



A PAISAGEM MODIFICADA E OS IMPACTOS NA AVIFAUNA NO PARQUE EÓLICO TRAMANDAÍ, NA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Paula Rodrigues Tavares ¹

Roberto Verdum ²

Lucimar de Fátima dos Santos Vieira ³

RESUMO

Considera-se que há um consenso generalizado de que a energia eólica causa baixos impactos ao ambiente. No entanto, com a implantação dos parques eólicos, têm-se avaliado e registrado uma série de impactos ambientais. Um destes impactos diz respeito à avifauna que pelas suas trajetórias de voos passa a dividir o espaço aéreo com as estruturas construtivas dos parques eólicos. Portanto, nessa pesquisa se estabelece como objetivo geral, avaliar os impactos ambientais negativos causados à avifauna, relacionados às alterações na paisagem decorrentes da instalação de um empreendimento de geração de energia, a partir de fonte eólica no município de Tramandaí, Rio Grande do Sul (RS). Como suporte teórico-metodológico, a categoria de análise paisagem foi central para tratar essa temática. Assim, a paisagem, como categoria de análise e instrumento metodológico, foi utilizada para analisar as alterações na avifauna na área de estudo. A conclusão deste estudo aponta a existência de impactos ambientais negativos sobre a avifauna, provavelmente associados com as modificações na cobertura e uso da terra, em especial, ao aumento nas áreas utilizadas para a infraestrutura urbana e atividade de silvicultura. Observou-se que a comunidade avifaunística sofreu importantes alterações em sua diversidade e composição, com destaque específico, após a construção do parque eólico. Este estudo evidencia a necessidade de elaboração de procedimentos metodológicos de diagnóstico e monitoramento de avifauna em parques eólicos, sobretudo, que considerem as alterações na paisagem como variável importante de análise para este tipo de empreendimento e outros que a possam impactar negativamente.

Palavras-chaves: Paisagem, Avifauna, Energia eólica, Impacto ambiental, Unidades de Paisagem.

ABSTRACT

In general, there is consensus around the idea that Eolic power causes low environmental impact. However, with the implantation of wind farms; many environmental impacts have been registered and

¹ Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Pelotas (UFPeL). Mestrado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Atualmente é Analista Bióloga na Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), paulabio1989@gmail.com;

² Licenciado e Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestrado e Doutorado em Geografia e Gestão do Território pela Université de Toulouse Le Mirail, França. Atualmente, é Professor Titular do Departamento de Geografia/IGEO/Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), nos cursos de Pós-graduação em Geografia/IGEO e Desenvolvimento Rural/FCE, verdum@ufrgs.br;

³ Licenciada e Bacharel em Biologia pela Universidade de Passo Fundo. Bacharel em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Mestrado, Doutorado e Pós-doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Atualmente, é professora do Departamento Interdisciplinar da UFRGS/Litoral e do Programa de Pós-Graduação em Geografia/IGEO, lucimar.vieira@ufrgs.br;



analyzed. One of these impacts relates to the birdlife, which by their flight trajectory, ends up sharing the airspace with the wind farm's building structures. Therefore, the main goal of this research is established as evaluate the negative impacts caused on birdlife, relative to the landscape alterations, caused by the installation of a power generation venture of eolic source in the city of Tramandaí, RS. As a theoretical-methodological support the analytical category landscape was central to approach this theme. Thus, the landscape, as an analytical category and a methodological instrument, was utilized to analyze the alterations in birdlife in the study area. The conclusion of this study points to the existence of negative environmental impacts on birdlife, probably associated with changes in coverage and land use, in particular, the increase in areas used for urban infrastructure and forestry activity. It was observed that the birdlife community suffered important alterations in its diversity and composition, specifically after the construction of the wind farm. This study shows the need for the elaboration of methodological procedures of diagnosis and monitoring regarding the birdlife in wind farms, most importantly, ones that consider the alterations in landscape as an important analytical variable for this type of venture and others that may bring negative impact.

Keywords: Landscape, Birdlife, Eolic power, Environmental impact, Landscape unity.

INTRODUÇÃO

A humanidade utiliza, há milênios, o aproveitamento eólico na moagem de grãos e no bombeamento de água. Os primeiros registros de utilização de energia eólica datam de cerca de 200 a.C., com a utilização de moinhos de vento que se encontravam espalhados pelos continentes do velho mundo, porém, apenas em 1976 a primeira turbina eólica comercial, também chamada de aerogerador, cuja função é gerar energia elétrica por meio dos ventos, foi ligada à rede elétrica, na Dinamarca (SOVERNIGO, 2009).

O desenvolvimento econômico desenfreado vivenciado no mundo, em especial desde os anos de 1970, vem causando impactos negativos significativos na disponibilidade de recursos naturais. Com as novas tecnologias disponíveis no mercado, temos uma crescente utilização de energia, assim, a demanda por métodos de obtenção desta energia de uma forma mais sustentável vem crescendo. Neste sentido, a energia eólica tem demonstrado alto crescimento em virtude de sua capacidade energética e por utilizar uma fonte de geração de energia limpa, o vento (CAMARGO, 2005).

Ao analisar a produção de energia eólica no país, observa-se que o estado do Rio Grande do Sul possui importância significativa na geração dessa energia, dos 48.475 GWh de energia a partir de fonte eólica produzidos no Brasil em 2018, 5.765 GWh foram gerados nos limites do Estado. (BRASIL, 2019). Também importante no Estado, é a alta concentração de aves que nele transitam e nidificam, principalmente na Planície Costeira.

A energia eólica, apesar de ser considerada uma geração de energia limpa, pouco impactante ambientalmente, implica em modificações na paisagem decorrentes da instalação de equipamentos e das alterações no meio, associadas a essa atividade econômica (PACHECO & SANTOS, 2012; MOURA-FÉ & PINHEIRO, 2013).



Por se tratar de uma atividade econômica iniciada no estado do Rio Grande do Sul recentemente, as informações que se referem aos impactos ambientais estão sendo diagnosticadas e há lacunas no que tange à extensão dos impactos negativos, bem como, quanto aos fatores que influenciam na sua maior ou menor incidência.

A paisagem modificada significativamente pela instalação de empreendimentos eólicos pode influenciar nos impactos à avifauna, já que as modificações são percebidas por esse grupo faunístico e, assim, acarretam variações comportamentais em resposta às interferências construtivas implementadas no local da atividade. Os efeitos mais comumente descritos na comunidade de aves em virtude da presença de aerogeradores são: evitação das áreas, aumento no risco de colisão, alterações no deslocamento, além de perda de habitat por transformações no uso da terra nos locais, onde os empreendimentos são instalados.

Portanto, o objetivo geral deste trabalho é avaliar os impactos ambientais negativos causados à avifauna, relacionados às alterações na paisagem decorrentes da instalação de um empreendimento de geração de energia, a partir de fonte eólica no município de Tramandaí, Rio Grande do Sul (RS). Como objetivos específicos temos: a) verificar as alterações na paisagem, após a implantação da atividade de geração energética, a partir da definição de Unidades de Paisagem (UPs) na área e no entorno do empreendimento; b) analisar a similaridade da comunidade avifaunística, antes e após a implantação do parque eólico; e c) identificar os principais impactos ambientais negativos à avifauna, decorrentes das alterações na paisagem oriundas da atividade de geração de energia do Parque Eólico.

