

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA
DIVERSIDADE E MANEJO DE VIDA SILVESTRE
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

IZIDORO SARMENTO DO AMARAL

**PADRÃO TEMPORAL E A INFLUÊNCIA DAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS NAS
FATALIDADES DE QUIRÓPTEROS EM UM COMPLEXO
EÓLICO NO SUL DO
BRASIL**

**São Leopoldo
2019**

Izidoro Sarmiento do Amaral

**PADRÃO TEMPORAL E A INFLUÊNCIA DAS
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS NAS
FATALIDADES DE QUIRÓPTEROS EM UM COMPLEXO
EÓLICO NO SUL DO
BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia, departamento de Biologia da Universidade do Vale do Rio dos Sinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Biologia.

Área de concentração: Conservação e Manejo de Ecossistemas e da Vida Silvestre

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Larissa Rosa de Oliveira

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria João Ramos Pereira

São Leopoldo
2019

A485p

Amaral, Izidoro Sarmiento do.

Padrão temporal e a influência das condições climáticas e ambientais nas fatalidades de quirópteros em um complexo eólico no sul do Brasil. / Izidoro Sarmiento do Amaral. – 2019.

40 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestre) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Biologia, 2019.

“Orientadora: Prof^a. Dr^a. Larissa Rosa de Oliveira
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Maria João Ramos Pereira.”

1. Monitoramento ambiental. 2. Mitigação. 3. Morcegos. I.
Título.

CDU 573

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Bibliotecária: Amanda Schuster – CRB 10/2517)

Izidoro Sarmiento do Amaral

PADRÃO TEMPORAL E A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E
AMBIENTAIS NAS FATALIDADES DE QUIRÓPTEROS EM UM COMPLEXO
EÓLICO NO SUL DO
BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-
graduação em Biologia, departamento de
Biologia da Universidade do Vale do Rio dos
Sinos, como requisito parcial para obtenção do
título de Mestre em Biologia.

Área de concentração: Conservação e Manejo
de Ecossistemas e da Vida Silvestre

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Professora Dra. Larissa Rosa de Oliveira - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
(UNISINOS) Orientadora

Professora Dra. Sandra Maria Hartz – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
(UFRGS)

Professor Dr. Alexandro Marques Tozetti - Universidade do Vale do Rio dos Sinos
(UNISINOS)

SEJA COM O SOL, SEJA COM A LUA

Seja com o sol
Seja com a lua
Nossa vida segue em frente
Como se a vida fosse um punk rock show
É como se o tempo fosse
Rápido de mais
Temos quinze minutos pra mostrar
O que queremos
E você segue em frente
Contente com o show
Encenando o personagem principal
Chutando as coisas ruins
Deixe tudo de lado
Vamos em frente
É isso aí
Let's go

-Tequila Baby

APRESENTAÇÃO

A presente dissertação está apresentada em dois capítulos, o primeiro de introdução geral do tema seguido de suas referências bibliográficas e o segundo em forma de artigo científico abordando o padrão temporal - espacial e a influência de fatores ambientais e climáticos nas fatalidades com morcegos no complexo eólico Santa Vitoria do Palmar, no Rio Grande do Sul, sendo o primeiro estudo a realizar uma análise sobre a relação entre quirópteros e torres eólicas na América do Sul.

O segundo capítulo, em formato de artigo, está redigido conforme as normas da revista “Hystrix - Italian Journal of Mammalogy”. As tabelas e as figuras estão inseridas ao longo do texto para facilitar a leitura e compreensão do artigo. O resumo geral está no início da dissertação e o abstract está apresentado no artigo no segundo capítulo.

RESUMO

No Brasil a demanda energética criada pelo desenvolvimento econômico tem transformado de forma rápida e intensa a paisagem natural, não só com a energia eólica mas também com outros tipos de empreendimentos. Estas mudanças em um ambiente que possui uma mega diversidade devem ser acompanhadas de estudos que descrevam e possam prever os efeitos destas alterações nos ecossistemas, embasando esforços para a redução dos impactos e conservação das espécies. A relação entre quirópteros e parques eólicos no Brasil é pouco conhecida, sendo que as publicações existentes foram divulgadas nos últimos cinco anos. Neste contexto, a fim de analisar a relação entre as fatalidades de quirópteros no Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar e os padrões espaciais e temporais das mesmas, entre julho de 2014 e junho de 2018 foram realizadas, mensalmente, transecções circulares em busca de carcaças no entorno de 129 torres eólicas. Durante as buscas, as fatalidades constatadas foram registradas juntamente com o número da torre, a data e a distância de cada carcaça encontrada até a base da torre. Todas as carcaças encontradas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível e posteriormente foram removidas para se evitar as recontagens. As informações sobre as mortes foram analisadas primeiramente em conjuntos anuais, utilizando o teste de Friedman e posteriormente foram separadas por estações do ano para compreender a influência das diferentes classes de uso do solo sobre o padrão espacial observado nas fatalidades. Para investigar a relação dos índices de atividade com o clima foi utilizado o monitoramento acústico da comunidade de morcegos para gerar modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Poisson, utilizando variáveis climáticas como variáveis preditoras. Foi utilizado o Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc) e o coeficiente de determinação (R^2) para assim ranquear e selecionar os modelos, comparando modelos com todas as combinações possíveis das variáveis preditoras. Ao final de 48 meses foram registradas 266 carcaças de morcegos pertencentes a seis espécies de morcegos insetívoros. Os resultados demonstraram a predominância da espécie *Tadarida brasiliensis* entre as fatalidades observadas, além do primeiro registro de morte de espécimes do gênero *Eptesicus* em torres eólicas. Os dados também revelaram que as mortes ocorrem exclusivamente entre os meses de outubro e maio e que as torres eólicas mais próximas do centro urbano concentraram um maior número de mortes. A série temporal de mortes de quirópteros revelou uma maior frequência de mortes no primeiro ano (69% em 2014), seguida de uma redução nos dois anos seguintes e um pequeno aumento no quarto ano de monitoramento. Os modelos curiosamente revelaram uma relação positiva da

