRINHAS	<i>Butorides striata</i>	Socozinho	LC	NÃO MIGRATÓRIA
6	BARREIRINHAS	<i>Calidris alba</i>	Maçarico branco	LC	MIGRATÓRIA
7	BARREIRINHAS	<i>Calidris minutilla</i>	Maçariquinho	LC	MIGRATÓRIA
8	BARREIRINHAS	<i>Calidris pusilla</i>	Maçarico-rasteirinho	EN	MIGRATÓRIA
9	BARREIRINHAS	<i>Caracara plancus</i>	Carcará	LC	NÃO MIGRATÓRIA
10	BARREIRINHAS	<i>Celeus ochraceus</i>	Pica-pau-ocráceo	LC	NÃO MIGRATÓRIA
11	BARREIRINHAS	<i>Charadrius collaris</i>	Batuíra de coleira	LC	NÃO MIGRATÓRIA
12	BARREIRINHAS	<i>Chroicocephalus cirrocephalus</i>	Gaivota de cabeça cinza	LC	NÃO MIGRATÓRIA
13	BARREIRINHAS	<i>Columba livia</i>	Pombo-doméstico	LC	NÃO MIGRATÓRIA
14	BARREIRINHAS	<i>Columbina squammata</i>	Rolinha-fogo-apagou	LC	NÃO MIGRATÓRIA
15	BARREIRINHAS	<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	LC	NÃO MIGRATÓRIA
16	BARREIRINHAS	<i>Dendrocygna viduata</i>	Irerê	LC	NÃO MIGRATÓRIA
17	BARREIRINHAS	<i>Egretta caerulea</i>	Garça azul	LC	NÃO MIGRATÓRIA
18	BARREIRINHAS	<i>Eudocimus ruber</i>	Guará	LC	NÃO MIGRATÓRIA
19	BARREIRINHAS	<i>Gelochelidon nilotica</i>	Trinta réis de bico preto	LC	NÃO MIGRATÓRIA
20	PAULINO NEVES	<i>Himantopus mexicanus</i>	Pernilongo-de-costas-negras	LC	MIGRATÓRIA
21	BARREIRINHAS	<i>Megaceryle torquata</i>	Martim-pescador-grande	LC	NÃO MIGRATÓRIA
22	PAULINO NEVES	<i>Mimus saturninus</i>	Sabiá-do-campo	LC	NÃO MIGRATÓRIA

23	BARREIRINHAS	<i>Nannopterum brasilianum</i>	Biguá	LC	NÃO MIGRATÓRIA
24	BARREIRINHAS	<i>Phaetusa simplex</i>	Trinta-réis-grande	LC	NÃO MIGRATÓRIA
25	BARREIRINHAS	<i>Pluvialis squatarola</i>	Batuiruçú-de-axila-preta	LC	MIGRATÓRIA
26	BARREIRINHAS	<i>Polioptila atricapilla</i>	Balança-rabo-do-nordeste	LC	NÃO MIGRATÓRIA
27	PAULINO NEVES	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	LC	NÃO MIGRATÓRIA
28	BARREIRINHAS	<i>Sternula superciliaris</i>	Trinta réis pequeno	LC	NÃO MIGRATÓRIA
29	BARREIRINHAS	<i>Tachycineta albiventer</i>	Andorinha do rio	LC	NÃO MIGRATÓRIA
30	BARREIRINHAS	<i>Thectocercus acuticaudatus</i>	Aratinga-de-testa-azul	LC	NÃO MIGRATÓRIA
31	PAULINO NEVES	<i>Tringa melanoleuca</i>	Maçarico-grande-de-perna-amarela	LC	MIGRATÓRIA
32	BARREIRINHAS	<i>Tyrannopsis sulphurea</i>	Suiriri-de-garganta-rajada	LC	NÃO MIGRATÓRIA

LC – Pouco preocupante, NT – Quase ameaçada, VU – Vulnerável, EN – Em perigo, CR – Criticamente em perigo, CR (PEX) – Criticamente em perigo (provavelmente extinta), EW – Extinta da Natureza, EX – Extinta.

As espécies migratórias avistadas e listadas pelo MMA como em risco de extinção, foram a *Calidris canutus* e *Calidris pusilla*. Sendo a *Calidris canutus* (Figura 17) também conhecida como maçarico-de-papo-vermelho, uma ave charadriiforme da família *Scolopacidae*. É uma ave migratória visitante do hemisfério norte. Migra enormes distâncias entre os hemisférios sul e norte, com pouquíssimas paradas. No Brasil um dos locais mais importantes de parada é a Lagoa do Peixe, no Rio Grande do Sul. Frequenta sobretudo zonas estuarinas de solo macio, como algumas praias e principalmente baixios de lama/areia. Esta espécie pode formar bandos enormes, de até 10 mil aves. A subespécie que ocorre aqui (*rufa*) migra do Círculo Polar Ártico ao sul do Brasil, Uruguai e da Argentina, sempre em regiões costeiras e nunca dentro do continente. Já a *Calidris pusilla* (Figura 18) também conhecida como maçarico-rasteirinho, é uma ave caradriiforme da família *Scolopacidae*. É uma ave limícola (espécie que se adaptou a viver regiões lodacentas; que vive ou tira o seu sustento da lama, geralmente aplicado a espécies aquáticas de pernas e bico longos, como batuínas, maçaricos, garças, socós e cegonhas, que forrageiam caminhando pelos ambientes semi-inundados) e migratória visitante do hemisfério norte (WIKIAVES, 2023). Além dessas aves, também há mais quatro espécies da região que estão presentes na lista de espécies ameaçadas de extinção do MMA (Tabela 3).

Tabela 3 . Lista de espécies presentes na área de estudo e ameaçadas de extinção (Portaria MMA Nº 148, de 7 de junho de 2022)

ID	ESPÉCIES	ESTADO DE CONSERVAÇÃO
1	<i>Buteogallus aequinoctialis</i>	NT
2	<i>Calidris canutus</i>	VU
3	<i>Calidris pusilla</i>	EN
4	<i>Charadrius wilsonia</i>	VU
5	<i>Herpsilochmus pectoralis</i>	VU
6	<i>Thalasseus aculflavidus</i>	VU

LC – Pouco preocupante, NT – Quase ameaçada, VU – Vulnerável, EN – Em perigo, CR – Criticamente em perigo, CR (PEX) – Criticamente em perigo (provavelmente extinta), EW – Extinta da Natureza, EX – Extinta.

A espécie *Buteogallus aequinoctialis* (Figura 16) também conhecida como gavião-caranguejeiro é uma ave accipitriforme da família Accipitridae. E dependendo da localização, essa espécie pode ser conhecida também como gavião-do-mangue, psipsi (Paraíba), pixi-pixi, gavião-piri-piri (Rio Grande do Norte) e gacici. A espécie é classificada como quase ameaçada de extinção (NT), sendo presente não apenas na lista do MMA (Tabela 3), mas também na lista de ICMBio desde 2014

(WIKIAVES, 2023).

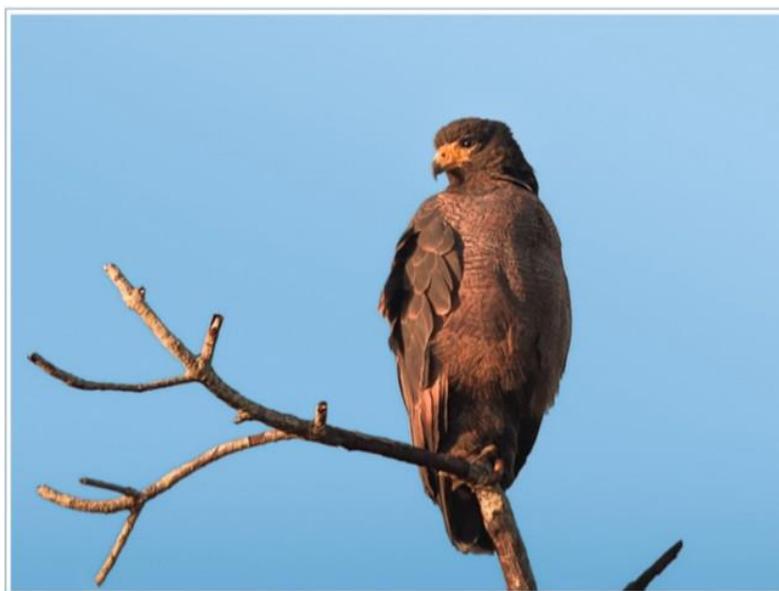


Figura 16. *Buteogallus aequinoctialis* – espécie ameaçada de extinção

Fonte: WIKIAVES (2023)

Esse animal é restrito a região litorânea, as causas de seu declínio devem ser remetidas às ameaças atribuídas a esse ambiente como um todo e as demais espécies que ali incidem. Vale ressaltar que essa espécie mostra uma nítida

restrição alimentar a certos crustáceos, os quais tem sofrido reduções consideráveis dos estoques populacionais em decorrência da redução das áreas de manguezais, da poluição e da captura predatória para a comercialização (Figura 16).

Por essa razão, a proteção dos manguezais e das desembocaduras de rios da região litorânea são medidas emergenciais para proteção dessa ave e das outras que dependem do mesmo habitat (WIKIAVES, 2023).

Dentre os principais fatores para a queda no quantitativo de espécies *Calidris canutus* (Figura 17) é a superexploração do caranguejo-ferradura na Baía de Delaware, nos EUA, onde cerca de 80% da população faz uma parada para se alimentar antes de continuar a migração ao Ártico para reprodução.

Essas aves alimentam-se dos ovos desses crustáceos, no entanto sem conseguirem se alimentar direito muitas não acumulam energia suficiente e morrem pelo caminho. Contudo, muitas outras também desaparecem durante o processo de migração da América do Sul à Baía de Delaware (WIKIAVES, 2023).



Figura 17. *Calidris canutus* – espécie ameaçada de extinção

Fonte: WIKIAVES (2023)

A espécie *Calidris Pusilla* (Figura 18) é monotípica, ou seja, não são reconhecidas subespécies. É uma ave migrante de longas distâncias, destinando-se às zonas costeiras da América do Sul. No Brasil, incide ao longo da costa Atlântica, principalmente nas regiões Norte e Nordeste, sendo a região das Reentrâncias Paraenses e Maranhenses e os estados do Amapá e Pernambuco seus principais locais de concentrações populacionais.

Essa ave é a que mais tem gerado preocupação dos ambientalistas, por está classificada como em perigo de extinção (EN) pelo MMA e IUCN (WIKIAVES, 2023).



Figura 18. *Calidris pusilla* – espécie ameaçada de extinção

Fonte: WIKIAVES (2023)

Em meio as espécies ameaçadas de extinção, a *Charadrius wilsonia* (Figura 19), também conhecida como batuíra-bicuda é uma das que mais tem gerado preocupação entre os pesquisadores e órgãos ambientais, pois está classificada como vulnerável à extinção pelo MMA e pela IUCN.

Essa é uma ave da ordem Charadriiformes da família Charadriidae. É uma espécie considerada parcialmente migrante, pois migra dos Estados Unidos e México para passar o inverno no Brasil e Peru. Além disso, uma pequena população residente é conhecida do Brasil, sendo apontada como uma nova subespécie: *brasiliensis*, em 2008 (WIKIAVES, 2023).



Figura 19. *Charadrius wilsonia* – espécie ameaçada de extinção

Fonte: WIKIAVES (2023)

A espécie *Herpsilochmus pectoralis* (Figura 20), também conhecida como chorozinho-de-papo-preto ou chorozinho-sinistro, também está classificada como vulnerável à extinção pelo MMA. É uma ave passeriforme da família Thamnophilidae. Habita a caatinga arbórea, floresta semidecídua, florestas

decíduas, florestas de galeria, florestas secundárias em estágio avançado de regeneração e restinga arbórea.

É uma espécie ameaçada endêmica do Nordeste do Brasil e possui três populações desjuntas no território nacional: em maior parte do leste do Maranhão (possivelmente existente no Piauí); na Mata Atlântica litorânea do Rio Grande do Norte e Paraíba; em todo o Sergipe e parte norte da Bahia (WIKIAVES, 2023).



Figura 20. *Herpsilochmus pectoralis* – espécie ameaçada de extinção
Fonte: WIKIAVES (2023)

A espécie *Thalasseus acuflavidus* (Figura 21), também conhecida como trinta-réis-de-bando é uma ave Charadriforme da família Sternidae, atualmente está classificada como vulnerável à extinção. No Brasil, nidifica do Espírito Santo a Santa Catarina. Na costa de São Paulo, pousa também em ilhas, ilhotas, lajes, rochedos, praias e nos bancos de areia ou arenosos de Iguape e Cananeia (WIKIAVES, 2023).



Figura 21. *Thalasseus acuflavidus* – espécie ameaçada de extinção
Fonte: WIKIAVES (2023)

5.4 Erosividade da Linha Costeira (La Niña e El Niño)

Conforme a análise realizada a área delimitada evidencia a região do Complexo Eólico Delta 3, localizado na região litorânea entre Barreirinhas e Paulino Neves. A Figura 22 retrata um total de 95 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, azul e verde.