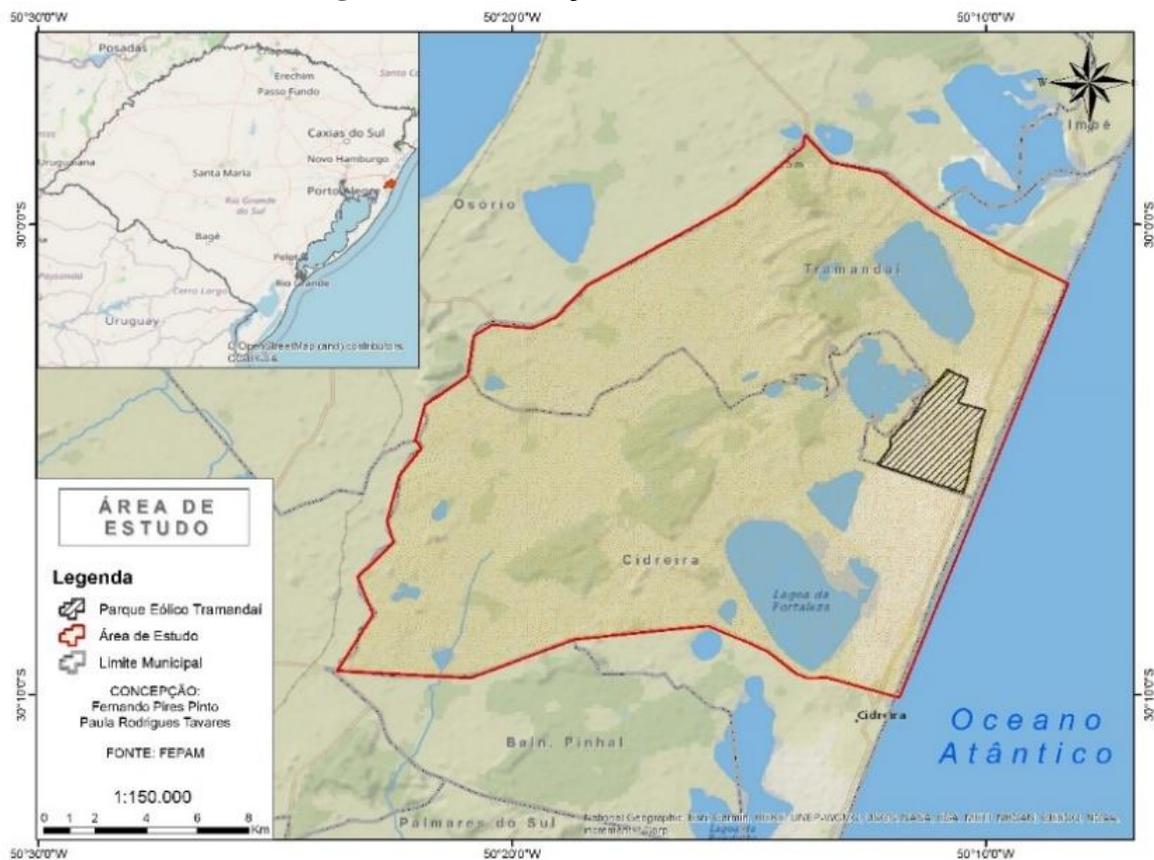
O Parque Eólico Tramandaí (PET) está localizado na extremidade do município de Tramandaí, no litoral norte do estado do Rio Grande do Sul, tendo iniciado sua operação comercial em 2011. Inserido na bacia hidrográfica do Rio Tramandaí, o PET tem área de 512 ha e potência instalada de 70 MW, sendo composto por 31 aerogeradores, dos quais 27 possuem potência nominal de 2,3 MW, 3 de 2,0 MW e 1 de 1,9 MW. Embora o parque tenha aerogeradores com potências nominais diferentes, todos apresentam 139,38 m de altura total, dos quais 98 m da torre e 41 m das pás (FEPAM, 2015).

Nesta pesquisa, objetivando analisar as Unidades de Paisagem (UPs), nas quais se encontra o empreendimento, consideramos como área de estudo, além do Parque Eólico Tramandaí, o seu entorno, de acordo com as características do meio que avaliamos como sendo importantes para a avifauna.

A área de estudo selecionada para a definição das UPs possui aproximadamente 380 km² e engloba parcialmente os municípios de Tramandaí e Cidreira (Figura 1). Esta área reflete a importância de se identificar as UPs e de suas intercorrelações com a avifauna, que utiliza as

áreas úmidas, as lagoas, os maciços arbóreos, entre outros espaços, para as atividades reprodutivas, de nidificação e para forrageio. Na área de estudo encontramos a unidade geomorfológica classificada como Planície Costeira Externa, a qual, ocupa cotas altimétricas inferiores a 20 metros em terrenos mais planos e próximos ao mar. Sua formação ocorreu nos últimos eventos glaciais do final do Cenozóico e possui como principais feições geomorfológicas, além dos leques deltaicos, terraços arenosos e depressões que abrigam banhados, isto é, “(...) os depósitos praias intermarés, depósitos eólicos de dunas litorâneas, que formam grandes dunas parabólicas e barcanóides, depósitos lagunares e depósitos de crista de praias lagunares” (POESTER, 2013, 47).