atividade em relação a velocidade dos ventos. De acordo com os dados obtidos os melhores cenários possíveis para a instalação de novos parques seriam locais com distância superior a 4 Km de centros urbanizados e com predominância de campos. Deste modo, a proposta de mitigação mais importante para as mortes de morcegos na região do estudo é a programação das torres para a parada em noites com certas condições climáticas, que devem estar baseados em critérios mínimos como o intervalo ideal de temperatura para a atividade (15°C – 22°C) onde ocorre 83% da atividade e a distribuição sazonal das mortes, aplicando as medidas principalmente nos meses mais críticos, entre dezembro e março.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental, Mitigação, Morcegos.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO DO TEMA

1 INTRODUÇÃO GERAL	01
2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	07

CAPÍTULO II: PADRÃO TEMPORAL E A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS NAS FATALIDADES DE QUIRÓPTEROS EM UM COMPLEXO EÓLICO NO SUL DO BRASIL

ABSTRACT.....	14
1 INTRODUÇÃO	16
2 MATERIAL E MÉTODOS	18
2.1 Área de estudo	18
2.2 Monitoramento das mortes.....	19
2.3 Monitoramento das mortes e sua relação com o uso do solo.....	20
2.4 Estudo de remoção e detectabilidade de carcaças	22
2.5 Análise do padrão de atividade e a influência do clima	23
3 RESULTADOS	24
4 DISCUSSÃO	35
5 AGRADECIMENTOS	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
7 MATERIAL SUPLEMENTAR.....	48
8 ANEXO 1	50

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO GERAL

Ordem Chiroptera

Entre os mamíferos, os morcegos (ordem Chiroptera) representam um dos grupos mais diversos, com cerca de 1300 espécies, ficando atrás somente dos roedores (ordem Rodentia) (Wilson e Reeder, 2005). Baseado em caracteres morfológicos as espécies da ordem eram agrupadas em duas subordens monofiléticas, Megaquiróptera e Microquiróptera (Simmons, 1994; Simmons e Geisler, 1998). Esta divisão agrupava a família Pteropodidae, que compreende as raposas voadoras presentes no velho mundo, em Megaquiróptera, enquanto as demais 17 famílias eram agrupadas em Microquiróptera (Simmons, 1998). Com o crescente número de trabalhos filogenéticos uma nova organização com base em dados moleculares foi proposta, agrupando Pteropodidae com mais cinco famílias de Microquirópteros na subordem Yinpteroquiróptera e outra subordem denominada Yangoquiróptera, agrupando as demais famílias (Fenton, 2010; Teeling et al., 2005).

No Brasil, até o presente momento são reconhecidas 182 espécies, agrupadas em 9 famílias (SBEQ, 2018). Destas, Passos et al. (2010) lista 40 para o estado do Rio Grande do Sul, sendo que no município de Santa Vitoria do Palmar (local onde encontra-se a área de estudo) são confirmadas 16 espécies de quirópteros (Tomazi et al. 2019, no prelo).

Todas as famílias de Chiroptera apresentam voo verdadeiro, esta característica juntamente com a ecolocalização (capacidade de emitir sons, captar e analisar o seu eco quando estes sons encontram obstáculos na dispersão), presente na maioria das famílias possibilitaram aos morcegos explorar os ambientes de uma forma totalmente diferente em relação aos outros mamíferos, principalmente em relação ao voo verdadeiro que está presente somente em quiróptera. Esta relação entre o voo e a ecolocalização tem sido fruto de muitas investigações científicas (Arita e Fenton, 1997; Denzinzer et al., 2004; Teeling et al., 2000). Alguns trabalhos apontam a existência da ecolocalização em seis táxons pretéritos de Chiroptera, datados de 50 milhões de anos atrás (Habersetzer, 1981; Novacek, 1985; Simmons e Geisler, 1998). Esta capacidade é conhecida também em aves que habitam o

interior de cavernas e cetáceos (Altringham, 1996), já o surgimento da capacidade de voo é considerada anterior ao surgimento da ecolocalização e entre os vertebrados atuais o voo verdadeiro está presente somente em aves e morcegos (Simmons et al., 2008).

A alta diversidade do grupo está relacionada, provavelmente, com o surgimento primitivo da capacidade de voo verdadeiro e ecolocalização, estas características possibilitaram a ampla distribuição nos continentes, a ocupação dos mais diversos habitats e a utilização dos mais diversos recursos alimentares, com espécies possuindo dieta especialista em diferentes itens: insetos, frutas, néctar, pólen, sangue e pequenos vertebrados (Norberg e Rayner, 1987; Patterson et al., 2003; Simmons, 2005).

A dieta deste grupo juntamente com a capacidade de voar longas distâncias em uma única noite, superando facilmente diferentes elementos do ambiente que são intransponíveis para outros grupos, está diretamente relacionada com seus serviços ecossistêmicos. Entre estes estão o controle de insetos considerados pragas agrícolas e de interesse médico, polinização de diversas espécies vegetais de uso alimentar além da dispersão de sementes, que contribui para regeneração florestal, principalmente de ambientes tropicais (Jones et al., 2009; Boyles et al., 2011; Kunz et al., 2011; Ghanem e Voigt, 2012; Maine e Boyles, 2015; Voigt e Kingston, 2015).