Foram encontrados três tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, no qual o processo de erosão evoluiu ao ponto de a paisagem estar fisicamente prejudicada; acrescida, que apresenta a constante transgressão de seu ponto inicial avançando ao longo dos anos e de acordo com fatores que contribuem para tal; e estável, apresentando alterações físicas quase imperceptíveis e que estão fora de vulnerabilidade ou riscos.

Contudo, Barra *et al.* (2019) salienta que a erosão é um processo natural que sofre aceleração processual de acordo com modificações existentes na zona costeira, como a ocupação indevida, e eventos naturais, como ressacas marinhas e etc. Portanto, é necessário realizar monitoramento regularmente, para medir os graus de erosão, gerando relatórios de análise para mitigar ações de preservação e até mesmo evitar riscos de acidentes sérios, como observado por vezes em áreas das torres eólicas, onde algumas torres chegam até mesmo a ter sua base exposta, aumentando a fragilidade e o risco de tombamento.

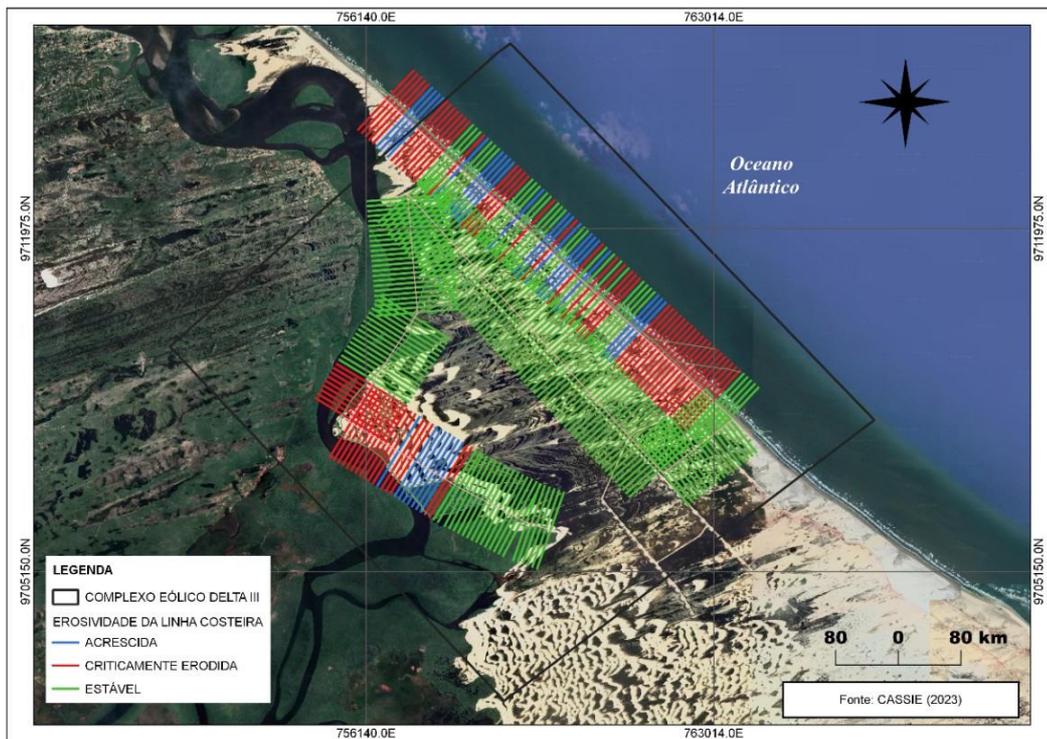


Figura 22. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2009 a 2010)

Em relação aos resultados médios correspondentes ao método LRR, que considera todos os dados da série temporal, e que por sua vez compreende que a taxa equivalente a inclinação da reta da regressão, gerou os valores de tendência para todos os pontos analisados em cada status da área.

Ao longo do período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de - 261,0372 m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação 12,5723 m/ano e a estável de 0,0024 m/ano. Para fácil interpretação dos resultados tem-se que os valores negativos correspondem aos recuos em direção a costa classificados como erosões, e até mesmo erosões em um nível mais severo, e os valores com sinal positivo implicam nos avanços em direção ao mar ocasionando o assoreamento (Figura 23) (MARINO; FREIRE, 2013; GARCIA *et al.*, 2022).

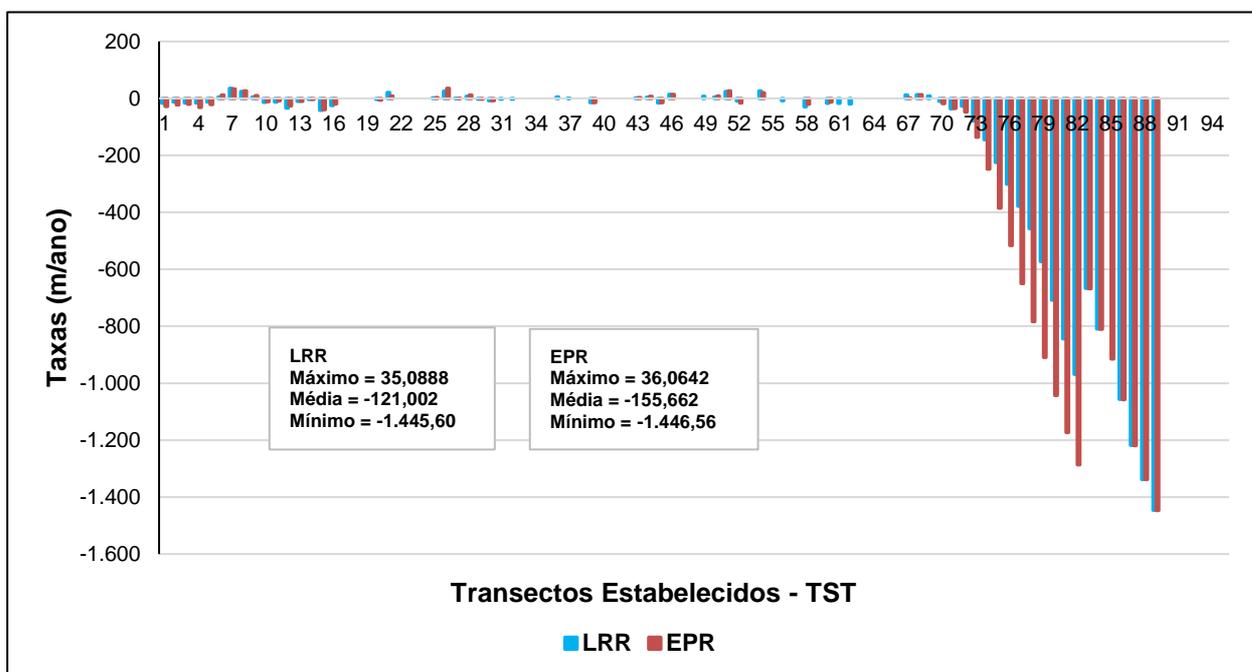


Figura 23. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2009 a 2010)

O valor máximo atingido de LRR e EPR foram 35,0888 e 36,0642, respectivamente, enquanto que os valores médios apresentados são de -121,002 e -155,66, e os valores mínimos foram de -1.445,60 e -1.446,56 (Figura 2). Esses dados indicam que houve uma grande erosividade na região do Complexo Eólico Delta III e entorno do Rio Preguiças no período de El Niño no intervalo de 2009 a 2010.

Durante esse período de El Niño, 47% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 21% foi referente a área acrescida e 32% de área estável.

Já na Figura 24, que representa a erosividade da linha costeira no período de El Niño (2014 a 2016), têm-se um total de 125 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, azul e verde. Foram encontrados três tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, acrescida e estável (Figura 24).

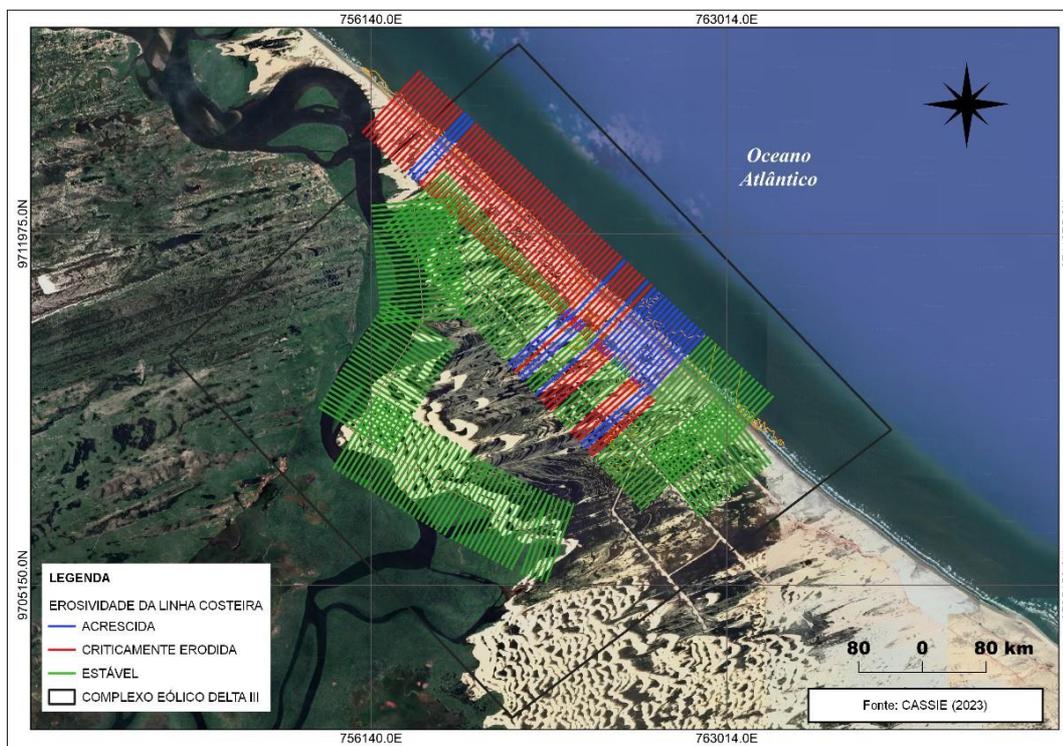


Figura 24. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2014 a 2016)

Quanto aos resultados médios correspondentes ao método LRR, foram gerados valores de tendência para todos os pontos analisados em cada status da área. No decorrer do período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de $-71,4489$ m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação $182,9505$ m/ano e a estável de $0,0001$ m/ano (Figura 25). Vale salientar que durante o período de El Niño (2014-2016) não foi constatada área criticamente erodida e nem acrescida no entorno do Rio Preguiças, divergindo dos achados no período de (2009-2010).

De acordo com Da Silva *et al.* (2020), quando o volume de material retirado é igual ao que é acrescido pelos processos vigentes, se estabelece um equilíbrio dinâmico. Esse equilíbrio pode ser quebrado por alterações antrópicas ou mesmo naturais, o que leva a processos de erosão, quando o volume retirado é maior que o acrescido ou em acreção quando ocorre o contrário. Tal fato traz um alerta para a situação da região estuda em relação ao processo erosivo ocasionado tanto por intenção do fenômeno quanto em razão da ação antrópica.

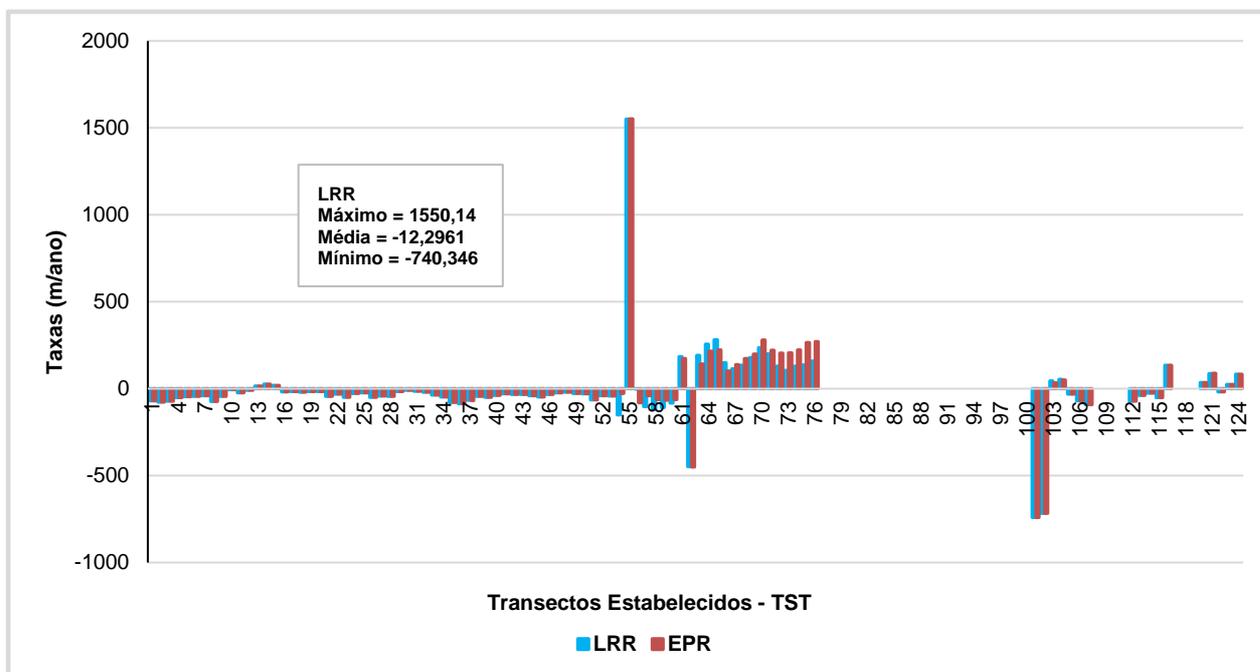


Figura 25. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2014 a 2016)

O valor máximo atingido de LRR e EPR foram 1.550,14 e 1.551,17, enquanto que os valores médios apresentados são de -12,2961 e -4,2662, e os valores mínimos foram de -740,346 e -740,838, respectivamente (Figura 25). Esses dados indicam que houve uma erosividade moderada quando comparada ao período de El Niño anterior.