Figura 1 - Localização da área de estudo



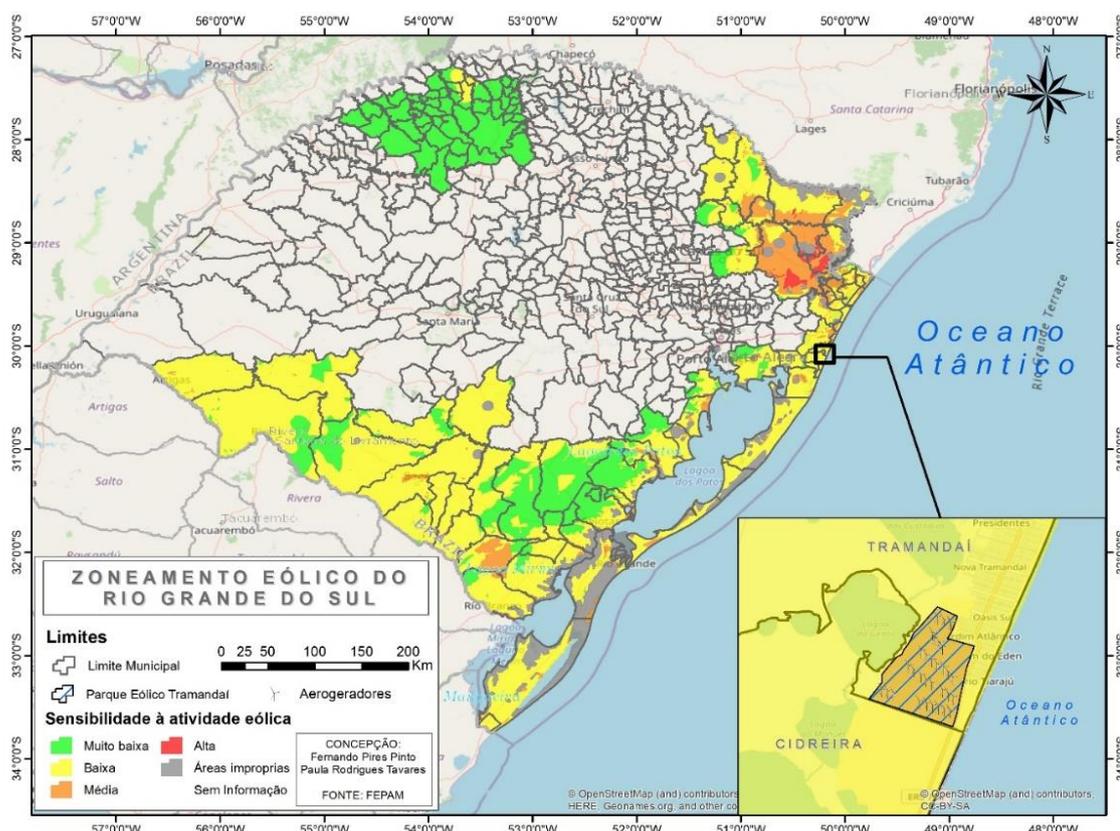
Fonte: Tavares, 2020

REFERENCIAL TEÓRICO

A área do Parque Eólico Trmandaí, embora esteja classificada como de baixa sensibilidade ambiental para esse tipo de geração de energia, segundo a Portaria FEPAM N° 118/2014 (Figura 2), ocupa a porção norte do litoral do Estado, considerada ambientalmente sensível e ameaçada de extinção, de acordo com o instrumento denominado “Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade

Brasileira”⁴. Essa área, denominada de campo de dunas transgressivas de Cidreira (CDTC) ou Dunas Móveis de Cidreira, que compõem o sistema laguna-barreira IV e onde se encontra o Parque Eólico Tramandaí, é reconhecida pela sua importância ambiental, em virtude de suas características para a conservação do meio, a valorização da geodiversidade e a biodiversidade litorânea (FEPAM, 2014).

Figura 2 – Área do Parque Eólico Tramandaí sobreposto à classificação da Portaria FEPAM nº 118/2014



Fonte: Tavares, 2020.

Neste sentido, em relação às dinâmicas do meio, observa-se que as taxas de movimentação das dunas do Complexo Cidreira, onde se situa o parque eólico em questão, são muito elevadas em virtude da ação do vento nordeste (NE). Assim, a preservação dos corredores de alimentação de sedimentos arenosos pelos ventos predominantes, nesse campo de dunas, é imprescindível para a sua manutenção, já que acabaria extinto se tal alimentação cessasse (TOMAZELLI *et al.*, 2008).

⁴ As Áreas e Ações Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição dos Benefícios da Biodiversidade Brasileira “são um instrumento de política pública que visa à tomada de decisão, de forma objetiva e participativa, sobre planejamento e implementação de medidas adequadas à conservação, à recuperação e ao uso sustentável de ecossistemas. Inclui iniciativas, como a criação de unidades de conservação (UCs), o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras, a fiscalização, o fomento ao uso sustentável e a regularização ambiental”. (BRASIL, 2019)



Em virtude da importância da preservação das dunas e dos sistemas deposicionais eólicos associados, o documento intitulado: “Diretrizes e Condicionantes para licenciamento ambiental nas regiões com potencial eólico do RS.”, anexo I da Portaria FEPAM nº 118/2014, traz a seguinte orientação para o Litoral Norte: “Não ocupar as áreas de campos de dunas, praias e lagoas”. Essa preocupação com as dunas e os sistemas deposicionais eólicos associados consta no Código Estadual do Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, Lei Estadual nº 15434/2020, em seu artigo 208, onde se destaca a importância da dinâmica dunária e os significativos valores ecológicos e paisagísticos.

Este campo de dunas é considerado como prioritário para a preservação, em virtude de sua importância ecológica, cultural e cênica (FEPAM, 2017). No que tange a beleza cênica da paisagem, Vieira (2014) reconhece que o Complexo de Dunas Tramandaí - Cidreira é uma paisagem singular e atrativa para o público, dotada de atributos culturais e ecológicos. Quanto à geodiversidade e aos impactos negativos gerados, Meireles (2011) verificou que as atividades de implantação e operação de usinas eólicas sobre os campos de dunas, causam a fragmentação de lagoas interdunares, decorrente da necessidade de construção e manutenção de uma rede de vias de acesso para interligar cada um dos aerogeradores no interior do parque eólico.

Apesar de ser considerada uma forma de geração de energia limpa, vários impactos estão associados a implantação e operação de parques eólicos. Dentre estes, podemos citar o impacto visual destes empreendimentos, baseado em sua influência na visualização da paisagem. Podemos considerar que esta alteração é mais evidente em locais cuja interferência humana não está densamente consolidada, como é o caso de áreas rurais, protegidas ou costeiras (SIEFERT & SANTOS, 2016). A presença de aerogeradores na paisagem é considerada uma alteração da qualidade cênica dessa paisagem, porém a avaliação do impacto visual pode ser difícil e subjetiva.

As modificações na paisagem, provenientes de atividades humanas, dentre as quais, a instalação de parques eólicos, tendem a reduzir a disponibilidade de habitats para a fauna, afetando, assim, a manutenção das populações e as interações entre as espécies. Alterações na paisagem como a fragmentação de habitat são uma das causas principais de perda de biodiversidade em virtude da dificuldade que muitas espécies enfrentam para manter suas populações em pequenas manchas, levando-as à extinção (MATTOS et al., 2003). A conectividade, ou seja, a capacidade da paisagem de permitir fluxos biológicos entre os diferentes elementos da paisagem é diretamente afetada pela fragmentação de habitat (BOSCOLO et al., 2016).



Assim, temos que a perda da biodiversidade tem relação direta com a fragmentação, a degradação e a perda de habitats. Por degradação do habitat entendemos a deterioração gradual da qualidade de determinado habitat. Esta pode causar o declínio de uma espécie, a diminuição da sua densidade ou a perda da capacidade de reprodução desta espécie (FISCHER & LINDENMAYER, 2007).

A estrutura da paisagem altera, também, os parâmetros de deslocamento de espécies em virtude dos diferentes níveis de riscos e benefícios provenientes das diferenças nos tipos de características das paisagens. Os deslocamentos dos animais ocorrem por muitas razões: para alimentação, para evitar predação e competição, para reprodução e demais interações sociais. É clara a relação entre a movimentação das espécies e sua sobrevivência e reprodução (FAHRIG, 2007). Nesse sentido, Giubbina associa as atividades sociais e a alteração por elas causadas à paisagem, a barreira na movimentação de espécies entre fragmentos.