O intrínseco envolvimento dos morcegos em serviços ecossistêmicos torna o grupo muito importante no equilíbrio ambiental. Trabalhos sobre ecologia e distribuição são de extrema importância, principalmente em um país que possui uma mega diversidade de espécies como o Brasil, onde nas últimas duas décadas foram descritas 13 novas espécies e muitas outras tiveram sua distribuição ampliada (Pacheco et al., 2007; Bernard et al., 2011; Paglia et al., 2012; Reis et al., 2013). Atualmente na maior parte do território Brasileiro, o conhecimento sobre a distribuição das espécies é considerado deficiente, uma vez que menos de 10% do país está minimamente inventariado, gerando uma estimativa que poderá ser considerado devidamente inventariado em 200 anos (Bernard et al., 2011).

Uma série de ameaças agravam a situação atual dos quirópteros no Brasil. Estas ameaças foram listadas por Bernard (2012), entre estes fatores estão a redução legal da proteção de cavernas naturais utilizadas como exclusivo abrigo por algumas espécies, as alterações do código florestal que acabaram por reduzir a proteção legal de ambientes naturais, o trabalho de combate a morcegos realizado por empresas clandestinas de controle de “pragas” urbanas, a construção de hidrelétricas, a falta de informações para embasar e categorizar a análise do grau de ameaça da maioria das espécies de Quirópteros, o

desmatamento e as colisões com veículos ou estruturas verticais, como prédios espelhados, linhas de transmissão, torres anemométricas e eólicas (Bernard et al., 2012).

Algumas situações como o crescente número de empreendimentos eólicos e a raridade de informações sobre a fatalidade de quirópteros em torres eólicas na região neotropical, critérios técnicos de avaliação de impactos pouco claros e um número pequeno de profissionais experientes tornam a situação mais crítica, uma vez que a condução deficiente dos monitoramentos pode resultar em impactos significativos nas populações (Kunz et al. 2007a, 2007b; Arnett et al., 2008; Bernard et al., 2012; Barros et al., 2015), principalmente no bioma Pampa considerado o menos inventariado do país (Bernard et al., 2011).

Quiróptera e empreendimentos eólicos

Entre as formas de geração de energia atuais a energia eólica está entre as que causam menor impacto ao meio ambiente. Diversos autores têm afirmado que o impacto acontece principalmente sobre os quirópteros (Arnett, 2005; Amorim, 2009; Sovernigo, 2009; Barros et al., 2015; Gorresen et al., 2015; Vonhof et al., 2015; Rydell et al., 2015). O atual conhecimento revela que grande parte das fatalidades é por colisão direta com as estruturas e que uma porcentagem menor é ocasionada por barotrauma (danos causados aos órgãos internos ao voarem em zonas de pressão negativa, sem que exista contato direto do indivíduo com a torre) (Rollins et al., 2012). Trabalhos realizados na Europa e na América do Norte apontam para uma série de fatores atuando na relação dos morcegos com as torres, entre os mais aceitos estão os fatores climáticos atuando na atividade e no comportamento de voo de morcegos e suas presas, o forrageamento de insetos no entorno da torre, a busca de locais na torre para a utilização como abrigo, incapacidade de detecção das pás em movimento, arrasto pela corrente de ar gerada pelas hélices, curiosidade dos morcegos pelo objeto, desorientação pelo deslocamento de ar ou pelo som gerado no movimento das pás (Arnett, 2005; Kunz et al., 2007; Cryan e Barclay, 2009).

Os táxons mais preocupantes em relação ao impacto de torres eólicas são os que possuem comportamento migratório, estes na maioria das vezes, realizam seus deslocamentos e forrageiam acima das copas das árvores em uma altura compatível a das hélices das torres, além de realizar estes deslocamentos com menor uso da ecolocalização (Arnett et al., 2008; Kunz et al., 2007; Cryan e Barclay, 2009; Gorresen et al., 2015). Outro

fator crucial é que espécies migratórias possuem um período menor para se ambientar com as estruturas construídas, em relação as espécies residentes que possuem uma rotina de deslocamentos pelo ambiente (Gorresen et al., 2015).

Metodologias de amostragem de Quiróptera em parques eólicos

No Brasil os órgãos ambientais não possuíam diretrizes básicas para o monitoramento de morcegos em parques eólicos, isto dificultava uma análise comparativa entre os parques, assim como dificulta a avaliação dos efeitos sinérgicos de parques muito próximos. Neste sentido a Sociedade Brasileira para o Estudo de Quirópteros (SBEQ) reuniu uma série de pessoas em um grupo de trabalho que montou o documento que sugere um padrão para os monitoramentos, este documento mesmo não possuindo poder de lei foi um dos principais avanços na área (Barros, 2017), juntamente com a publicação de um conjunto de diretrizes criados na união de esforços entre diversos setores da sociedade e o órgão ambiental (Ramos Pereira et al., 2017).

No Rio Grande do Sul, um dos estados brasileiros com melhores condições de vento e que está entre os estados com maior número de torres eólicas (Camargo et al., 2002), destaca-se a existência de um Atlas Ambiental Eólico e o Zoneamento eólico do estado (Camargo et al., 2014).