No decorrer desse período de El Niño, 54% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 21% foi referente a área acrescida e apenas 25% de área estável.

A Figura 26, representa a erosividade da linha costeira no período de El Niño (2018 a 2019), têm-se um total de 183 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, laranja, azul e verde. Nesse período, foram encontrados quatro tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, erodida, acrescida e estável (Figura 26).

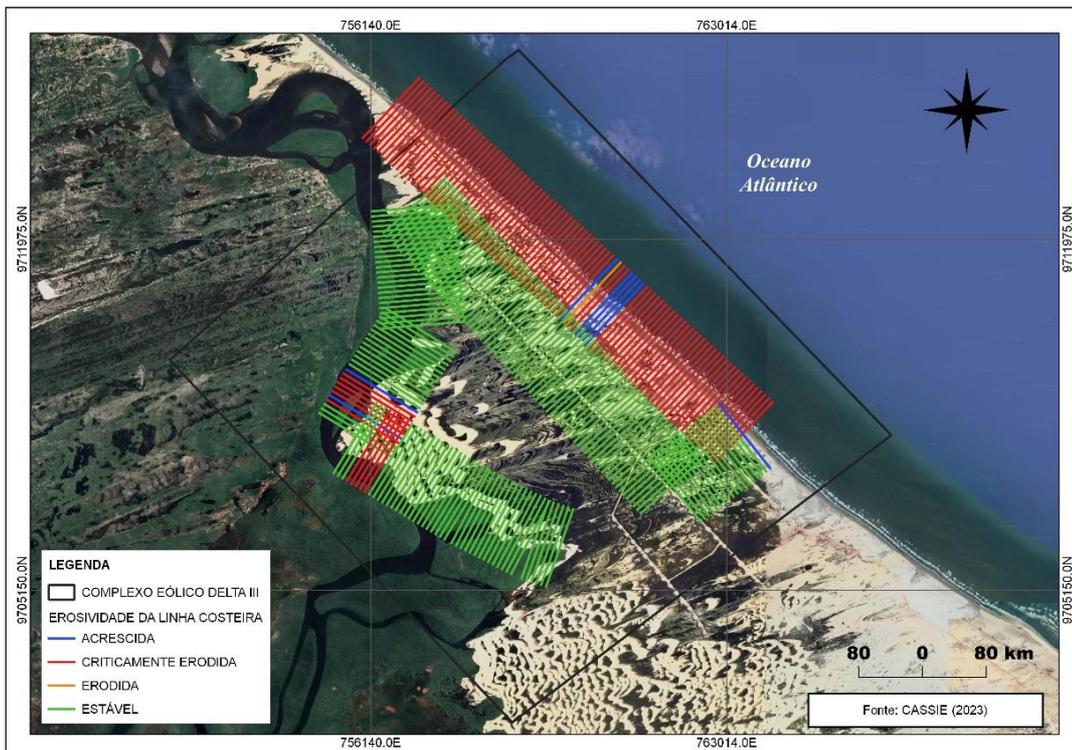


Figura 26. Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2018 a 2019)

Acerca dos resultados médios correspondentes ao método LRR, foram gerados valores de tendência para todos os pontos analisados em cada status da área de estudo. Durante o período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de $-158,3336$ m/ano, a área erodida (aquela que demonstra a área em processo de erosão evidente) de $-0,9422$ m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação 226 m/ano e a estável de $0,0001$ m/ano (Figura 27).

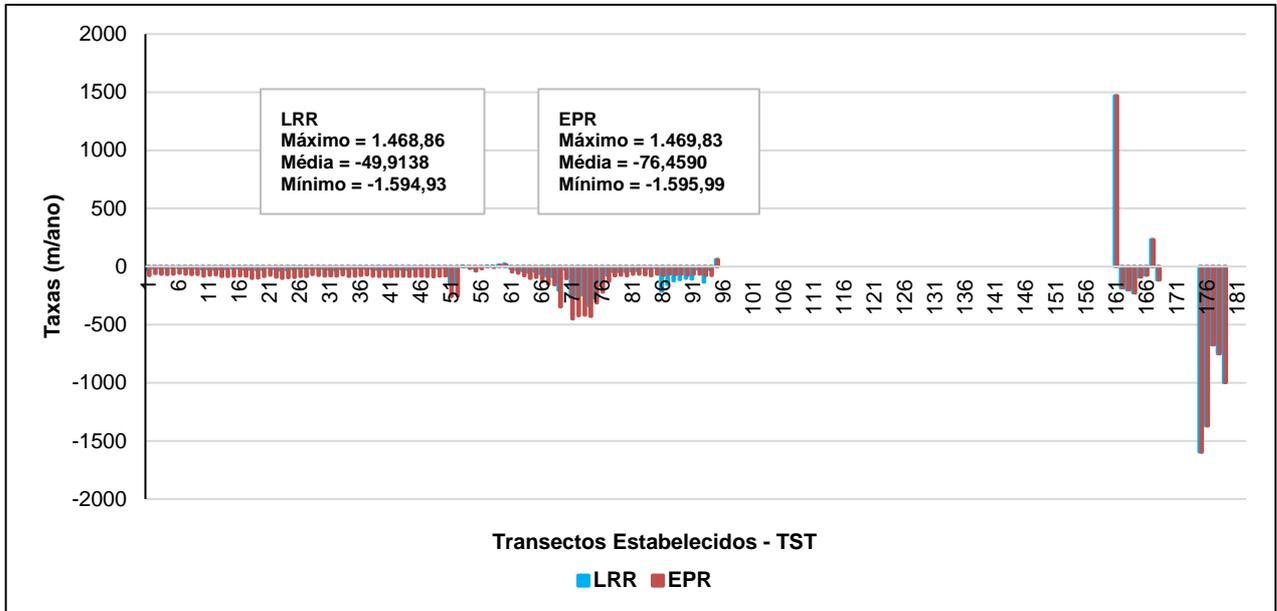


Figura 27. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de El Niño (2018 a 2019)

Sendo que o valor máximo atingido de LRR e EPR foram 1.468,86 e 1.469,83, enquanto que os valores médios apresentados são de -49,9138 e -76,4590, e os valores mínimos foram de -1.594,93 e -1.595,99, respectivamente (Figura 27). Esses dados indicam que houve uma erosividade severa ao comparar com o período de El Niño anterior.

Ao longo desse período de El Niño, 54,1% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 0,5% é referente a área erodida, 4,4% foi referente a área acrescida e 41% de área estável. Sendo mais uma vez notada a presença de área criticamente erodida no entorno do Rio Preguiças, fato não apresentado no período de El Niño anterior.

Analisando a erosividade da linha costeira no período de La Niña (2007 a 2008), conta-se um total de 112 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, azul e verde. Encontrou-se três tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, acrescida e estável (Figura 28).



Figura 28. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2007 a 2008)

Em relação aos resultados médios correspondentes ao método LRR, tem-se que ao longo do período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de -9,0085 m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação 20,9635 m/ano e a estável de 0,0001 m/ano (Figura 29).

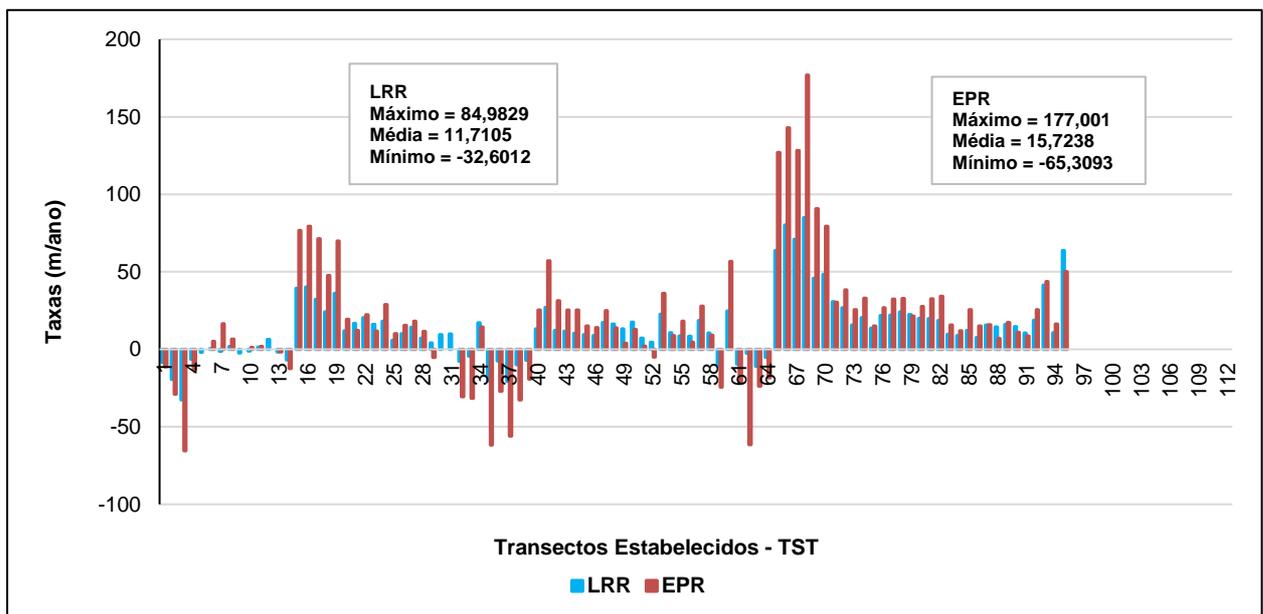


Figura 29. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2007 a 2008)

O valor máximo atingido de LRR e EPR foram 84,9829 e 177,001, enquanto que os valores médios apresentados são de 11,7105 e 15,7238, e os valores mínimos foram de -32,6012 e -65,3093, respectivamente (Figura 29). Esses dados indicam que houve uma erosividade moderada ao comparar com os valores

analisados no período de El Niño.

No decorrer desse período de La Niña, 21% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 64% foi referente a área acrescida e 15% de área estável.

Já a erosividade da linha costeira no período de La Niña (2011 a 2012), apresentou um total de 241 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, azul e verde. Encontrou-se três tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, acrescida e estável (Figura 30).

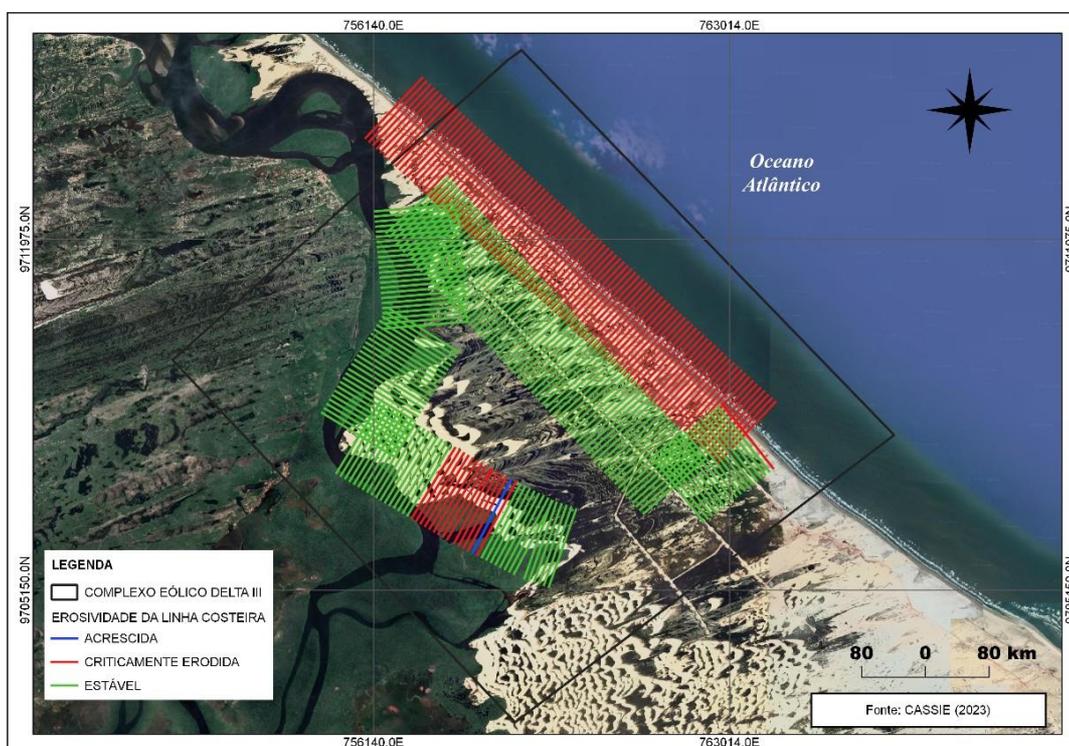


Figura 30. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2011 a 2012)

Acerca dos resultados médios correspondentes ao método LRR, tem-se que ao longo do período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de -373,3103 m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação 158,3427 m/ano e a estável de 0,0009 m/ano (Figura 31).