Os impactos de um parque eólico sobre a comunidade de aves, portanto, são variáveis e dependem de uma série de fatores como topografia da área, habitat afetado e número de espécies presentes na área (BRASIL, 2014), condições meteorológicas, abundância, atividade/comportamento da espécie, morfologia/fisiologia da espécie, características orográficas e corredores de migração ou de deslocamento diário (SOVERNIGO, 2009). Nessa seara, podemos considerar o habitat do entorno como um dos fatores que influenciam a colisão das aves com os aerogeradores. Cita-se, por exemplo, maior risco de colisão de aves quando os aerogeradores são instalados próximos às áreas úmidas.

Uma paisagem terrestre é constituída por diversos mosaicos de superfícies geomórficas, tipos de vegetação e usos da terra que, ao observarmos, facilmente identificamos certos elementos. Estes elementos constituem um mosaico heterogêneo de unidades com propriedades similares cujos limites apresentam modificações em uma ou mais características. Essas propriedades dizem respeito às formações geomorfológicas, solos, vegetação, microclima e refletem os aspectos históricos e culturais da ocupação humana (ROCHA, 1995). Assim, os espaços podem ser divididos em parcelas que possuam características naturais e/ou sociais homogêneas. A estas parcelas se denomina Unidades de Paisagem (UPs), as quais podem ser definidas por semelhanças geológicas, geomorfológicas, de cobertura vegetal e de usos sociais (FERRARO et al., 2012). Segundo Queiroz e Queiroga, o produto obtido com a setorização do território em unidades homogêneas, UPs, tem importância como recurso de análise com a finalidade de tornar as ações de planejamento regional mais coerentes (QUEIROZ e QUEIROGA, 2012).



Para analisar a paisagem, Verdum *et al.* (2012) utilizam os seguintes critérios: forma, função, estrutura e dinâmica. A forma é o aspecto visível de determinada paisagem; a função refere-se aos usos que foram ou estão sendo desenvolvidos no entorno da área do empreendimento. A estrutura revela a natureza econômica e social dos espaços construídos, interferindo, de certo modo, nas dinâmicas de paisagem anteriores a estas intervenções sociais. Por dinâmica, entende-se as ações contínuas que estão sendo desenvolvidas em cada UP e que expressam suas diferenças.

METODOLOGIA

Para a avaliação das alterações na paisagem na área do entorno do empreendimento foram analisados os dados referentes aos anos de 2005, 2011 e 2018 que correspondem ao planejamento e à operação do parque eólico (QUEIROZ e QUEIROGA, 2012).

Para a classificação das UPs e a definição dos seus limites, aplicamos a metodologia de Verdum *et al.* (2012), onde o primeiro nível hierárquico é definido pelo cruzamento das informações geológicas-geomorfológicas da área de estudo e o segundo nível hierárquico pelas variáveis de cobertura e uso da terra, que foram obtidas a partir dos dados disponíveis no Projeto Mapbiomas – coleção 4 (2019).

A definição da área ocupada por cada UP e as variações de cobertura e uso da terra, dos anos de 2005, 2011 e 2018 foram avaliadas, assim como, foi realizada a descrição de cada UP, com o apoio de fotografias obtidas em campo. Esses anos foram escolhidos, por representarem fases distintas do empreendimento (Licença Prévia e Licença de Operação), de forma a demonstrar as dinâmicas nas relações natureza-sociedade, em cada momento da atividade de geração de energia.

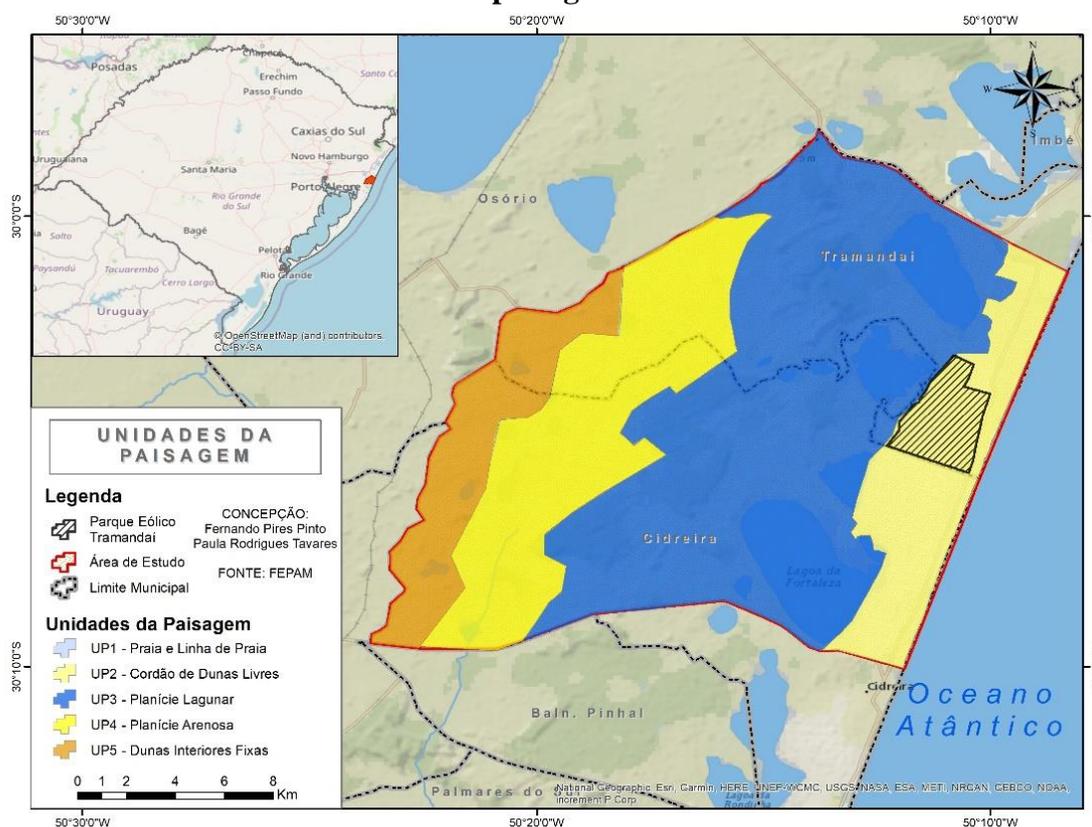
Os dados sobre a avifauna presente na área estudada foram obtidos através da análise do diagnóstico da área e dos relatórios de monitoramento de fauna entregues pelo empreendedor ao órgão ambiental (FEPAM), para fins de instrução processual e atendimento das condicionantes das licenças ambientais do empreendimento.

Foi, então, realizada a análise da relação entre a avifauna e as UPs verificadas para o local nos anos 2005, 2011 e 2018 para, a partir das variações na comunidade avifaunística, entre as ocasiões amostrais e dos resultados obtidos na avaliação das alterações na cobertura e uso da terra nas UPs, estabelecer as correlações entre estes. A similaridade de Jaccard foi utilizada para embasar a análise das alterações na comunidade avifaunística da região.