Algumas metodologias são muito frequentes nos termos de referência que norteiam os trabalhos no estado, outras raramente são utilizadas pela falta de treinamento dos profissionais ou por serem metodologias recentes. As metodologias mais usuais são as redes de neblina, busca por carcaças, lista de espécies baseada em espécimes tombados em coleção ou citados em artigos, busca por abrigos, monitoramento acústico e busca com cães (Rui et al., 1999; Pacheco, 2004; Bernardi et al., 2009; Miranda et al., 2010; Mohr, 2011; Quintela et al., 2011; Peters et al., 2012; Barros et al., 2014; Peracchi e Nogueira, 2014). As metodologias são detalhadas a seguir:

Redes de neblina, utilizadas para a captura de morcegos nas mais diversas fases dos empreendimentos eólicos é considerada a metodologia mais utilizada em todo o mundo para a captura de morcegos (Kunz et al., 1996). Confeccionadas com linhas sintéticas formando uma malha fina e pouco visível, este equipamento é aberto e instalado em hastes interceptando as prováveis rotas utilizadas pelos morcegos ao longo da noite, onde os indivíduos ao colidir com a rede ficam presos na malha e nas bolsas formadas pela rede.

Esta metodologia necessita de no mínimo um profissional presente que deve revisar a rede e retirar os morcegos, para a identificação e obtenção de dados biométricos, em pequenos intervalos para evitar o estresse dos animais ao ficarem presos e a danificação da rede (Mangini e Nicola, 2012; Peracchi e Nogueira, 2014). O tempo mínimo de exposição proposto por Pacheco (2004) é de quatro horas após o pôr do sol, e o esforço amostral é calculado pelo número de metros quadrados de uma rede, multiplicado pelo número de horas amostradas (Straube e Bianconi, 2002).

Busca por carcaças, ocorre principalmente durante a operação das torres eólicas, com origem nos parques eólicos Europeus após a constatação da morte de aves. Consiste em transecções no entorno das torres, onde uma ou mais pessoas percorrem andando o entorno da torre em busca de carcaças ou vestígios de carcaças com o objetivo de quantificar os táxons afetados e contabilizar as carcaças (Arnett, 2005; Amorim, 2009; Barros et al., 2015).

Coleções científicas, consiste em entrar em contato com os responsáveis por coleções científicas que podem ter amostras de quirópteros, provenientes de diversas localidades. As coleções, além dos indivíduos tombados possuem um conjunto de informações associadas aos espécimes ou as populações de cada espécie (MCT, 2006). Estas informações servem de base para previsão de futuros impactos pós operação dos parques eólicos.

O monitoramento acústico, considerado uma das formas mais eficientes e fundamentais para estudos ecológicos de morcegos insetívoros aéreos (ver Thomas e West, 1989; Macdonald et al., 1994; Hickey e Neilson, 1995; Hayes, 1997; Zimmerman e Glanz, 2000; Patriquin et al., 2003; Bartonicka e Zukal, 2003), consiste na instalação de aparelhos capazes de gravar as chamadas ultrassônicas realizadas por morcegos (Thomas e West, 1989). Na maior parte dos modelos os aparelhos permitem a gravação passiva (aquela realizada sem a presença em tempo integral de uma pessoa) possibilitando o registro de várias noites inteiras e consecutivas (SBEQ, 2018). Os arquivos gerados por estes aparelhos posteriormente são analisados em Softwares, onde é possível a comparação com chaves de identificação de chamados de quirópteros (AriasAguiilar et al., 2018). A análise acústica associada ao registro de dados climáticos permite a proposta de medidas de baixo custo como a velocidade mínima para a operação das torres. Este modelo vem sendo aplicado em países da Europa, onde a programação do não funcionamento das torres em condições específicas para cada parque, tem proporcionado reduções nas fatalidades em mais de 50% (González et al., 2013).

Monitoramento com cães (biocão), consiste no treinamento de cães para a busca de animais mortos através do olfato (González et al., 2013). Esta técnica consiste em levar o animal até a base da torre e percorrer transecções no entorno, este sempre que farejar algum animal morto sinaliza ao pesquisador a detecção. Esta técnica é muito recomendada para parques com poucas torres, presença de vegetação alta que encobre as prováveis carcaças e como complemento à busca realizada por humanos (González et al., 2013).

2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Altringham J.D., 1996. *Bats: Biology and Behaviour*. Oxford University Press, Oxford, OXF. 262p.

Amorim F., 2009. *Morcegos e Parques Eólicos: Relação entre o Uso do Espaço e a Mortalidade, Avaliação de Metodologias, e Influência de Factores Ambientais e Ecológicos sobre a Mortalidade*. 152p. Dissertação, Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade. Universidade de Évora, Portugal.

Arias-Aguilar A., Hintze F., Aguiar L. M. S., Ruffray V., Bernard E., Pereira M. J. R., 2018. *Who's calling? Acoustic identification of Brazilian bats*. Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Bia.

Arita H. T., Fenton M. B., 1997. Flight and echolocation in the ecology and evolution of bats. *Trends in Ecology and Evolution* 12: 53-58.

Arnett E.B., 2005. *Relationships between bats and wind turbines in Pennsylvania and West Virginia: an assessment of fatality search protocols, pattern of fatality, and behavioral interactions with wind turbines: a final report submitted to the bats and wind energy cooperative*. Texas: Bat Conservation International. 187 pp.

Arnett E.B., Brown K.T., Erickson W.P., Fiedler J.K., Hamilton B.L., Henry T.H., Jain A., Johnson G.D., Kerns J., Koford R.R., Nicholson C.P., O'Connell T.J., Piorowski M.D., Tankersley, JR R.D., 2008. Patterns of fatality of bats at wind energy facilities in North America. *Journal of Wildlife Management* 72: 61-78.

Barros M.A.S., Magalhães R.G. de, Rui A.M., 2015. Species composition and mortality of bats at the Osório Wind Farm, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* 50(1): 31-39.

Barros M.A.S., Pessoa D., Rui A.M., 2014. Habitat use and seasonal activity of insectivorous bats (Mammalia: Quiróptera) in the grasslands of southern Brazil. *Zoologia (Curitiba)* 31(2): 153-161.