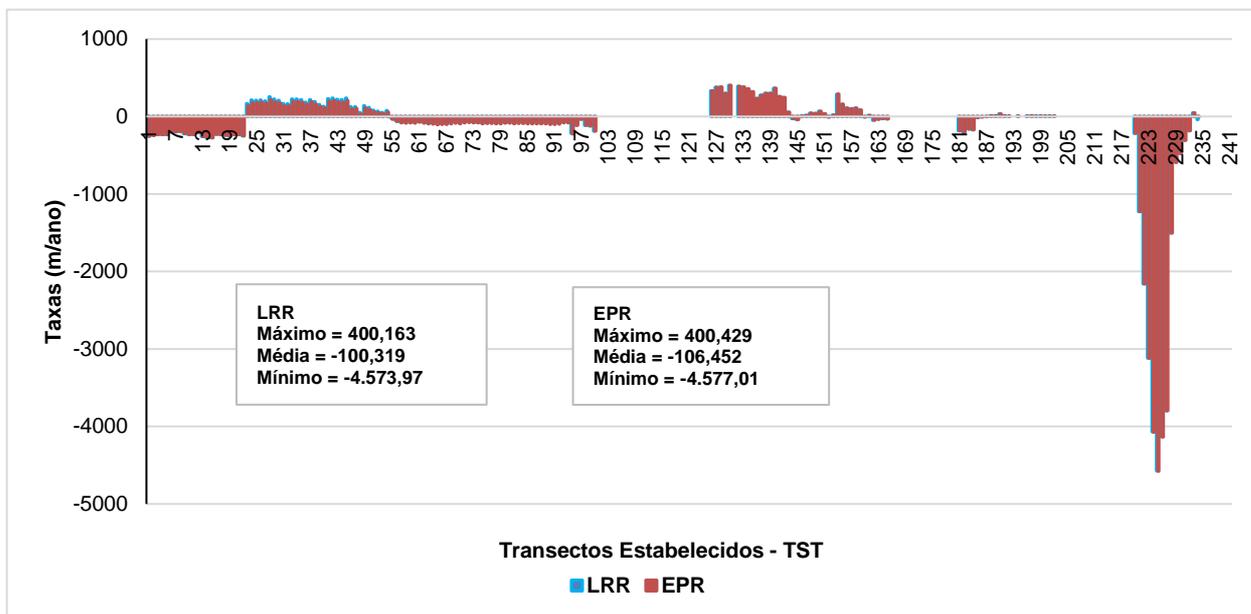


Figura 31. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2011 a 2012)

Sendo que o valor máximo atingido de LRR e EPR foram 400,163 e 400,429, enquanto que os valores médios apresentados são de -100,319 e -106,452, e os valores mínimos foram de -4.573,97 e -4.577,01, respectivamente (Figura 31). Tal fato indica que houve uma erosividade severa ao comparar com os valores analisados nos períodos anteriores de El Niño e La Niña.

Durante esse período de La Niña, 40,3% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 31,5% foi referente a área acrescida e 28,2% de área estável.

A erosividade da linha costeira no período de La Niña (2020 a 2023), apresentou um total de 230 transectos extraídos da área de estudo, representados pelas cores vermelho, azul e verde. Foram encontrados três tipos de processos erosivos de acordo com a classificação do próprio CASSIE, as áreas foram classificadas como criticamente erodidas, acrescida e estável (Figura 32).

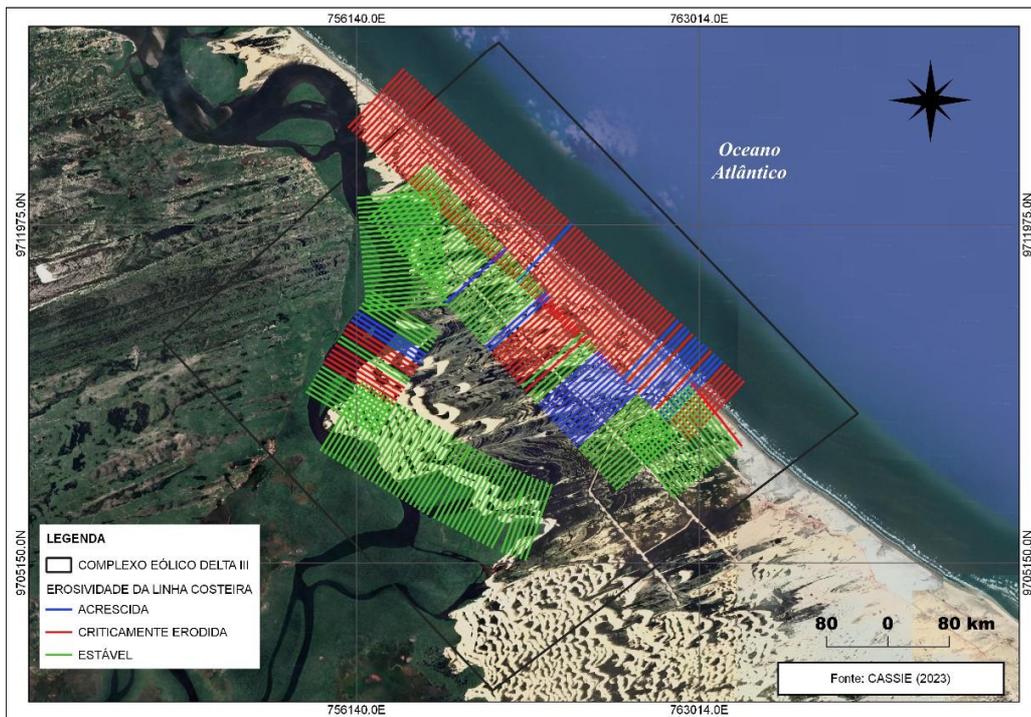


Figura 32. Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2020 a 2023)

Acerca dos resultados médios correspondentes ao método LRR, tem-se que ao longo do período analisado a área criticamente erodida teve um recuo ou variação de cerca de -372,7211 m/ano, a área acrescida demonstrou em sua taxa de variação 68,0649 m/ano e a estável de 0,0001 m/ano (Figura 33).

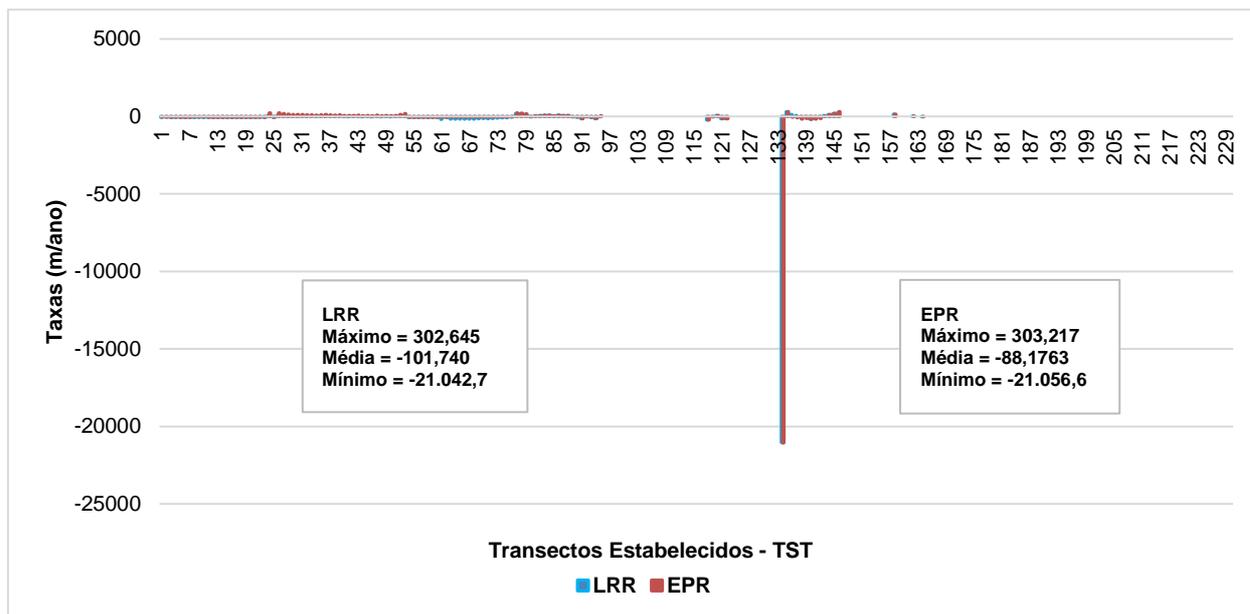


Figura 33. Análise dos fatores LRR e EPR - Erosividade da Linha Costeira no período de La Niña (2020 a 2023)

Sendo que o valor máximo atingido de LRR e EPR foram 302,645 e 303,217, enquanto que os valores médios apresentados são de -101,740 e -88,1763, e os

valores mínimos foram de -21.042,7 e -21.056,6, respectivamente (Figura 33). Tal fato indica que houve uma erosividade extremamente severa e maior que o ocorrido no período anterior de La Niña.

Durante esse período de La Niña, 31% dos transectos da área delimitada registraram uma intensa erosão costeira, 19,5% foi referente a área acrescida e 49,5% de área estável.

5.5 Geração de Energia Eólica

Durante o ano de 2022, foi realizado o levantamento do quantitativo de geração de energia via fonte eólica por estado no Brasil. Os cinco estados com maior geração no ano de 2022 foram: Bahia (24,17 TWh), Rio Grande do Norte (23,20 TWh), Piauí (10,23 TWh), Ceará (7,06 TWh) e Rio Grande do Sul (5,37 TWh). O montante de geração verificado para cada estado brasileiro com participação eólica encontra-se na Figura 34.

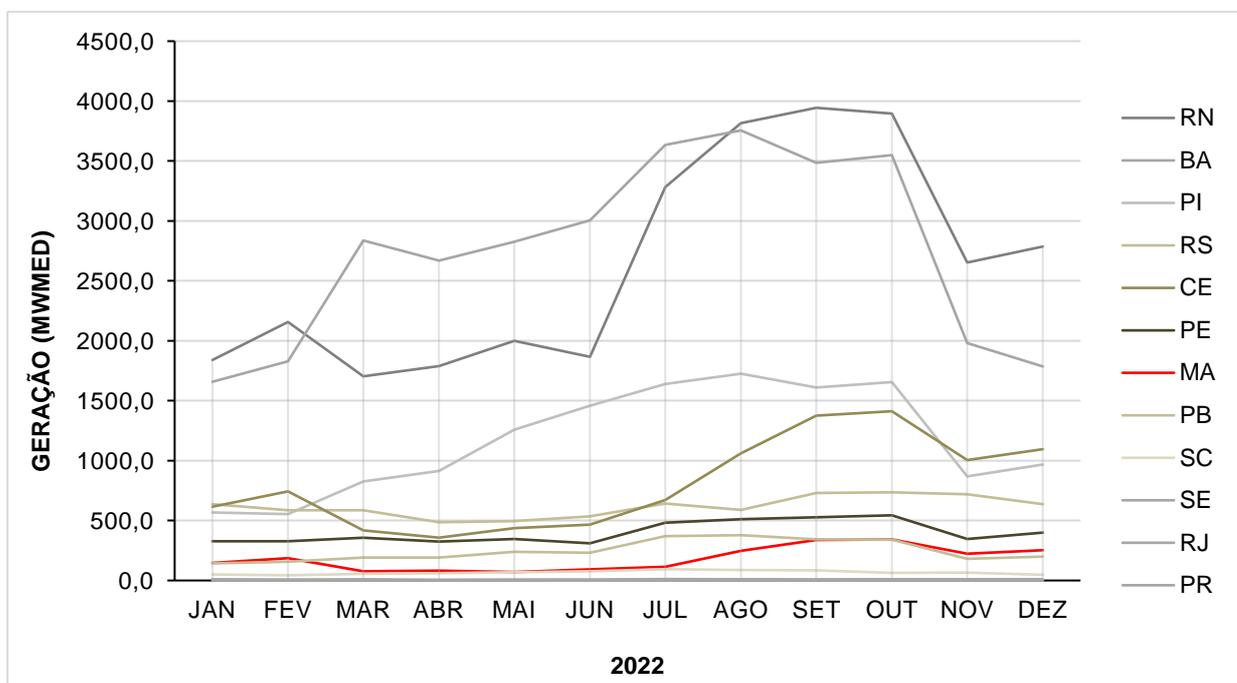


Figura 1. Geração da fonte eólica por estado no ano de 2022

Fonte: ABEEÓLICA (2022)

Dentre os estados analisados, os cinco estados que apresentaram maior fator capacidade médio no período de 2022 foram: Bahia (44,9%), Piauí (43,1%), Maranhão (42,5%), Pernambuco (42,3%) e Rio Grande do Norte (39,4%). Os valores apurados de fator de capacidade por cada estado brasileiro com participação eólica estão presentes na Figura 35.