RESULTADOS

Do ponto de vista das unidades geomorfológicas em âmbito regional, a unidade presente na área de estudo é a Planície Costeira Externa, oriunda dos sistemas deposicionais laguna-barreira III e IV. Assim, para a definição das UPs consideramos, nesse primeiro nível de análise, as unidades geológicas e geomorfológicas, em escala de detalhe, conforme Verdum *et al.* (2012b). Como resultados destas relações obtivemos: UP1 – Praia e linha de praia; UP2 – Cordão de dunas livres; UP3 – Planície lagunar; UP4 – Planície arenosa; UP5 - Dunas interiores fixas (Figura 3).

Figura 3 – Primeiro nível: relação entre as unidades geológicas-geomorfológicas e da paisagem



Fonte: Tavares, 2020

Para definição do segundo nível hierárquico das Unidades de Paisagem, foram considerados os aspectos da cobertura e uso da terra: áreas úmidas (Figura 4), corpos e cursos hídricos, praias e dunas (Figura 5), formação campestre e cultivos, formação florestal (Figura 6), silvicultura e infraestrutura urbana (Figura 7).

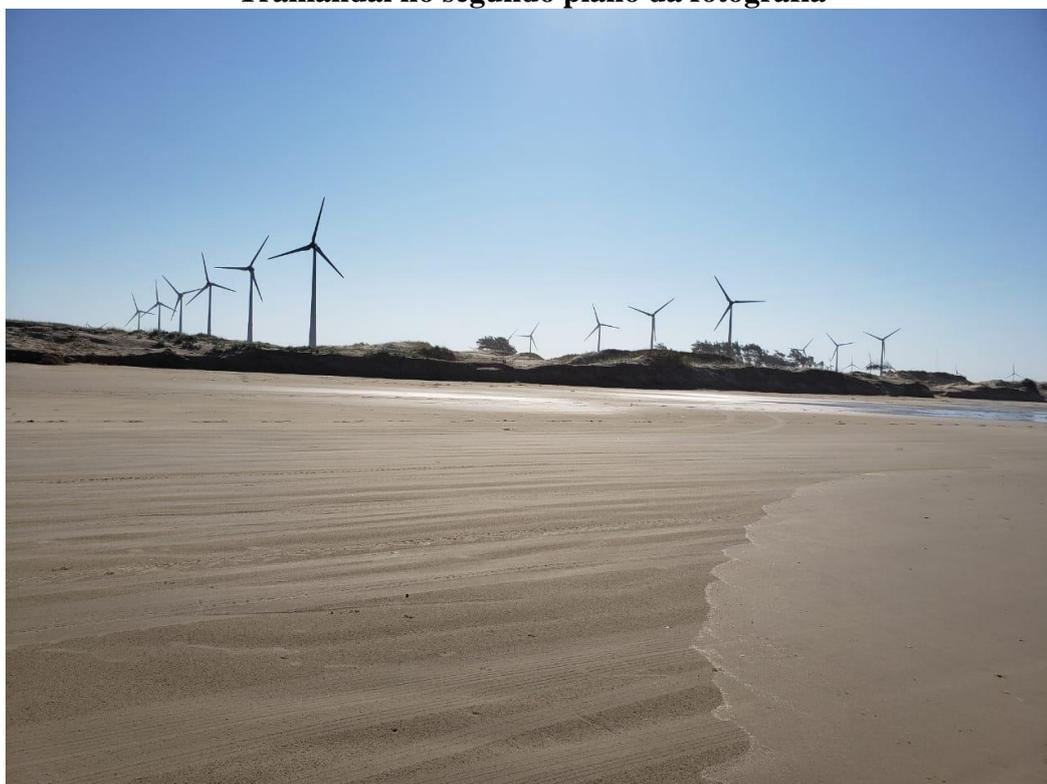


Figura 4 – Área úmida no entorno do Parque Eólico Tramandaí



Fonte: Fotografia de Paula Rodrigues Tavares, novembro/2019

Figura 5 - Vista da praia de Tramandaí em primeiro plano com o Parque Eólico Tramandaí no segundo plano da fotografia



Fonte: Fotografia de Lucimar Vieira, agosto/2020

Figura 6 – Formação campestre, no primeiro plano, e florestal, no segundo plano da foto



Fonte: Fotografia de Paula Rodrigues Tavares, novembro/2019

Figura 7 – Moradias juntas ao Parque Eólico e precária infraestrutura urbana, registradas em campo



Fonte: Fotografia de Paula Rodrigues Tavares, novembro/2019



Os dados referentes à cobertura e ao uso da terra identificados na área de estudo, obtidos a partir da coleção 4 do Projeto Mapbiomas, (PROJETO MAPBIOMAS, 2019a), demonstram que, majoritariamente, as coberturas e usos da terra são compostos pela formação campestre e cultivos (Tabela 1).

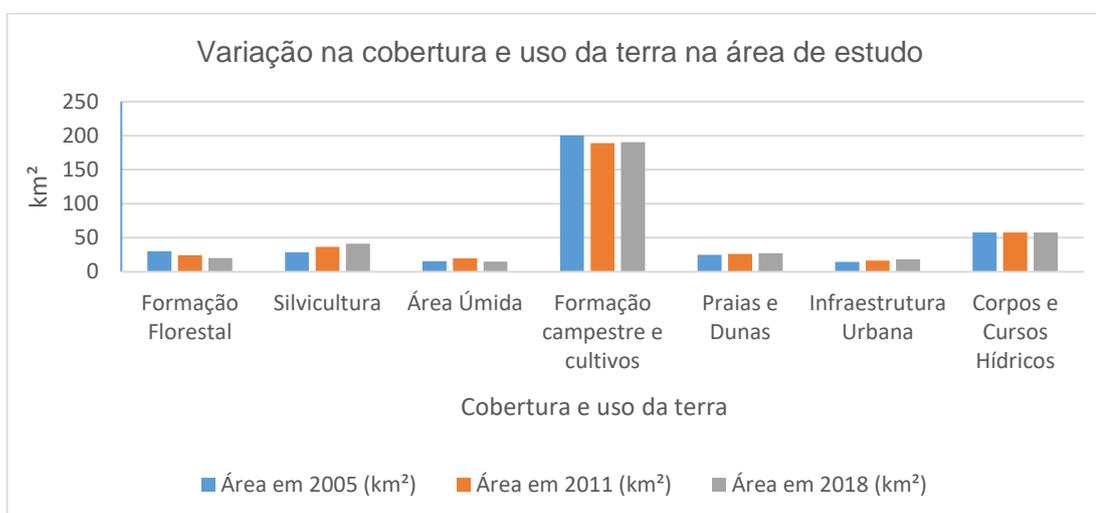
Tabela 1 - Cobertura e uso da terra na área de estudo nos anos 2005, 2011 e 2018 em km²

Cobertura e uso da terra	Área em 2005 (km ²)	Área em 2011 (km ²)	Área em 2018 (km ²)	Diferença (km ²)	Diferença (%)
Formação Florestal	30,21	24,40	20,40	-9,81	-32,48
Silvicultura	28,48	36,55	41,34	12,86	45,16
Área Úmida	15,28	19,71	15,05	-0,23	-1,51
Formação campestre e cultivos	200,31	189,21	190,47	-9,84	-4,91
Praias e Dunas	24,67	26,33	27,26	2,59	10,51
Infraestrutura Urbana	14,74	16,37	18,26	3,52	23,85
Corpos e Cursos Hídricos	57,83	57,90	57,47	-0,35	-0,61

Fonte: Tavares, 2020

A partir do Gráfico 1 verificamos que as classes silvicultura, formação florestal e infraestrutura urbana foram as que mais apresentaram variações entre os anos 2005, 2011 e 2018. Enquanto, por um lado, a silvicultura e a infraestrutura urbana apresentaram aumentos importantes, de 45,16% e 23,85%, respectivamente, por outro lado, observamos uma diminuição de mais de 32% na classe formação florestal. Essa tendência de aumento na atividade de silvicultura já foi observada pelos autores Trentin, Saldanha e Kuplich, que, em sua pesquisa, observaram que a área de silvicultura no sudeste do estado do Rio Grande do Sul triplicou nos 20 anos de estudo (TRENTIN, SALDANHA e KUPLICH, 2014).