Barros M. A. S. de, Bernard E., Ramos Pereira M J., Rui A. M., Falcão F.de C., Luz J. L., 2017. *Diretrizes para estudos de impacto de parques eólicos sobre morcegos no Brasil [Versão 2017]*

Bartonicka T., Zukal J., 2003. Flight activity and habitat use of four bat species in a small town revealed by bat detectors. *Folia Zool.* 52(2): 155–166.

Bernard E., Aguiar L.M.S., Brito D., Cruz-Neto A.P., Gregorin R., Mahado R.B., Oprea M., Paglia A.P., Tavares V.C., 2012. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. *In: Freitas T.R.O., Vieira E.M. (Eds.). Mamíferos do Brasil: Genética,*

Sistemática, Ecologia e Conservação. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia. p. 19–35.

Bernard E., Aguiar L.M.S., Machado R.B., 2011. Discovering the Brazilian bat fauna: a task for two centuries? *Mammal Ver.* 41: 23-39.

Bernard E., Pereira M.J.R., Rui A.M., Falcão F. de C., Luz J.L., 2007. Diretrizes para estudos de impacto de parques eólicos sobre morcegos no Brasil.

Bernardi I.P., Miranda J.M.D., Sponchiado J., Grotto E., Jacomassa F.F., Teixeira, E.M., Roani, S.H., Passos F.C., 2009. Morcegos de Frederico Westphalen, Rio Grande do Sul, Brasil (Mammalia: Quiróptera): Riqueza e utilização de abrigos. *Biota Neotropica* 9: 349–354.

Boyles J.G., Cryan P.M., McCracken G.F., Kunz T.K., 2011. Economic Importance of Bats in Agriculture. *Science* (80-) 332:41–42.

Camargo O. A. et al., 2002. Atlas eólico: Rio Grande do Sul. Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC, 2002. 70 p.

Camargo O. A. et al., 2014. Atlas eólico: Rio Grande do Sul. Secretaria de Energia Minas e Comunicações. Porto Alegre: SEMC, 2014. 116 p.

Cryan P.M., Barclay R.M.R., 2009. Causes of bat fatalities at wind turbines: hypotheses and predictions. *Journal of Mammalogy* 90: 1330–1340.

Denzinzer A., Kalko E.K.V., Jones G., 2004. Ecological and evolutionary aspects of echolocation in bats. *In: Thomas J.A., Moss C.F., Vater M. Echolocation in Bats and Dolphins. The University of Chicago, IL. 640p.*

Fenton M.B., 2010. Convergences in the diversification of bats. *Current Zoology* 56: 454468.

Ghanem S.J., Voigt C.C., 2012. Increasing Awareness of Ecosystem Services Provided by Bats. *Adv Study Behav* 44:279–302.

González F., Alcalde, J.T., Ibáñez C., 2013. Diretrizes básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en España. *SECEMU. Barbastella* 6 (núm. especial): 1-31.

Gorresen P.M., Cryan P.M., Huso M.M., Hein C.D., Schirmacher M.R., Johnson J. A., Montoya-Aiona K.M., Brinck K. W., Bonaccorso F.J., 2015. Behavior of the Hawaiian hoary bat (*Lasiurus cinereus semotus*) at wind turbines and its distribution across the north Ko`olau Mountains, O`ahu. Havaí: University of Hawai`i at Hilo. 73 p.

Habersetzer J., 1981. Adaptive echolocation sounds in the bat *Rhinopoma hardwickei*-A Field-study. *Journal of Comparative Physiology* 144: 559-566.

Hayes J.P., 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation monitoring studies. *Journal of Mammalogy* 78:514-524.

Hickey M. B. C., Neilson, A. L., 1995. Relative activity and occurrence of bats in southwestern Ontario as determined by monitoring with bat detectors. *The Canadian Field-Naturalist* 109:413-417.

Jones G., Jacobs D.S., Kunz T.H., 2009. Carpe noctem: The importance of bats as bioindicators. *Endanger Species Res.* 8:93–115.

Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., Hoar A.R., Johnson G.D., Larkin R.P., Strickland M.D., Thresher R.W., Tuttle M.D., 2007a. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5: 315–324.

Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., 2007b. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 5(6):315–324.

Kunz T.H., de Torrez E.B., Bauer D., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Ann N Y Acad Sci* 1223:1–38.

Kunz T.H., Thomas D.W., Richards G.C., Tidemann C.R., Pierson E.D., Racey P.A., 1996. Observational techniques for bats. *In: Heyer R., Donnelly M.A., Foster M., MCdiarmid R. (Eds.). Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals.* Washington: Smithsonian Institution Press. p. 105-114.

Macdonald K., Matsui E., Stevens R., Fenton M.B., 1994. Echolocation calls and field identification of the eastern pipistrelle (*Pipistrellus subflavus*: Quiróptera: Vespertilionidae), using ultrasonic bat detectors. *Journal of Mammalogy* 75:462–465.

Maine J.J., Boyles J.G., 2015. Bats initiate vital agroecological interactions in corn. *Proc Natl Acad Sci* 112:201505413.

Mangini P.R., Nicola P.A., 2012. Captura e Marcação de animais silvestre. *In: Cullen JR.L., Valladares-Padua C., Rudran R. (Eds). Métodos de estudos em biologia da conservação e manejo da vida silvestre.* Curitiba: Ed. Universidade do Paraná. p. 91-124.

Ministério da ciência e tecnologia (MCT), 2006. Diretrizes e estratégias para a modernização de coleções biológicas brasileiras e a consolidação de sistemas integrados de informação sobre biodiversidade. Brasília: PPBio, Programa de Pesquisa em biodiversidade. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/> Acessado em: 02/05/2018.