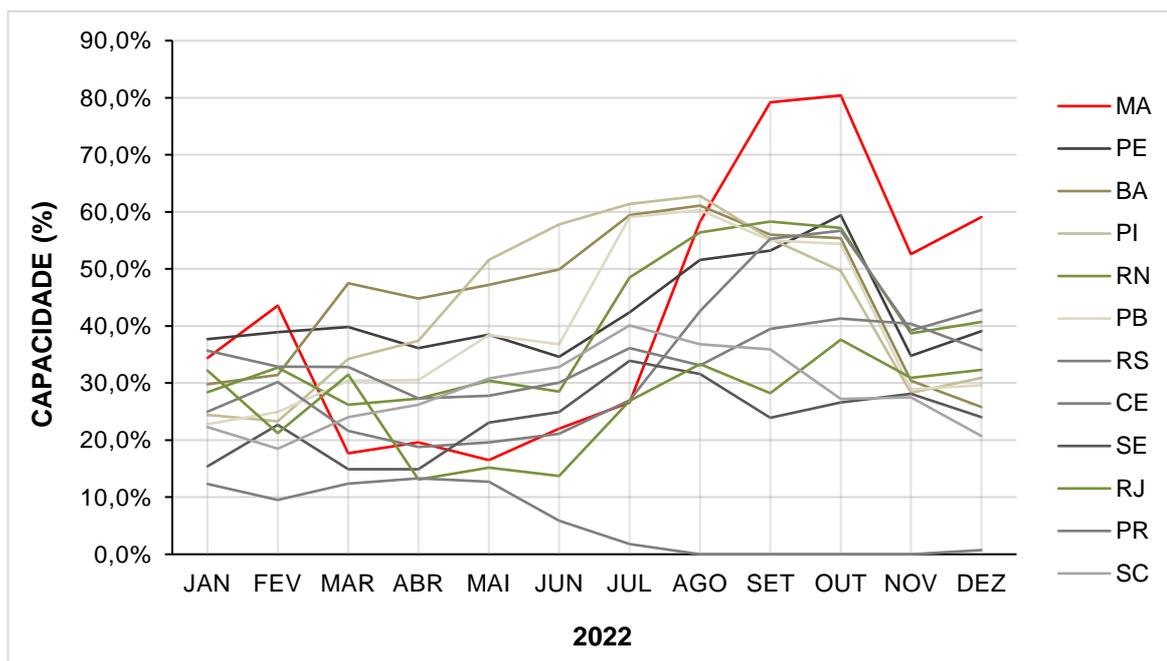


Figura 2. Fator de capacidade eólica por estado no Brasil - 2022 (%)

Fonte: ABEEÓLICA (2022)

O complexo eólico Delta 3 teve participação direta no aumento da produção de energia por fonte eólica no Brasil, juntando-se a outros parques eólicos da região Nordeste e alavancando 12% na % de crescimento dessa geração de energia. Percebe-se na tabela abaixo, que o subsistema Nordeste possui geração muito próxima à geração total do sistema, tendo representado, em 2022, 90,3% (Tabela 6).

Tabela 6. Geração e Representatividade da Fonte Eólica no Brasil - 2022

REGIÃO	GERAÇÃO (TWh)	REPRESENTATIVIDADE	GERAÇÃO (TWh)	REPRESENTATIVIDADE	% DE CRESCIMENTO
SUDESTE	0,06	0,1%	0,06	0,1%	16%
SUL	6,2	8,7%	5,95	7,6%	-4%
NORDESTE	63,2	88,7%	70,48	90,3%	12%
NORTE	1,76	2,5%	1,59	2,0%	-10%
TOTAL	71,22	100,0%	78,08	100,0%	9,6%

Fonte: ABEEÓLICA (2022)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, é possível concluir que o uso dos índices espectrais NDVI, EVI e SAVI, indicaram que houve modificação na cobertura vegetal do solo na região do complexo eólico Delta 3, apontando as maiores variações no período pós implantação do empreendimento.

Tal fato está associado a necessidade das práticas de escavação para o início das atividades e construção de estradas, alterando o biossistema local e provocando erosão do solo em período de extremos climáticos, por realizar-se a remoção das plantas, e a superfície do solo ficar exposta.

Logo, recomenda-se que tanto em relação as modificações na cobertura vegetal do solo quanto à erosividade presente na área de estudo, sejam realizadas fiscalizações frequentes do uso e manejo do solo, principalmente no período em que o fenômeno acontece, ou seja, de dezembro a janeiro el niño e de outubro a dezembro la niña.

Sobre a rota das aves migratórias e em risco de extinção, o destaque para a vulnerabilidade ocorre em espécies de *Calidris canatus* e *Calidris pusilla*, já para os outros animais a ênfase ocorre para morcegos e tartarugas, as espécies *Dermochelys coriácea* e *Eretmochelys imbricata*. Desta forma, indica-se restrição à visitação no entorno do local de desova de tartarugas, próximo ao litoral.

O fator positivo do empreendimento ocorre para o sucesso do incremento e soberania energética da produção de energia da matriz eólica no Nordeste e no Brasil, contribuindo assim na redução dos Gases de Efeito Estufa (GEE) e na redução da dependência energética do exterior.

Em virtude dos fatos mencionados, pode-se afirmar que apesar da energia eólica não ser a principal fonte de energia em abrangência territorial, ainda assim haverá vários efeitos ambientais que devem ser monitorados.

7. REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA E NOVAS TECNOLOGIAS. Boletim Anual, 2022. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/wp-content/uploads/2023/06/Boletim-de-Geracao-Eolica-2022.pdf>. Acesso em: 10 out 2023.

ADEFARATI, T.; BANSAL, R. C. Reliability, economic and environmental analysis of a microgrid system in the presence of renewable energy resources. Applied energy, v. 236, p. 1089-1114, 2019.

AGUIAR, J. Parque eólico do Maranhão: Nossa equipe conheceu de perto as gigantes instalações. 2021. Disponível em: <https://clickpetroleoegas.com.br/parque-eolico-do-maranhao-nossa-equipe-conheceu-de-perto-as-gigantes-instalacoes/>. Acessado em: 20 mar. 2023.

AHMED, S. D.; AL-ISMAIL, F. S.; SHAFIULLAH, M.; AL-SULAIMAN, F. A.; EL-AMIN, I. M. Grid integration challenges of wind energy: A review. IEEE Access, v. 8, p. 10857-10878, 2020.

ALMEIDA, L. P.; DE OLIVEIRA, I. E.; LYRA, R.; DAZZI, R. L. S.; MARTINS, V. G.; FONTOURA KLEIN, A. H. Coastal Analyst System from Space Imagery Engine

(CASSIE): Shoreline management module. Environmental Modelling & Software, v. 140, p. 105033, 2021.

ALVARENGA, A. A. Geopolítica de guerras híbridas por recursos: um estudo sobre métodos indiretos, disputas e conflitos no setor de petróleo do Brasil. 2022.

ANOUNE, K.; BOUYA, M.; ASTITO, A.; ABDELLAH, A. B. Sizing methods and optimization techniques for PV-wind based hybrid renewable energy system: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 93, p. 652-673, 2018.

ARTEAGA-LÓPEZ, E. ÁNGELES-CAMACHO, C.; BAÑUELOS-RUEDAS, F. Advanced methodology for feasibility studies on building-mounted wind turbines installation in urban environment: Applying CFD analysis. Energy, v. 167, p. 181-188, 2019.

AVERSA, I. C. Avaliação de impacto ambiental aplicada a projetos de geração de energia eólica: o caso do estado do Ceará. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

AWEA - Wind's environmental record. American Wind Energy Association, 2020. Disponível em: <https://www.awea.org/wind-101/benefits-of-wind/environmental-benefits>. Acesso em: 03 out. 2022.

BARATA, P. Delta do Paranaíba: uma nova área reprodutiva de tartarugas-de-couro é identificada no Brasil. Centro TAMAR – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), 2022.

BARRA, O. A. D. O. L.; VASCONCELOS, F. P.; DOS SANTOS, D. V.; SILVEIRA, A. P. ANÁLISE DA MORFODINÂMICA COSTEIRA E DOS IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DE GRANDES EMPREENDIMENTOS LITORÂNEOS: ESTUDO DE CASO, PRAIA DE VOLTA DO RIO, ACARAÚ/CE. Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS), v. 21, n. 2, p. 745-754, 2019.

BARROS, M.A.S.; BERNARD, E. Licenciamento ambiental de parques eólicos no Brasil: qualidade das diretrizes estaduais para avaliação de impacto sobre morcegos, p. 504-523. In: BRAZIL WINDPOWER, 10. GWEC/Grupo Canalenergia/ABEEólica. São Paulo, 2019.

BERTONI, J.; NETO, F. L. Conservação do Solo. 8. ed. São Paulo: Ícone, 2012. 355 p.

BONDARIK, R.; PILATTI, L. A.; HORST, D. J. Uma visão geral sobre o potencial de geração de energias renováveis no Brasil. *Interciencia*, v. 43, n. 10, p. 680-688, 2018.

BRAMANTE, I. C.; CARLOTO, S.; BRAMANTE, S. *ESG+ i: Governança Ambiental, Social e Corporativa*. LTr Editora, 2023.

BUGONI, L.; NUNES, G. T.; LAUXEN, M. D. S.; ROOS, A. L.; SERAFINI, P. P. Eólicas offshore no Brasil: potenciais impactos, recomendações para o licenciamento e implicações para a conservação das aves marinhas e costeiras. *Fialho, Marcos de Souza; Fialho, Arlindo Gomes (orgs.). Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil. 4. ed. Cabedelo, PB: CEMAVE/ICMBio. Cap. 8, p. 137-180, 2022.*

CARRIÇO, H. M. S. A. Scrimshaw-A arte dos baleeiros nos Açores: um património a conhecer a defender e salvaguardar. 2018. Tese de Doutorado.

CBEE - Centro Brasileiro de Energia Eólica, 2000. Disponível em: <http://www.eolica.com.br/#/>. Acesso em: 02 de out. 2023.

CBIE – Centro Brasileiro de Infraestrutura. Como funciona a Geração Eólica?. São Paulo, Brasil, 2020. Disponível em: <https://cbie.com.br/como-funciona-a-geracao-eolica/>. Acesso em: 17 jan. 2023.

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Custo final da energia eólica é o mais baixo entre as fontes renováveis, Bela Vista – SP, Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.ccee.org.br/web/guest/dados-e-analises/consumo>. Acesso em: 25 ago. 2023.

CHANG, L.; SAYDALIEV, H. B.; MEO, M. S.; MOHSIN, M. How renewable energy matter for environmental sustainability: Evidence from top-10 wind energy consumer countries of European Union. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, v. 31, p. 100716, 2022.

CHAPMAN, J. Climatic and human impact on the environment?: A question of scale. *Quaternary International*, v. 496, p. 3-13, 2018

CHAURASIYA, P. K.; WARUDKAR, V.; AHMED, S. Wind energy development and policy in India: A review. *Energy Strategy Reviews*, v. 24, p. 342-357, 2019.

CHESF-BRASCEP. Energia Eólica. Volume 1 - De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento. Rio de Janeiro, 1987.

CHOI, D. Y.; WITTIG, T. W.; KLUEVER, B. M. An evaluation of bird and bat mortality at wind turbines in the Northeastern United States. *PLoS ONE* 15(8): e0238034, 2020. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238034>.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente RES nº 462/2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, incluindo usinas hidrelétricas e sistemas associados; usinas termelétricas e sistemas associados; sistemas de transmissão de energia elétrica; usinas eólicas e outras fontes de energia alternativa. Competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentada pelo Decreto nº 99.274, de 6 de junho de 1990. Diário Oficial da União (D.O.U.), 2001.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente RES nº 462/2014. Estabelece procedimentos para o licenciamento ambiental de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fonte eólica em superfície terrestre, altera o art. 1º da Resolução nº 279, de 27 de julho de 2001, do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, e dá outras providências. Diário Oficial da União (D.O.U.), 2014.

CONCEIÇÃO, G. W. D.; LIMA, R. T. D.; SOUZA, R. F. D.; STUTZ, S. B.; NAHOUM, T. D. F.; ABDALLA, V. Sustentabilidade e o transporte urbano de passageiros na cidade do Rio de Janeiro: um modelo que promova utilização de fontes energéticas alternativas com impacto no desempenho das empresas do segmento. 2022.