Gráfico 1 – Variação na cobertura e uso da terra na área de estudo

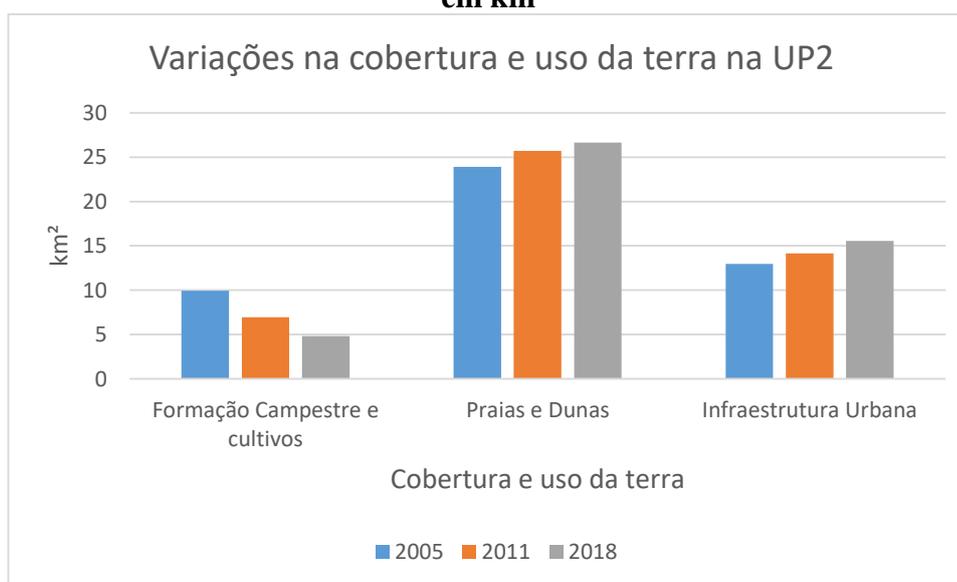


Fonte: Tavares, 2020



O Parque Eólico Tramandaí, em operação desde 2011, está inserido na UP2 – Cordão de dunas livres -, onde identificamos 20% de acréscimo de infraestrutura urbana e 12% de praias e dunas. Por outro lado, em relação à formação campestre e aos cultivos, verificamos uma diminuição importante nessa UP, em torno de 50% (Gráfico 2).

Gráfico 2 – Variações na cobertura e uso da terra na UP2 nos anos 2005, 2011 e 2018, em km²



Fonte: Tavares, 2020

Durante os monitoramentos de fauna realizados pela consultoria ambiental em atendimento as solicitações do órgão ambiental, antes e após a instalação do empreendimento, foram identificadas, ao total, 242 espécies de aves pertencentes a 24 ordens e 61 famílias. A ordem Passeriformes é responsável por 103 espécies e 23 famílias, sendo a mais abundante.

A análise da avifauna foi realizada em três momentos, correspondentes àqueles das imagens de cobertura e uso da terra, isto é: 2005 – antes do parque eólico ser instalado; 2011 – primeiro ano de operação e 2018 – oitavo ano de operação do empreendimento. Ao compararmos a comunidade avifaunística presente na área do parque eólico, antes e após a instalação do empreendimento, verificamos uma diminuição importante na diversidade. Podemos constatar que, de 159 espécies registradas no ano de 2005 no parque eólico e no seu entorno e 48 na área do empreendimento, apenas 22 e 23 foram identificadas em 2011 e 2018, respectivamente. Em 19 das famílias presentes na área em 2005, não foram mais constatados registros, quando da operação do parque eólico.



No Quadro 1 temos a composição de famílias na fase de Licença de Instalação (2005), antes da construção do empreendimento, e em dois momentos na fase de Licença de Operação (2011 e 2018), durante a operação do parque eólico:

Quadro 1 – Comparativo entre as famílias de aves encontradas na área estudada nos anos 2005, 2011 e 2018

Família	2005	2011	2018
Tinamiformes			
Tinamidae	X		X
Anseriformes			
Anhimidae		X	
Anatidae	X	X	
Ciconiiformes			
Ciconiidae			X
Suliformes			
Phalacrocoracidae		X	
Pelecaniformes			
Ardeidae	X	X	X
Cathartiformes			
Cathartidae	X		
Accipitriformes			
Accipitridae	X		X
Gruiformes			
Aramidae		X	X
Charadriiformes			
Charadriidae	X	X	X
Haematopodidae		X	X
Recurvirostridae	X	X	
Scolopacidae	X	X	
Laridae		X	
Columbiformes			
Columbidae	X		X
Cuculiformes			
Cuculidae	X	X	X
Strigiformes			
Strigidae	X	X	X
Piciformes			
Picidae	X		X
Falconiformes			
Falconidae	X	X	X
Passeriformes			



Scleruridae	X	X	X
Furnariidae	X		X
Tyrannidae	X	X	X
Hirundinidae	X		X
Troglodytidae	X		
Mimidae	X		X
Motacillidae		X	
Passerellidae	X		
Icteridae	X		
Thraupidae	X	X	X
Passeridae	X		

Fonte: Adaptado de Tavares, 2020

Quanto às famílias, verificamos que antes do parque eólico, em 2005, 23 foram identificadas na área do empreendimento, número que diminuiu para 17 em 2011 e 18 em 2018.

A similaridade de Jaccard⁵ foi calculada para os anos estudados, sendo o resultado demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2- Similaridade de Jaccard entre os anos de 2005, 2011 e 2018

Ocasão amostral 1	Número de espécies OA 1	Ocasão amostral 2	Número de espécies OA 2	Índice de Espécies compartilhadas	Índice de Jaccard
2005	48	2011	22	11	0,186
2005	48	2018	23	17	0,315

Fonte: Tavares, 2020

O índice de similaridade Jaccard resultou em valores baixos⁶, de tal modo, verificamos que não há similaridade significativa entre as amostragens realizadas na área do empreendimento.