Miranda J.M.D., Bernardi I.P., Carvalho F., Passos F.C., 2010. Novos dados distribucionais do morcego recém descrito *Eptesicus taddeii* (Vespertilionidae). *Quiróptera Neotropical* 16(1): 672-674.

Mohr H., 2011. Quiróptero-fauna do município de Santa Cruz Do Sul, Rio Grande do Sul, Brasil. 88 p. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul.

Norberg U.M., Rayner J.M. V., 1987. Ecological Morphology and Flight in Bats (Mammalia; Quiróptera): Wing Adaptations, Flight Performance, Foraging Strategy and Echolocation. *Philos. Trans. R. Soc. B. Biol. Sci.* 316: 335–427.

Novacek M.J., 1985. Evidence for echolocation in the oldest known bats. *Nature* 315:140-141.

Pacheco S. M., 2004. Técnicas de campo empregadas no estudo de quirópteros. *Caderno La Salle XI*, 2(1): 193-205.

Pacheco S.M., Sekiama M.L., Oliveira K.P.A., Quintela F., Weber M.M., Marques R.V., Geiger D., Silveira D.D., 2007. Biogeografia de quirópteros da Região Sul. *Ciência & Ambiente* 35:181-202.

Paglia A.P., Fonseca G.A.B. da, Rylands A.B., 2012. Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil. 2ª Edição.

Passos F.C., Miranda J.M.D., Bernardi I.P., Kaku-Oliveira N.Y., Munster L.C., 2010. Morcegos da região Sul do Brasil: análise comparativa da riqueza de espécies, novos registros e atualizações nomenclaturais (Mammalia, Quiróptera) *Iheringia Sér. Zool.* 100: 25-34.

Patriquin K.J., Hogberg L.K., Chruszcz B.J., Barclay R.M.R., 2003. The Influence of Habitat Structure on the Ability to Detect Ultrasound Using bat Detectors. *Wildlife Society Bulletin Vol. 31, No. 2 (Summer, 2003)*, pp. 475-481.

Patterson B.D., Willig M.R., Stevens R.D., 2003. Trophic strategies, niche partitioning, and patterns of ecological organization. In: *Bat Ecology*. pp 536–579.

Peracchi A.L., Nogueira M.R., 2014. Métodos de captura de quirópteros em áreas silvestres. In: Reis N.R., Peracchi A.L., Rossaneis B.K., Fregonezi M.N. (Eds.). *Técnicas de estudos aplicadas aos mamíferos silvestres brasileiros*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora. p. 43-59.

Peracchi A.L., Nogueira M.R., 2014. Métodos de captura de quirópteros em áreas silvestres. In: Reis N.R., Peracchi A.L., Rossaneis B.K., Fregonezi M.N. (Eds.). *Técnicas de estudos aplicadas aos mamíferos silvestres brasileiros*. Rio de Janeiro: Technical Books Editora. p. 43-59.

Peters F.B., Roth P.R.D.O., Christoff A.U., 2012. Mammalia, Quiróptera, Molossidae, *Molossus rufus* É. Geoffroy, 1805: Distribution extension. Check List, 8(2): 291-293.

Quintela F.M., Ibarra C., Oliveira S.V.D., Medvedovisky I.G., Correa F., Gianuca D., Gava A., Pacheco S.M., 2011. Mammalia, Quiróptera, Rio Grande, state of Rio Grande do Sul, Brazil. Check List, 7(4): 443-447.

Ramos Pereira M.J., Barros M., Chaves T.S., Rui A.M., Dotto J.C., Braun A., Barbosa J., Bernard E., Aguiar L.M.S., Kindel A., Sana D.A., 2017. Guidelines for consideration of bats in environmental impact assessment of wind farms in Brazil: a collaborative governance experience from Rio Grande do Sul. Oecologia Australis 21: 232-255.

Reis N.R., Fregozini M.N., Peracchi A.L., Shibata O.A (Eds.), 2013. Morcegos do Brasil: guia de campo. Rio de Janeiro: Technical Books Editora. 252 p.

Reis N.R., Peracchi A.L., Pedro W.A., Lima I. P., 2007. Morcegos do Brasil. Londrina: Editora da Universidade Estadual de Londrina. 253 p.

Rollins K.E, Meyerholz D.K., Johnson G.D., Capparella A.P., Loew S.S., 2012. A forensic investigation into the etiology of bat mortality at a wind farm: barotrauma or traumatic injury? Veterinary Pathology Online 49: 362–371.

Rui A.M., Fabián M.E., Menegheti J.O., 1999. Distribuição geográfica e análise morfológica de *Artibeus lituratus* Olfers e de *Artibeus fimbriatus* Gray (Quiróptera, Phyllostomidae) no Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 16 (2): 447 - 460.

Rydell J., Bogdanowicz W., Boonman A., Pettersson S., Suchecka E., Pomorski J.J., 2015. Bats may eat diurnal flies that rest on wind turbines. Mammalian Biology 81(3): 331–339.

SBEQ, 2018. Updated Checklist of Brazilian Bats. Disponível em: <http://www.sbeq.net/updatelist>. Acesso em: 15 de janeiro de 2018.

Simmons N.B., 1994. The case for quirópteran monophyly. American Museum Novitates 3103: 1-54.

Simmons N.B., 1998. A reappraisal of interfamilial relationships of bats. p. 3-26. In: Kunz T.H., Racey P.A. (eds.). Bat Biology and Conservation. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C. 365p.

Simmons N.B., 2005. EVOLUTION: Enhanced: An Eocene Big Bang for Bats. Science (80-) 307:527–528.

Simmons N.B., Geisler J.H., 1998. Phylogenetic relationships of Icaronycteris, Archaeonycteris, Hassianycteris, and Palaeochiropteryx to extant bat lineages, with comments on the evolution of echolocation and foraging strategies in Microquiróptera. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 235: 1-182.