CORREIA FILHO, F. L. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado do Maranhão: relatório diagnóstico do município de Barreirinha / Francisco Lages Correia Filho, Érico Rodrigues Gomes, Ossian Otávio Nunes, José Barbosa Lopes Filho. - Teresina: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 31 p.: il, 2011.

COSTA, D.I. Estações de recarga para veículos elétricos alimentadas por energia solar fotovoltaica: estudo de caso para rodovia BR-381 Fernão Dias em 2030. 2021.

CPTEC-INPE (CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS – INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Monitoramento do El Niño e La Niña. 2020. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 04 maio. 2022.

DA SILVA FARIAS, E.; DE BRITO, J. M. S.; QUINELATO, R. V.; ALVES, L. P. Instalação e operação de parques eólicos: impactos negativos para o meio ambiente e sociedade. Brazilian Journal of Development, v. 6, n. 8, p. 62189-62201, 2020.

DA SILVA, B. M. F.; DOS SANTOS JÚNIOR, O. F.; SCUDELARI, A. C. Erosão em falésias costeiras e movimentos de massa no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. Geosciences= Geociências, v. 39, n. 2, p. 447-461, 2020.

DA SILVA, D. F.; GALVÍNIO, J. D.; NÓBREGA, R. S. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacias do rio São Francisco. *Brazilian Journal of Environmental Sciences (Online)*, n. 19, p. 46-56, 2011.

DA SILVA, S. S. F.; ALVES, A. C.; RAMALHO, A. M. C. Energia eólica e complementaridade energética: estratégia e desafio para o desenvolvimento sustentável na região nordeste do Brasil. *Qualitas Revista Eletrônica*, v. 19, n. 3, p. 53-72, 2020.

DE AZEVEDO, J. P. M.; DO NASCIMENTO, R. S.; SCHRAM, I. B. Energia eólica e os impactos ambientais: um estudo de revisão. *Revista Uningá*, v. 51, n. 1, 2017.

DA ROCHA, J. P.; BORBA, F. V.; LOBO, V. G. C. ACESSIBILIDADE EM CALÇADAS E VIAS PÚBLICAS: ESTUDO REALIZADO NA CIDADE DE BARREIRINHAS-MA. *CONSTRUINDO*, v. 12, n. 2, p. 1-10, 2020.

DE CARVALHO, D. P.; SOKOLOSKI, A. L.; DE MELO, A. C. A. Estudo sobre as alternativas de geração de energia e seu impacto ambiental. *Revista Terra & Cultura: Cadernos de Ensino e Pesquisa*, 2022, 38, especial: 859-872.

DE MENDONÇA, I. M.; LOPES, I. F.; DE CASTRO SANTOS, J. L.; FRACETTI, T. A. P. Perspectivas de geração de energia eólica no Brasil. *Brazilian Journal of Development*, 5(10), 18598-18611, 2019.

DE OLIVEIRA SERRA, M.; DE MENDONÇA MARQUES, A.; DOS SANTOS, L.; MELO, N. O.; LIMA, K. L. G.; DE SOUZA SANTOS, G. S. B. Impactos econômicos nas atividades características do turismo no município de Barreirinhas-MA, causados pelo novo coronavírus. *Acta Tecnológica*, v. 15, n. 1, p. 131-149, 2021.

DE ROCCO, G. K.; HENKES, J. A. Biocombustíveis sustentáveis para a aviação no Brasil. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 9, n. 4, p. 191-226, 2020.

DE SOUSA KOCHAN, J. N. CRISE HÍDRICA: A PERSPECTIVA JURÍDICA DOS RECURSOS HÍDRICOS FRENTE AOS DESAFIOS DO AQUECIMENTO GLOBAL. Revista de Direito Agrário e Agroambiental, v. 8, n. 1, 2022.

DHAR, A.; NAETH, M. A.; JENNINGS, P. D.; EL-DIN, M. G. Perspectives on environmental impacts and a land reclamation strategy for solar and wind energy systems. Science of the total environment, v. 718, p. 134602, 2020.

DONG, W.; ZHAO, G.; YÜKSEL, S.; DINÇER, H.; UBAY, G. G. A novel hybrid decision making approach for the strategic selection of wind energy projects. Renewable Energy, v. 185, p. 321-337, 2022.

DOS REIS, L. B.; SANTOS, E. C. *Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais*. Editora Manole, 2006.

FARIAS, E.G.G de; MAIA, L.P.; MONTEIRO, L.H.U. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise de mudanças morfológicas na desembocadura e estuário inferior do rio Jaguaribe – CE. Anais do XII Congresso Latino Americano de Ciências do Mar - COLACMAR, Florianópolis – SC, 2007.

FERREIRA, K. A. Estudo da implementação de medidas de eficiência energética (Retrofit LED e sistema fotovoltaico) realizadas num edifício público de saúde e avaliação do seu impacte ambiental. 2021. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

FIALHO, M. S.; FILHO GOMES, A. Relatório de áreas de concentração de aves migratórias no Brasil. Cabedelo, PB: CEMAVE/ICMBio. 2022. 4ª edição. ISSN: 2446-9750.

FOGA, S.; SCARAMUZZA, P.L.; GUO, S.; ZHU, Z.; DILLEY JR, R.D.; BECKMANN, T.; LAUE, B. Comparação e validação de algoritmos de detecção de nuvens para

produtos de dados Landsat operacionais. Sensoriamento remoto do ambiente, v. 194, p. 379-390, 2017.

FONSECA, J. P. Avaliação de relatórios de impacto ambiental de complexos eólicos no Brasil. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

FRANÇA, C. F.; PEREIRA, R. R.; JÚNIOR, J. L. D. A. F.; ARAÚJO, F.A. Erosão da orla costeira grande-bispo, ilha de Mosqueiro, Belém-PA, através da análise de indicadores. Geografia Ensino & Pesquisa, v. 24, p. 20, 2020.

FUNARI, P. P. Grécia e Roma. Contexto, 2001.

GARCIA, P. D.; MENDES, M. G.; KLEIN-GUNNEWIEK, ÁTILA F.; GIRELI, T. Z.; VENANCIO, K. K. Análise da evolução da linha de costa a partir de imagens de satélite. Concilium, v. 22, n. 3, p. 637-649, 2022.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energias renováveis: um futuro sustentável. Revista Usp, n. 72, p. 6-15, 2007.

GONÇALVES, F. C. P.; DA SILVA JÚNIOR, M. Q.; FONTES, K. E. S.; DE LIMA, R. N.; PEREIRA, K. R. A.; DE ALMADA, L. F. A. Análise da caracterização mecânica de compósito composto por fibra de coco e resina acrílica. Engenharia no Século XXI Volume 13, p. 81, 2019.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C.; MEIRELES, A.J. DE A. Impactos socioambientais da implantação dos parques de energia eólica no Brasil. Edições UFC, Fortaleza, 2019. Disponível em: http://www.observatoriodaenergiaeolica.ufc.br/wpcontent/uploads/2019/07/livro_web.pdf. Acesso em: 10/08/2023.

GELLER, H. S.; GOLDEMBERG, J. Revolução energética: políticas para um futuro sustentável. 2002.

GWEC - Global Wind Energy Council. Global Wind Report 2022. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://gwec.net/wp-content/uploads/2022/03/GWEC-GLOBAL-WIND-REPORT-2022.pdf>. Acesso em: 20 de set. 2023.

HOBBSAWM, E. A era do capital: 1848-1875. Editora paz e Terra, 2015.

HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment, Elsevier Science Publishing Co., New York, USA. 25:295-309. 1988.

IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Plano de Manejo do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses. São Luís, MA. 2003. 499 p.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Termo de Referência. EIA/RIMA Complexos Eólicos Marítimos (Offshore), 2020. Disponível em: https://www.ibama.gov.br/phocadownload/licenciamento/publicacoes/2020-11-TR_CEM.pdf Acesso em: 10 out 2022.

IBAMA - INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. Mapas de Projetos em Licenciamento - Complexos Eólicos Offshore, 2022. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/laf/consultas/mapas-de-projetos-em-licenciamentocomplexos-eolicos-ofshore> Acesso em: 02 out 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE – ICMBio. Lista de espécies ameaçadas de extinção, 2014. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/cepsul/destaques-e-eventos/492-lista-de-especies-ameacadas-saiba-mais.html>. Acesso em: 10 out 2023.

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of

Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

IRENA – International Renewable Energy Agency, 2023. Disponível em: <https://www.irena.org/>. Acesso em: 27 ago. 2023.

JUSTICE, C. O.; VERMOTE, E.; TOWNSHEND, J.R.G.; DEFRIES, R.; ROY, D.P.; HALL, D.K.; SALOMONSON, V.V.; PRIVETTE, J.L.; RIGGS, G.; STRAHLER, A. The moderate resolution imaging spectroradiometer (MODIS): land remote sensing for global change research. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36(4):1228-1249, 1998.

KAGAN, N.; DE OLIVEIRA, C. C. B.; ROBBA, E. J. *Introdução aos sistemas de distribuição de energia elétrica*. Editora Blucher, 2021.

KATSAPRAKAKIS, D. A. A review of the environmental and human impacts from wind parks. A case study for the Prefecture of Lasithi, Crete. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 5, p. 2850-2863, 2012.

KOMAR, P. D. Coastal erosion: underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, [s. l.], v. 68, n. 1, p. 3-16, Jan. 2000

KRELL, A. J.; DE CASTRO, C. B. A sustentabilidade da matriz energética brasileira: o marco regulatório das energias renováveis e o princípio do desenvolvimento sustentável. *Revista de Direito Econômico e Socioambiental*, v. 11, n. 2, p. 157-188, 2020.

KUMAR, R.; RAAHEMIFAR, K.; FUNG, A. S. A critical review of vertical axis wind turbines for urban applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 89, p. 281-291, 2018.

LEITE, S. O. Maia, um sopro de energia eólica: método de avaliação dos investimentos pelo arrendamento de terras. 2021.

LEUNG, D. Y.; YANG, Y. Wind energy development and its environmental impact: A review. *Renewable and sustainable energy reviews*, v. 16, n. 1, p. 1031-1039, 2012.

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

LOUREIRO, C. V.; GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Implantação de energia eólica e estimativa das perdas ambientais em um setor do litoral oeste do Ceará, Brasil. *GEOSABERES: Revista de Estudos Geoeducacionais*, v. 6, n. 1, p. 24-38, 2015.

MAIA, I. P. Análise Econômica do Sistema de Microgeração Eólica: Estudo de caso em uma empresa de Limoeiro do Norte/CE. 2022.

MARINO, M. T. R. D.; FREIRE, G. S. S. Análise da evolução da linha de costa entre as Praias do Futuro e Porto das Dunas, Região Metropolitana de Fortaleza (RMF), Estado do Ceará, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, v. 13, n. 1, p. 113-129, 2013.

MEDEIROS, J. G. F.; RAMOS, L. A. Energia Eólica: Avaliação de Implementação de um Parque Eólico em Goianésia-GO. 2019.

MEDEIROS, R. M.; ARAÚJO, W. R.; DE HOLANDA, R. M.; SABOYA, L. M. F.; FRANÇA, M. V.; NETO, F. C. R. Oscilações climáticas e suas tendências para Lagoa Seca-Paraíba, Brasil. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 13, p. e345101321506-e345101321506, 2021.

MEHRJERDI, H. Modeling and optimization of an island water-energy nexus powered by a hybrid solar-wind renewable system. *Energy*, v. 197, p. 117217, 2020.

MENDES, J. J.; DE CASTRO PEREIRA, R. C.; PEREIRA, E. D.; FRANÇA, T. A. Aspectos Fisiográficos da Bacia do Rio Aurá para fins de Planejamento Ambiental. *Revista Ceuma Perspectivas*, 30(2), 17-29, 2018.

MILLER, L. M.; KEITH, D. W. Climatic impacts of wind power. *Joule*, v. 2, n. 12, p. 2618-2632, 2018.

MILLER, I.; GENÇER, E.; VOGELBAUM, H. S.; BROWN, P. R.; TORKAMANI, S.; O'SULLIVAN, F. M. Parametric modeling of life cycle greenhouse gas emissions from photovoltaic power. *Applied energy*, v. 238, p. 760-774, 2019.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Portaria MMA 444/2014. Lista da Fauna Ameaçada Vertebrados e Invertebrados Terrestres. p.121-125, 2014.

MOREIRA, A.; CYNTHIA, R.; MICHAEL, V. APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO NA ANÁLISE MULTITEMPORAL DA LINHA DE COSTA REGIÃO DE ICAPUÍ/CE, ENTRE 1984 E 2013. *Revista Geonorte*, v. 5, n. 16, p. 52-58, 2014

NASCIMENTO, M. R. Influência da variabilidade climática sobre a linha de costa, riscos e vulnerabilidades do litoral de Maceió, Alagoas. 2023.