Das famílias presentes na área de estudo podemos verificar que Icteridae, encontrava-se na área do empreendimento em 2005 e, após, não foi mais registrada durante a operação do Parque Eólico Tramandaí. Anatidae, que contava com 2 espécies representantes em 2005, permaneceu com 2 espécies amostradas em 2011, no início da operação do parque eólico e nenhuma em 2018. Assim, Tyrannidae, que contava com 9 espécies em 2005, apresentou apenas 2 registros em 2011 e 3 em 2018. Thraupidae, que em 2005 apresentava 4 espécies

⁵ O índice de Jaccard aponta a proporção de espécies compartilhadas entre as amostras em relação ao número total de espécies e é dado pela fórmula: $S_j = a / (a + b + c)$, onde "a" é o número de espécies encontrados em ambas as amostragens (A e B); "b" é o número total de espécies da amostragem B, mas não em A; e "c" é o número de espécies na amostragem A, mas não em B. Esse índice calcula a similaridade das amostras em agrupamentos de duas ocasiões amostrais.

⁶ Neste estudo consideramos índices acima de 0,5 como campanhas similares, de acordo com os estudo de Fabricante (2007).



registradas na área do parque eólico, teve sua representatividade reduzida para apenas 1 espécie após o início de operação do parque.

A família Hirundinidae, que apresentava 6 espécies em 2005, não foi registrada em 2011 e contou com 2 espécies amostradas em 2018. A família Furnariidae parece ter respondido negativamente à redução da classe de cobertura e uso da terra - formação florestal -, pois essa família utiliza essa formação vegetal para nidificação e habitat. Conforme vimos, das 3 espécies que utilizavam a área do empreendimento em 2005, apenas a espécie *Furnarius rufus* ocorre após a operação do empreendimento. Esta espécie reage positivamente à antropização, sendo encontrada, inclusive, em áreas recentemente abertas para pastagens (WIKIAVES, 2020).

Dentre as famílias que tiveram sua representatividade diminuída de maneira importante, após a construção do empreendimento, a maioria tem seu ciclo de vida ligado ao sistema hídrico, seja como habitat, local de forrageio e para fins de nidificação. Podemos citar a família Anatidae que tem como seu habitat os ambientes aquáticos. As aves migratórias também se encontram associadas ao litoral, podemos citar Tyrannidae e Charadriidae, que utilizam a área em seus deslocamentos de migração e tiveram sua representatividade diminuída, após o início da operação do PET (WIKIAVES, 2020).

Embora modificações em comunidades de fauna ocorram naturalmente no decorrer do tempo, a presença do parque eólico no local influencia essas transformações tornando-as mais significativas.

Pesquisas têm demonstrado que as aves morrem, devido à colisão com turbinas eólicas e isso pode ser uma das causas das alterações na riqueza e na composição de espécies (FERRER *et al.*, 2012; HERNÁNDEZ-PLIEGO *et al.*, 2015; FARFÁN *et al.*, 2017; apud FALAVIGNA, 2020). O estudo em um parque eólico na Dinamarca, também demonstra que a atividade de voo é reduzida nas proximidades do empreendimento, o que pode indicar que a atividade de geração de energia eólica pode funcionar como barreira de voo (TULPT *et al.*, 1999). Já para FIJN *et al.*, (2012), em estudo realizado no noroeste europeu, a presença de empreendimentos eólicos, em virtude de sua interferência na disponibilidade de habitats para forrageamento, resulta em afastamento de uma espécie de cisne desses locais.

Falavigna (2020), em um estudo realizado em parque eólico do município de Palmares do Sul, no estado do Rio Grande do Sul, indica a ocorrência de impacto na riqueza e composição de aves na área do empreendimento eólico. A autora ressalta que a diminuição pode ser resultado da presença do parque eólico e da redução da vegetação florestal próxima a área do empreendimento.



Portanto, embora para Rees (2012), seja necessária uma melhor caracterização dos impactos negativos causados por empreendimentos eólicos às aves, estudos semelhantes corroboram com os resultados obtidos nessa pesquisa, pois observamos a alteração na paisagem, principalmente nos locais que servem de habitat e nidificação das aves, como as áreas úmidas e as formações florestais, e a consequente redução na riqueza de espécies de aves, após a implantação do empreendimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, optamos por utilizar a paisagem como categoria de análise espacial e um dos parâmetros técnico-científicos para tratar dos impactos ambientais, a fim de quantificar as alterações observadas nas UPs classificadas na área de estudo. A análise das UPs como instrumento metodológico é amplamente utilizado e pode ser referenciado como de extrema efetividade e suporte para a avaliação dos impactos ambientais, relacionados a este tipo de empreendimento, assim como para outros passíveis de licenciamento ambiental.

Em virtude da importância do habitat do entorno da área do empreendimento para a avifauna, como fator influenciador de colisão com aerogeradores, o estudo das UPs, considerou este entorno com a finalidade de observar as alterações na paisagem. Destarte, no período estudado, os anos de 2005, 2011 e 2018, verificamos, no que tange ao segundo nível hierárquico utilizado na definição das UPs – cobertura e uso da terra -, o aumento da área utilizada pela silvicultura, bem como da presença de moradias no entorno do empreendimento. Estes aspectos, juntamente com a diminuição de áreas florestais e campestres, pode ter ocasionado impactos negativos à avifauna local que, conforme visto, teve sua diversidade amainada.

Quanto à urbanização, verifica-se a tendência de ocupação da área no entorno do parque eólico por residências de diferentes padrões construtivos, antes mesmo do empreendimento; o que se acentuou, em parte, pela sensação de segurança que este proporciona aos novos moradores e pela infraestrutura associada ao empreendimento.

O Parque Eólico Tramandaí, em operação desde 2011, está inserido na UP2 – Cordão de dunas livres -, onde identificamos 20% de acréscimo de infraestrutura urbana e 12% de praias e dunas. Por outro lado, em relação à formação campestre e aos cultivos, verificamos uma diminuição importante nessa UP, em torno de 50%. Destacamos, também, que a presença dos aerogeradores na paisagem altera sua qualidade cênica, além de se configurar em um obstáculo à movimentação de aves e promover a fragmentação de habitat.



As alterações na comunidade avifaunística foram observadas ao compararmos os anos 2005, 2011 e 2018, sobre as quais se sugere, em grande parte, como resposta ao empreendimento eólico e a densificação populacional que se associa a este. Isso demonstra a resposta da avifauna ao empreendimento e à urbanização densificada, que se afasta da área, evitando-a.

Finalmente, destacamos a existência de dois aspectos principais, no que tange aos impactos ambientais negativos decorrentes deste empreendimento de geração de energia eólica: a) a localização do parque eólico sobre as dunas móveis de Cidreira e b) a atratividade para as aves da Planície Costeira do Estado. Portanto, a comunidade avifaunística sofreu importantes alterações em sua diversidade e composição, em especial, após a construção do parque eólico.