Simmons N.B., Seymour K.L., Habersetzer J., Gunnell G.F.L., 2008. Primitive Early Eocene bat from Wyoming and the evolution of light and echolocation. *Nature* 451: 818-822.

Sovernigo M.H., 2009. Impacto dos aerogeradores sobre a avifauna e quiropterofauna no Brasil. 61p. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Straube F.C., Bianconi G., 2002. Sobre a grandeza e a unidade utilizada para estimar esforço de captura com utilização de redes-de-neblina. *Quiróptera Neotropical*, 8(1/2): 150-152.

Teeling E.C., Scally M., Kao D.J., Romagnoli M. L., Springer M.S., Stanhope M.J., 2000. Molecular evidence regarding the origin of echolocation and flight in bats. *Nature* 403: 188-192.

Teeling E.C., Springer M.S., Madsen O., Bates P., O'Brien S.J., Murphy W.J., 2005. A Molecular Phylogeny for bats illuminates biogeography and the Fossil record. *Science* 307: 580-584.

Tomazi P., Amaral I.A., 2019. Mamíferos. In: Mader A. (eds.). *Guia de fauna do banhado Salles*. Porto Alegre (no prelo). 360p.

Thomas D.W., West S.D., 1989. Sampling methods for bats. *In*: Carey, A.B., Ruggero, L.F. (eds). *Wildlife-habitat relationships: sampling procedures for Pacific Northwest vertebrates*. USDA Forest Service General Technical.

Voigt C.C., Kingston T., 2015. *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*.

Vonhof M., Russell A.L., Kelly T.B., Murphy R.R., O'Connell J.M., Cox A.J., SchulzTriebl O.B., 2015. Genetic approaches to understanding the population-level impact of wind energy development on migratory bats: a case study of the eastern red bat (*Lasiurus borealis*). *PeerJ*, 983(3): 1-25.

Wilson D.E., Reeder, D. M. (eds.), 2005. Order Quiróptera. In: *Mammals species of the world: a taxonomic and geographic reference*. Baltimore, Johns Hopkins University (1): 312-529.

Zimmerman G.S., Glanz W.E., 2000. Habitat use by bats in eastern Maine. *Journal of Wildlife Management* 64:1032-1040.

CAPÍTULO II: PADRÃO TEMPORAL E A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS E AMBIENTAIS NAS FATALIDADES DE QUIRÓPTEROS EM UM COMPLEXO EÓLICO NO SUL DO BRASIL

Izidoro Sarmiento do AMARAL^{1, 2 *}, Maria João Ramos PEREIRA³; Larissa Rosa de OLIVEIRA^{1, 2}

¹ Laboratório de Ecologia de Mamíferos, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. Unisinos, 950, Caixa Postal 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil.

² Programa de Pós-Graduação em Biologia, Programa Pós-Doutorado - PNPd/CAPES, Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), Av. Unisinos, 950, Caixa Postal 93022-000, São Leopoldo, RS, Brasil.

³ Bird and Mammal Evolution, Systematics and Ecology Lab, Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Av. Bento Gonçalves 9500, Agronomia, 91501-970 Porto Alegre, RS - Brasil

*Autor correspondente: Izidoro Sarmiento do Amaral - izidoro.sa@hotmail.com

ABSTRACT

In Brazil the energy demand created by economic development has rapidly and intensely transformed the natural landscape, not only with wind power but also with other types of projects. These changes in an environment that has a megadiversity should be accompanied by studies that describe and can predict the effects of these changes on ecosystems, supporting efforts to reduce impacts and preserve species. In relation to the interactions of chiroptera and wind farms, in Brazil information is rare, and existing publications have been published in the last five years. In this context, in order to identify the relationship between the fatalities of chiroptera in the Santa Vitória do Palmar Wind Complex and their spatial and temporal patterns, between July 2014 and June 2018, circular transects were searched for carcasses on a monthly basis. around each of the 129 wind towers. During the searches, the fatalities found were recorded along with the tower number, the date and the distance of each carcass found to the base of the tower. All carcasses were identified at the lowest possible taxonomic level and were later removed to avoid counts. The information on the deaths was first analyzed in annual sets, using the Friedman test and later were separated by seasons of the year to understand the influence of the different land use classes in the spatial pattern observed in the fatalities. In order to investigate the relationship between activity index and climate, acoustic monitoring of the bats community was used to generate generalized linear models (GLM) with Poisson distribution, using climatic variables as predictor variables. The secondorder Akaike Information Criterion (AICc) and the coefficient of determination (R²) were used to rank and select models, comparing models with all possible combinations of predictor variables. At the end of 48 months, 266 carcasses of bats belonging to six species of insectivorous bats were recorded. The results showed the predominance of the species *Tadarida brasiliensis* among the observed fatalities, besides the first record of death of specimens of the genus *Eptesicus* in wind towers. The records also revealed that deaths occur exclusively between October and May and that wind farms closer to the urban center have concentrated more deaths. The time series of chiroptera deaths revealed a higher frequency of deaths in the first year (69% in 2014), followed by a decrease in the following two years and a slight increase in the fourth year of monitoring. The models curiously revealed a positive relation of the activity in relation to the speed of the winds. According to the data obtained the best possible scenarios for the installation of new parks would be places with a distance of more than 4 km of urbanized centers and with

predominance of fields. Thus, the most important mitigation proposal for bat deaths in the study region is the scheduling of towers for shutdown on nights with certain climatic conditions, which should be based on minimum criteria such as the ideal temperature range for the activity (15 °C - 22 °C) where 83% of the activity occurs and the seasonal distribution of deaths, applying the measures mainly in the most critical months, between December and March.