MARTINS, F. R.; GUARNIERI, R. A. PEREIRA, E. B. O aproveitamento da energia eólica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 30, 1304-1, 2008.

MOUSSAID, J.; FORA, A. A.; ZOURARAH, B.; MAANAN, M.; MAANAN, M. Using automatic computation to analyze the rate of shoreline change on the Kenitra coast, Morocco. *Ocean Engineering*, 102, 71-77, 2015.

NAZIR, M. S.; MAHDI, A. J.; BILAL, M.; SOHAIL, H. M.; ALI, N.; IQBAL, H. M. Environmental impact and pollution-related challenges of renewable wind energy paradigm—a review. *Science of the Total Environment*, v. 683, p. 436-444, 2019.

NAZIR, M. S.; ALI, N.; BILAL, M.; IQBAL, H. M. Potential environmental impacts of wind energy development: A global perspective. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2020, 13: 85-90.

NERI, M.; JAMELI, D.; BERNARD, E.; MELO, F.P.L. Green versus green? Adverting potential conflicts between wind power generation and biodiversity conservation in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation* 17(3): 131–135, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2019.08.004>.

NERVINO, M. R.; KLAMMLER, H. R. Investigação da dinâmica costeira e processos erosivos entre Praia do Forte e Guarajuba, no Litoral Norte da Bahia, Brasil. *Bahia Análise & Dados*, v. 30, n. 1, p. 134-156, 2020.

NETO, N.O Impacto das Frequências Sonoras na Criança: Revisão Integrativa de Literatura. 2021.

NETO, P. J. M. Energias renováveis e a agricultura familiar no nordeste brasileiro: uma revisão bibliográfica. 2023.

NÓBREGA, J. N. Estudos de variabilidades interanual e interdecenal da precipitação pluvial das regiões hidrográficas da parte setentrional oriental do Brasil utilizando a análise de ondaletas. 2019. 160f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Pós-Graduação em Meteorologia, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2019. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/11514>.

NUNES, T. G. A.; UNGARETTI, C. R.; DI MARCO, G. M. R.; MENDONÇA, M. A. A. D. (2023). Financiamentos chineses de projetos de energias renováveis na América Latina: uma análise à luz dos desafios das mudanças climáticas.

OLIVEIRA, W. R. “Eles só usam o vento”: Impactos socioambientais na instalação de parques eólicos no litoral do Maranhão, nordeste do Brasil. 2020.

ÔMEGA ENERGIA. Plano de descarbonização, Brasil, 2022. Disponível em: <https://www.omegaenergia.com.br/sustentabilidade.html#Relatorio-de-Sustentabilidade>. Acesso em: 10 mai. 2023.

PINHEIRO, V. M.; GOMES, L. C.; DE OLIVEIRA, C. A.; BELETTI, M. A. Análise do setor de energia eólica no Brasil. Revista Científica UMC, v. 6, n. 1, 2021.

PINHO, J. T.; BARBOSA, C. F. O.; PEREIRA, E. J. S.; SOUZA, H. M. S.; BLASQUES, L. C. M.; GALHARDO, M. A. B.; MACÊDO, W. N. Sistemas híbridos. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2008.

PINHO, T. R. R.; DANTAS, E. W. C.; SANTOS, J. O. Turismo e sustentabilidade em comunidades costeiras: reflexões sobre mudanças socioambientais em Jericoacoara (CE) e Barreirinhas (MA). Revista Brasileira de Ecoturismo (RBEcotur), v. 12, n. 4, 2019.

PORTÉ-AGEL, F.; BASTANKHAH, M.; SHAMSODDIN, S. Wind-turbine and wind-farm flows: A review. Boundary-layer meteorology, v. 174, n. 1, p. 1-59, 2020.

RAHMAN, A.; FARROK, O.; HAQUE, M. M. Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 161, p. 112279, 2022.

RAMOS, C. B. A ação do turismo nos Lençóis Maranhenses: a Comunidade de São Domingos entre a tradição e a Modernidade. 2012. Tese de Doutorado. UEMA.

RESENDE, G. B. Avaliação de impactos ambientais em parques eólicos. 2010.

ROUSE, J. W.; HAAS, H.R.; SCHELL; J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plain with ERTS. In: Earth Resources Technology Satellite - 1 Symposium , 3, 1973. Proceedings. Washington, 1973, v.1, Sec.A, p.309-317.

SANTANA, J. S.; DE SOUSA SOARES, J. D.'Arc; CARDOSO, E. S. PROCESSOS DE PURIFICAÇÃO DO BIOGÁS ATRAVÉS DA REMOÇÃO DE CO₂—UM ESTUDO TEÓRICO. Revista Científica UMC, v. 7, n. 3, 2022.

SANTOS, F. M. C. D. S. Avaliação do impacto da produção eólica na reserva operativa de curto e longo prazo utilizando séries temporais. 2019.

SANTOS, M. A. Relatório BEN (Balanço Energético Nacional) - Empresa de Pesquisa Energética. Fontes de energia nova e renovável. 2020. Editora: LTC. Temas: Energia e Meio Ambiente.

SANTOS, Y. A. F. Modelos analíticos para cálculo de frequências naturais de torres eólicas considerando interação solo-estrutura. 2023. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. Oficina de textos, 2020.

SAYED, E. T.; WILBERFORCE, T.; ELSAID, K.; RABAIA, M. K. H.; ABDELKAREEM, M. A.; CHAE, K. J.; OLABI, A. G. A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal. Science of the total environment, v. 766, p. 144505, 2021.

SCHUBERT, C. Atlas Eólico do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: AGDI, 2014.

SILVA, J. V. L.; LIMA, E. R.; LIMA, A. M. S. L. Eficiência de Usina Termelétrica Combustão Interna-Ciclo Aberto. 2022.

SNGM - Secretaria Nacional de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. CPRM-Serviço Geológico do Brasil Residência de Teresina, Santa Helena, 2011.

SOUZA, W. F. D. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à análise da evolução espaçotemporal da linha de costa do município de Icapuí, Ceará-Brasil. Fortaleza, 2016, 135p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Brasil.

TAVARES, P. R. Impactos ambientais na avifauna associados às transformações da paisagem no Parque Eólico Tramandaí-Rio Grande do Sul. 2020.

THIELLER, E. R.; MARTIN, D.; ERGUL, A. The Digital Shoreline Analysis System, version 2.3. Shoreline change measurement software extension ArcMap 9.0.USGS Open-File, 2005.

THIELER, E. R.; HIMMELSTOSS, E. A; ZICHICHI, J. L; ERGUL, A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change. US Geological Survey, 2009.

URIBE-RIVERA, M. A.; GUEVARA-CARRIZALES, A. A.; RUIZ-CAMPOS, G. Mortalidad incidental de aves paseriformes en un parque eólico del noroeste de México. Huitzil, v. 20, n. 1, 2019.

VEERS, P.; DYKES, K.; LANTZ, E.; BARTH, S.; BOTTASSO, C. L.; CARLSON, O.; ...; WISER, R. Grand challenges in the science of wind energy. Science, v. 366, n. 6464, p. eaau2027, 2019.

VENTURA, F. A.; JUNIOR, L. L.; BARBOSA, L. Z.; SILVA, M. A. R. D.; DIAS, S. A. Sustentabilidade e as fontes de energia alternativa: um modelo que promova a geração de valor para o transporte de passageiros por fretamento. 2022.

VIANA, G. B. C.; ASENCIOS, Y. J. O. Aplicação do modelo DPSIR (Drivers–Pressures–State–Impact–Response) com foco nas respostas tecnológicas para a redução dos gases de efeito estufa. Latin American Journal of Energy Research, v. 9, n. 1, p. 49-68, 2022.

WAGNER, H. J. Introduction to wind energy systems. In: EPJ Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. p. 00004.

WIKIAVES – A Enciclopédia das Aves do Brasil. Página da espécie maçarico-de-papo-vermelho (*Calidris canutus*), 2023. Disponível em: <https://www.wikiaves.com.br/wiki/macarico-de-papo-vermelho>. Acesso em: 05 ago. 2023.

WIZELIUS, T. Developing Wind Power Projects. Londres: Earthscan, 2007.

ZAPAROLLI, D. Ventos promissores a caminho: Potencial eólico brasileiro é três vezes maior do que o do parque nacional de energia elétrica; capacidade atual pode abastecer 22 milhões de residências. Revista Pesquisa FAPESP, ed. 275, 2019.

ZHANG, Y.; WALLACE, J.M.; BATTISTI, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93, Journal of Climate, v.10, p.1004-1020, 1997.

ZENG, Z.; ZIEGLER, A. D.; SEARCHINGER, T.; YANG, L.; CHEN, A.; JU, K.; ...; WOOD, E. F. A reversal in global terrestrial stilling and its implications for wind energy production. Nature Climate Change, v. 9, n. 12, p. 979-985, 2019.

ANEXOS

Tabela 7. Espécies da avifauna brasileira ameaçadas de extinção (portaria MMA nº 148, de 7 de junho de 2022)

ESPÉCIES DA AVIFAUNA BRASILEIRA AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO (PORTARIA MMA Nº 148,

DE 7 DE JUNHO DE 2022)

FAMÍLIA	ESPÉCIE	ESTADO DE CONSERVAÇÃO
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Amadonastur lacernulatus</i>	VU
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Circus cinereus</i>	VU
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Harpia harpyja</i>	VU
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Leptodon forbesi</i>	EN
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Morphnus guianensis</i>	VU
<i>Accipitriformes/Accipitridae</i>	<i>Urubitinga coronata</i>	EN
<i>Anseriformes/Anatidae</i>	<i>Mergus octosetaceus</i>	CR
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Augastes lumachella</i>	EN
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Campylopterus calcirupicola</i>	EN
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Colibri delphinae greenewalti</i>	EN
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Discosura langsdorffi langsdorffi</i>	EN
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Glaucis dohrnii</i>	VU
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Lophornis gouldii</i>	VU
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Phaethornis aethopygus</i>	VU
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Phaethornis major</i>	VU
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Phaethornis margarettae</i>	EN
<i>Apodiformes/Trochilidae</i>	<i>Thalurania watertonii</i>	EN
<i>Caprimulgiformes/Caprimulgidae</i>	<i>Hydropsalis candicans</i>	EN
<i>Caprimulgiformes/Caprimulgidae</i>	<i>Nyctiprogne vielliardi</i>	EN
<i>Charadriiformes/Burhinidae</i>	<i>Burhinus bistriatus</i>	VU
<i>Charadriiformes/Charadriidae</i>	<i>Charadrius wilsonia</i>	VU
<i>Charadriiformes/Laridae</i>	<i>Sterna dougallii</i>	VU
<i>Charadriiformes/Laridae</i>	<i>Sterna hirundinacea</i>	VU
<i>Charadriiformes/Laridae</i>	<i>Thalasseus acutiflavus</i>	VU
<i>Charadriiformes/Laridae</i>	<i>Thalasseus maximus</i>	EN
<i>Charadriiformes/Scolopacidae</i>	<i>Calidris canutus</i>	VU
<i>Charadriiformes/Scolopacidae</i>	<i>Calidris pusilla</i>	EN
<i>Charadriiformes/Scolopacidae</i>	<i>Calidris subruficollis</i>	VU
<i>Charadriiformes/Scolopacidae</i>	<i>Limnodromus griseus</i>	EN
<i>Charadriiformes/Scolopacidae</i>	<i>Numenius hudsonicus</i>	VU
<i>Columbiformes/Columbidae</i>	<i>Columbina cyanopsis</i>	CR
<i>Columbiformes/Columbidae</i>	<i>Paraclaravis geoffroyi</i>	CR(PEX)
<i>Coraciiformes/Momotidae</i>	<i>Momotus momota marcgraviana</i>	EN
<i>Cuculiformes/Cuculidae</i>	<i>Neomorphus geoffroyi</i>	VU
<i>Cuculiformes/Cuculidae</i>	<i>Neomorphus geoffroyi amazonicus</i>	VU
<i>Cuculiformes/Cuculidae</i>	<i>Neomorphus geoffroyi dulcis</i>	EN
<i>Cuculiformes/Cuculidae</i>	<i>Neomorphus geoffroyi geoffroyi</i>	CR(PEX)