As conclusões aqui apresentadas poderão embasar a definição de bases metodológicas que considerem os impactos à paisagem, enquanto fator relevante para o diagnóstico e à determinação dos impactos ambientais negativos da construção e operação de parques eólicos, tendo em vista a tendência ao crescimento mundial dessa atividade de geração de energia. Portanto, podemos afirmar que todas as atividades humanas geram impactos ambientais, em maior ou menor grau, negativos ou positivos, permanentes ou temporários, diretos e indiretos. Assim, cabe à sociedade na sua concepção ampla, não restrita aos interesses empresariais e de governos, avaliar esses impactos e seus riscos de forma a definir a viabilidade ou não da atividade que se pretende instalar. A mitigação de impactos deve ser considerada como parte fundamental de processos de licenciamento ambiental, devendo ser efetivada da melhor maneira possível com vistas a manter as paisagens como referências identitárias às/aos cidadãs/os e o ambiente em que vivemos sadio e com qualidade.

REFERÊNCIAS

BRASIL. **Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasileira**. Ministério do Meio Ambiente. 2019. Disponível em: <http://areasprioritarias.mma.gov.br/oque-e>. Acesso em 04/06/2021.

_____. **Relatório anual de rotas e áreas de concentração de aves migratórias no Brasil**. Cabelo, PB: CEMAVE/ ICMBio. 2014.

BOSCOLO, D. *et al.* 2016. **Da Matriz a Matiz - Em busca de uma abordagem funcional para a ecologia de paisagens**. - Filas e História da Biologia 11: 157–187.

CAMARGO, A. S. G. de. **Análise da operação das usinas eólicas de Camelinho e Palmas e avaliação do potencial eólico de localidades no Paraná**. 2005. 206f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba. 2005.

FALAVIGNA, T.; PEREIRA, D.; RIPPEL, M.; PETRY, M. **Changes in bird species composition after a wind farm installation: A case study in South America**. Environmental Impact Assessment Review. Vol. 83. 2020.



FAHRIG, L. **Non-optimal animal movement in human-altered landscapes.** *Functional Ecology*. Vol. 21:1003–1015. 2007.

FARFÁN, M. Á., DUARTE, J., FA, J. E., REAL, R., & VARGAS, J. M. **Testing for errors in estimating bird mortality rates at wind farms and power lines.** *Bird Conservation International*, Vol. 1–9. 2017. doi:10.1017/S0959270916000460.

FEPAM. **Portaria FEPAM 118/2014.** Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler – RS. Disponível em <<http://www.fepam.rs.gov.br/LICENCIAMENTO/AREA4/pch-cgh-eolica.asp>> Acesso em 15/06/2021.

_____. **Parecer Técnico nº 1250/2017** - Dr. Geóloga Mariana Maturano Dias Martil. Porto Alegre. 2017. 7 p.

FERRARO, L. M. W. *et al.* **A unidade da paisagem natural como base espacial para a gestão ambiental.** In: VERDUM, Roberto. *Paisagem: leituras, significados e transformações.* Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012a. P. 37 - 47.

FIJN, R.C., KRIJGSVELD, K.L., TIJSEN, W., PRINSEN, H.A.M., DIRKSEN, S., 2012. **Habitat use, disturbance and collision risks for Bewick's Swans *Cygnus columbianus* wintering near a wind farm in the Netherlands.** *Wildfowl* 62, 97–116.

FISCHER, J., LINDENMAYER, D.B. **Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis.** *Global Ecology and Biogeography*, 16: 265-280, 2007.

MATTOS, J.C.F.; CARVALHO JUNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F. **Ecologia da paisagem voltada para o manejo de avifauna.** *Espaço e Geografia*, v. 2, p. 89-114, 2003.

MEIRELES, A. J. de A. **Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste Brasileiro e critérios para definição de alternativas locais.** *Revista Franco-Brasileira de Geografia*, n. 11, 2011.

MOURA-FÉ, M. M. e PINHEIRO, M. V. A. **Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados.** *Revista Geonorte*. Vol. 9, n. 1, p.22-41, 2013. (ISSN – 2237-1419).

PACHECO, C. S. G. R. e SANTOS, R. P. **Parques Eólicos e Transformações Espaciais: uma Análise dos Impactos Socioambientais na Região de Santo Sé/BA.** *Revista Brasileira de Geografia Física*. Vol. 05, p.1243-1258, 2012.

POESTER, O. C. **Geologia.** In: CASTRO, D.; MELLO, R.S.P. (Org.). *Atlas Ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tramandaí.* Porto Alegre: Via Sapiens, 2013. p. 32-41.

PROJETO MAPBIOMAS – **Coleção 4 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**, 2019. Acessado em 18/03/2020 através do link: https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR.

QUEIROZ, A. N.; QUEIROGA, E. F. **Unidades de Paisagem: Materiais e metodologia para uma avaliação paisagística e ambiental.** 2012. Disponível em: <http://quapa.fau.usp.br/wordpress/wp-content/uploads/2016/03/Unidades-de-paisagem-materiais-e-metodologia-para-uma-avalia%C3%A7%C3%A3o-paisag%C3%ADstica-e-ambiental-Limeira.pdf>. Acesso em 10/06/2021.

REES, E.C., 2012. **Impacts of wind farms on swans and geese: a review.** *Wildfowl* 62,37–72.



ROCHA, M. L. P. **Ecologia da paisagem e manejo sustentável em bacias hidrográficas: estudo do Rio São Jorge nos campos gerais do Paraná.** 176f. Dissertação (Curso de Pós Graduação em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1995.

SIEFERT, C. A. C.; SANTOS, I. **Avaliação do impacto visual de Parques Eólicos na qualidade e estética da paisagem no entorno de áreas protegidas: Estudo de caso do Parque Estadual do Guartelá, PR.** Revista Ra'e Ga – Curitiba, v. 38, p. 221-244, Dez/2016.

SOVERNIGO, M. H. **Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropterofauna do Brasil. 2009.** 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (Ciências Biológicas – bacharelado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2009.

TAVARES, P. R. **Impactos ambientais na avifauna associados às transformações da paisagem no Parque Eólico Tramandaí - Rio Grande do Sul.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10183/213852>.. Acesso em: 10/06/2021.

TOMAZELLI, L. J.; DILLENBURG, S. R.; BARBOZA, E. G.; ROSA, M. L. C. C. Geomorfologia e potencial de preservação dos campos de dunas transgressivos de Cidreira e Itapeva, Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Pesquisas**, 2008. 35(2): 47-55.

TULPT, I.; SCHEKKERMAN, H.; LARSEN, J. K.; VAN DER WINDEN, J.; VAN DE HATERD, R. J.W.; VAN HORSSSEN, P.; DIRKSEN, S.; SPAANS, A. L. **Nocturnal flight activity of sea ducks near the windfarm Tunø Knob in the Kattegat.** IBN-DLO Report vol. 99.30, 1999.

WIKIAVES. **A Enciclopédia das Aves do Brasil.** Disponível em: <<http://www.wikiaves.com.br>> Acesso em 23/03/2020.

VERDUM, R. *et al.* Percepção da paisagem na instalação de aerogeradores no Rio Grande do Sul. In: VERDUM, Roberto. **Paisagem: leituras, significados e transformações.** Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2012. P. 73 - 86.

VIEIRA, L. F. S. **A valoração da beleza cênica da paisagem no bioma Pampa do Rio Grande do Sul: proposição conceitual e metodológica.** Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014.