<i>Cuculiformes/Cuculidae</i>	<i>Neomorphus squamiger</i>	VU
<i>Galbuliformes/Bucconidae</i>	<i>Malacoptila minor</i>	VU
<i>Galbuliformes/Bucconidae</i>	<i>Monasa morphoeus morphoeus</i>	EN
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Aburria kujubi</i>	VU
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Aburria jacutinga</i>	EN
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Crax blumenbachii</i>	EN
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Crax fasciolata pinima</i>	CR
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Crax globulosa</i>	EN
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Ortalis remota</i>	CR
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Pauxi mitu</i>	EW
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Penelope jacucaca</i>	VU
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Penelope pileata</i>	VU
<i>Galliformes/Cracidae</i>	<i>Penelope superciliaris alagoensis</i>	CR
<i>Galliformes/Odontophoridae</i>	<i>Odontophorus capueira plumbeicollis</i>	CR
<i>Gruiformes/Psophiidae</i>	<i>Psophia dextralis</i>	VU
<i>Gruiformes/Psophiidae</i>	<i>Psophia interjecta</i>	EN
<i>Gruiformes/Psophiidae</i>	<i>Psophia obscura</i>	CR
<i>Gruiformes/Psophiidae</i>	<i>Psophia viridis</i>	VU
<i>Gruiformes/Rallidae</i>	<i>Laterallus spilopterus</i>	EN
<i>Gruiformes/Rallidae</i>	<i>Laterallus xenopterus</i>	EN
<i>Nyctibiiformes/Nyctibiidae</i>	<i>Nyctibius aethereus aethereus</i>	EN
<i>Nyctibiiformes/Nyctibiidae</i>	<i>Nyctibius leucopterus</i>	EN
<i>Passeriformes/Cardinalidae</i>	<i>Granatellus pelzelni paraensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Conopophagidae</i>	<i>Conopophaga cearae</i>	EN
<i>Passeriformes/Conopophagidae</i>	<i>Conopophaga lineata lineata</i>	VU
<i>Passeriformes/Corvidae</i>	<i>Cyanocorax hafferi</i>	VU
<i>Passeriformes/Cotingidae</i>	<i>Cotinga maculata</i>	EN
<i>Passeriformes/Cotingidae</i>	<i>Lipaigus conditus</i>	VU
<i>Passeriformes/Cotingidae</i>	<i>Procnias albus wallacei</i>	VU
<i>Passeriformes/Cotingidae</i>	<i>Xipholena atropurpurea</i>	VU
<i>Passeriformes/Cotingidae</i>	<i>Xipholena lamellipennis</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Campylorhamphus cardosoi</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Campylorhamphus multostriatus</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Campylorhamphus trochilirostris trochilirostris</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrexetastes rufigula paraensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrocincla merula badia</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrocincla taunayi</i>	EN
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrocolaptes medius</i>	VU

<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrocolaptes retentus</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Dendrocolaptes transfasciatus</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Hylexetastes brigidai</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Hylexetastes uniformis</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Xiphocolaptes carajaensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Xiphocolaptes falcirostris</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Xiphorhynchus atlanticus</i>	VU
<i>Passeriformes/Dendrocolaptidae</i>	<i>Xiphorhynchus guttatoides</i>	EN
	<i>gracilirostris</i>	
<i>Passeriformes/Formicariidae</i>	<i>Chamaeza nobilis fulvipectus</i>	VU
<i>Passeriformes/Fringillidae</i>	<i>Spinus yarrellii</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Acrobatornis fonsecai</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Anabazenops dorsalis</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Asthenes hudsoni</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Asthenes luizae</i>	EN
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Automolus lammi</i>	EN
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Cinclodes espinhacensis</i>	EN
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Coryphistera alaudina</i>	CR
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Leptasthenura platensis</i>	CR
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Pseudoseisura lophotes</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Synallaxis infuscata</i>	EN
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Synallaxis kollari</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Syndactyla ucayalae</i>	VU
<i>Passeriformes/Furnariidae</i>	<i>Thripophaga macroura</i>	VU
<i>Passeriformes/Grallariidae</i>	<i>Grallaria varia distincta</i>	VU
<i>Passeriformes/Grallariidae</i>	<i>Grallaria varia intercedens</i>	EN
<i>Passeriformes/Grallariidae</i>	<i>Hylopezus paraensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Grallariidae</i>	<i>Hylopezus whittakeri</i>	VU
<i>Passeriformes/Icteridae</i>	<i>Anumara forbesi</i>	VU
<i>Passeriformes/Icteridae</i>	<i>Cacicus koepckeae</i>	VU
<i>Passeriformes/Icteridae</i>	<i>Xanthopsar flavus</i>	VU
<i>Passeriformes/Motacillidae</i>	<i>Anthus nattereri</i>	VU
<i>Passeriformes/Onychorhynchidae</i>	<i>Onychorhynchus swainsoni</i>	VU
<i>Passeriformes/Oxyruncidae</i>	<i>Oxyruncus cristatus tocantinsi</i>	VU
<i>Passeriformes/Passerellidae</i>	<i>Arremonops conirostris</i>	EN
<i>Passeriformes/Pipridae</i>	<i>Antilophia bokermanni</i>	CR
<i>Passeriformes/Pipridae</i>	<i>Lepidothrix iris</i>	EN
<i>Passeriformes/Pipridae</i>	<i>Lepidothrix iris iris</i>	EN
<i>Passeriformes/Pipridae</i>	<i>Lepidothrix vilasboasi</i>	EN
<i>Passeriformes/Pipridae</i>	<i>Neopelma aurifrons</i>	EN

<i>Passeriformes/Platyrrhidae</i>	<i>Calyptura cristata</i>	CR (PEX)
<i>Passeriformes/Platyrrhidae</i>	<i>Platyrrhinus leucoryphus</i>	VU
<i>Passeriformes/Platyrrhidae</i>	<i>Platyrrhinus mystaceus niveigularis</i>	VU
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Eleoscytalopus psychopompus</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Merulaxis stresemanni</i>	CR
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Scytalopus diamantinensis</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Scytalopus gonzagai</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Scytalopus iraiensis</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhinocryptidae</i>	<i>Scytalopus novacapitalis</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Cnipodectes superrufus</i>	VU
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Hemitriccus kaempferi</i>	VU
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Hemitriccus mirandae</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Phylloscartes beckeri</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Phylloscartes ceciliae</i>	CR
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Phylloscartes roquettei</i>	EN
<i>Passeriformes/Rhynchocyclidae</i>	<i>Poecilotriccus albifacies</i>	VU
<i>Passeriformes/Scleruridae</i>	<i>Geositta poeciloptera</i>	VU
<i>Passeriformes/Scleruridae</i>	<i>Sclerurus caudacutus caliginus</i>	CR
<i>Passeriformes/Scleruridae</i>	<i>Sclerurus caudacutus umbretta</i>	CR
<i>Passeriformes/Scleruridae</i>	<i>Sclerurus cearensis</i>	EN
<i>Passeriformes/Scleruridae</i>	<i>Sclerurus macconnelli bahiae</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Clytoctantes atrogularis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Dysithamnus plumbeus</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Epinecrophylla dentei</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Formicivora acutirostris</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Formicivora erythronotos</i>	CR
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Formicivora grantsaui</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Formicivora littoralis</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Formicivora paludicola</i>	CR
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Hypocnemis hypoxantha</i>	VU
	<i>ochraceiventris</i>	
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Hypocnemis ochrogyna</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Hypocnemis striata</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmoderus ruficauda</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula fluminensis</i>	CR (PEX)
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula minor</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula oreni</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula snowi</i>	CR
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Myrmotherula urosticta</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Phlegopsis borbae</i>	VU

<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Phlegopsis nigromaculata confinis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Phlegopsis nigromaculata</i>	VU
	<i>paraensis</i>	
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Pyriglena atra</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Pyriglena pernambucensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Rhegmatorhina gymnops</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Rhegmatorhina hoffmannsi</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Rhopornis ardesiacus</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Terenura sicki</i>	CR
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnomanes caesius caesius</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus aethiops distans</i>	EN
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	VU
	<i>cearensis</i>	
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus caerulescens</i>	VU
	<i>pernambucensis</i>	
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus nigrocinereus huberi</i>	VU
<i>Passeriformes/Thamnophilidae</i>	<i>Thamnophilus nigrocinereus</i>	EN
	<i>tschudii</i>	
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Conothraupis mesoleuca</i>	EN
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Coryphaspiza melanotis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Gubernatrix cristata</i>	CR
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Nemosia rourei</i>	CR
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila beltoni</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila falcirostris</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila frontalis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila hypoxantha</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila maximiliani</i>	CR
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila melanogaster</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila nigrorufa</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila palustris</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Sporophila ruficollis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Tangara cyanocephala cearensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Tangara fastuosa</i>	VU
<i>Passeriformes/Thraupidae</i>	<i>Tangara velia signata</i>	VU
<i>Passeriformes/Tityridae</i>	<i>Iodopleura pipra</i>	EN
<i>Passeriformes/Tityridae</i>	<i>Iodopleura pipra leucopygia</i>	EN
<i>Passeriformes/Tityridae</i>	<i>Iodopleura pipra pipra</i>	EN
<i>Passeriformes/Tityridae</i>	<i>Laniisoma elegans</i>	EN
<i>Passeriformes/Tityridae</i>	<i>Schiffornis turdina intermedia</i>	VU
<i>Passeriformes/Troglodytidae</i>	<i>Cyphorhinus griseolateralis</i>	VU

<i>Passeriformes/Turdidae</i>	<i>Cichlopsis leucogenys</i>	EN
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Alectrurus tricolor</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Attila spadiceus uropygiatus</i>	EN
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Contopus nigrescens</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Elaenia ridleyana</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Knipolegus franciscanus</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Phyllomyias reiseri</i>	EN
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Serpophaga hypoleuca pallida</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Stigmatura napensis napensis</i>	VU
<i>Passeriformes/Tyrannidae</i>	<i>Xolmis dominicanus</i>	VU
<i>Passeriformes/Vireonidae</i>	<i>Vireo gracilirostris</i>	VU
<i>Passeriformes/Xenopidae</i>	<i>Xenops minutus alagoanus</i>	VU
<i>Pelecaniformes/Ardeidae</i>	<i>Tigrisoma fasciatum</i>	VU
<i>Phaethontiformes/Phaethontidae</i>	<i>Phaethon aethereus</i>	EN
<i>Phaethontiformes/Phaethontidae</i>	<i>Phaethon lepturus</i>	EN
<i>Piciformes/Capitonidae</i>	<i>Capito dayi</i>	VU
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Celeus flavus subflavus</i>	CR
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Celeus galeatus</i>	EN
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Celeus obrieni</i>	VU
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Celeus torquatus pieteroyensi</i>	VU
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Celeus torquatus tinnunculus</i>	EN
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Piculus paraensis</i>	VU
<i>Piciformes/Picidae</i>	<i>Piculus polyzonus</i>	EN
<i>Piciformes/Ramphastidae</i>	<i>Pteroglossus bitorquatus</i>	VU
	<i>bitorquatus</i>	
<i>Piciformes/Ramphastidae</i>	<i>Selenidera gouldii baturitensis</i>	EN
<i>Procellariiformes/Diomedeidae</i>	<i>Diomedea dabbenena</i>	CR
<i>Procellariiformes/Diomedeidae</i>	<i>Diomedea epomophora</i>	VU
<i>Procellariiformes/Diomedeidae</i>	<i>Diomedea exulans</i>	CR
<i>Procellariiformes/Diomedeidae</i>	<i>Diomedea sanfordi</i>	EN
<i>Procellariiformes/Diomedeidae</i>	<i>Thalassarche chlororhynchos</i>	EN
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Procellaria aequinoctialis</i>	VU
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Procellaria conspicillata</i>	VU
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Pterodroma arminjoniana</i>	CR
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Pterodroma deserta</i>	VU
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Pterodroma incerta</i>	EN
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Pterodroma madeira</i>	EN
<i>Procellariiformes/Procellariidae</i>	<i>Puffinus lherminieri</i>	CR
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Amazona pretrei</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Amazona rhodocorytha</i>	VU

<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Amazona vinacea</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Anodorhynchus leari</i>	EN
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Aratinga solstitialis</i>	EN
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Cyanopsitta spixii</i>	CR
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Guaruba guarouba</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pionus reichenowi</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura vulturina</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura amazonum</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura anerythra</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura coerulescens</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura cruentata</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura griseipectus</i>	EN
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura leucotis</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura molinae</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura pallescens</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura perlata</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Pyrrhura pfrimeri</i>	EN
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Touit melanonotus</i>	VU
<i>Psittaciformes/Psittacidae</i>	<i>Touit surdus</i>	VU
<i>Strigiformes/Strigidae</i>	<i>Pulsatrix perspicillata pulsatrix</i>	CR
<i>Strigiformes/Strigidae</i>	<i>Strix huhula albomarginata</i>	VU
<i>Suliformes/Fregatidae</i>	<i>Fregata minor</i>	CR
<i>Suliformes/Fregatidae</i>	<i>Fregata trinitatis</i>	CR
<i>Suliformes/Sulidae</i>	<i>Sula sula</i>	EN
<i>Tinamiformes/Tinamidae</i>	<i>Crypturellus zabele</i>	VU
<i>Tinamiformes/Tinamidae</i>	<i>Nothura minor</i>	EN
<i>Tinamiformes/Tinamidae</i>	<i>Taoniscus nanus</i>	EN
<i>Tinamiformes/Tinamidae</i>	<i>Tinamus tao</i>	VU
<i>Trogoniformes/Trogonidae</i>	<i>Trogon collaris eytoni</i>	EN

LC – Pouco preocupante, NT – Quase ameaçada, VU – Vulnerável, EN – Em perigo, CR – Criticamente em perigo, CR (PEX) – Criticamente em perigo (provavelmente extinta), EW – Extinta da Natureza, EX – Extinta.