Keywords: Environmental monitoring, Mitigation, Bats.

1. INTRODUÇÃO

A busca por energias renováveis como fontes alternativas à queima de combustíveis fósseis tem fomentado a diversificação da matriz energética mundial. Os reflexos destas mudanças são vistos no Brasil. Um exemplo claro é o crescente número de instalações de novos parques eólicos, favorecidos pela disponibilidade de mercado e pelas velocidades de vento adequadas em cerca de 71 mil Km² do território nacional (Amarante et al., 2001). Em 2017, já estavam em operação no país mais de 5.700 aerogeradores distribuídos em 443 parques (ABEEólica, 2017).

A demanda energética criada pelo desenvolvimento econômico nacional tem transformado a paisagem natural, não só com a energia eólica mas também com linhas de transmissão, subestações, abertura de acessos. Estas mudanças rápidas e intensas em um ambiente com uma mega diversidade devem ser acompanhadas de estudos que descrevam e possam prever os efeitos destas alterações nos ecossistemas, embasando esforços para a redução dos impactos e conservação das espécies (Ribeiro et al., 2009).

Nos países da Europa e América do Norte, muitos dos envolvidos na produção de energia e conservação das espécies unem esforços para o desenvolvimento e publicação de pesquisas que contribuam para a criação de diretrizes que permitam a avaliação mais precisa dos impactos e que contribuam com propostas efetivas de mitigação (Erin et al., 2009; Jain et al., 2007, 2008, 2009 a, b, c, 2011; González et al., 2013). As diretrizes desses países com maior experiência na utilização de energia eólica podem ser tomadas como exemplo para os investidores, órgãos ambientais, universidades e consultores brasileiros.

Inicialmente acreditava-se que o principal impacto da presença das torres dos aerogeradores era a morte de aves e insetos (Rogers et al., 1978). Porém, no final dos anos 1980 verificou-se nos EUA e Europa um importante impacto sobre os morcegos, o que fomentou o início dos estudos objetivando a compreensão desta interação (Kerns e Kerlinger, 2004; Kunz et al., 2007a; Arnett et al., 2008; Amorim, 2009).

No Brasil existem raras informações sobre os impactos de parques eólicos sobre os quirópteros (Bernard et al., 2014; Barros et al., 2015), esta situação torna-se mais crítica, uma vez que existe a deficiência de conhecimentos básicos como a distribuição das espécies, sendo que menos de 10% da diversidade de quirópteros do país está minimamente inventariado. Desta forma, estima-se que seriam necessários pelo menos 200 anos para os quirópteros do Brasil estarem devidamente inventariados (Bernard et al., 2011).

Algumas situações como critérios técnicos de avaliação de impactos pouco claros e um número grande de profissionais com pouca experiência tornam a situação mais crítica, uma vez que a condução deficiente dos monitoramentos pode resultar em impactos significativos nas populações de quirópteros (Kunz et al., 2007a, 2007b; Arnett et al., 2008; Bernard et al., 2012), principalmente nos campos do sul do Brasil (bioma Pampa), considerado o menos inventariado do país (Bernard et al., 2011). Este cenário vem mudando com a publicação de novos trabalhos (Barros et al., 2015; Ramos Pereira et al., 2017).

No momento atual do conhecimento sobre os quirópteros brasileiros é fundamental a construção de subsídios para instalação de novos parques menos impactantes para os morcegos. Este tipo de construção passa pela compreensão da seleção de hábitat e dos padrões de atividade dos morcegos, que na maioria das vezes estão condicionados à disponibilidade de abrigo, alimento, fonte de dessedentação e a estrutura da vegetação e clima (Taylor, 2006; Sleep e Brigham, 2003; Kusch et al., 2004; Brooks, 2009; Rainho et al., 2010). De forma geral, os morcegos deixam seus abrigos a noite e vão em busca de locais com melhores condições de forrageio (DeJong e Ahlén, 1991), na maioria das vezes locais com vegetação arbórea ou presença de lâmina d'água (Walsh e Harris, 1996), ou seja, estes locais que apresentam maior atividade de morcegos (Grindal et al., 1999; Law e Chidel, 2002; Brooks, 2009; Hagen e Sabo, 2011). Contudo, alterações no uso do solo podem mudar a forma como as espécies exploram o ambiente (Presley, 2009), sendo assim, é necessário compreender como os diferentes usos do solo podem estar relacionados com a atividade e as fatalidades de quirópteros em parque eólicos, para com isso, propor medidas de mitigação.

Neste sentido, o monitoramento acústico por aparelhos gravadores (do inglês *Batdetectors*) está entre os métodos mais eficientes, pois permite a análise do uso de diferentes ambientes e o registro dos padrões de atividade de quirópteros. Esta técnica além de amostrar espécies de voo alto, as quais não são capturadas por redes de neblina, ainda possui a vantagem (na maioria dos aparelhos) de permitir amostragens por longas horas sem a presença do pesquisador (O'Farrell e Gannon, 1999; Ochoa et al., 1999; MacSwiney et al., 2008). Esta metodologia tem sido sugerida para o monitoramento de morcegos em parques eólicos, uma vez que as principais espécies de morcegos impactados por torres eólicas possuem voo alto e raramente são amostradas com redes de neblina (Barros et al., 2017). Porém por ser uma metodologia recente na América do Sul, todos os trabalhos disponíveis sobre eólicas e o padrão de atividade, baseados em monitoramento acústico, foram

realizados na Europa ou América do Norte (Kerns e Kerlinger, 2004; Kunz et al., 2007a; Arnett et al., 2008; Amorim, 2009), sendo assim este estudo é o pioneiro a utilizar esta metodologia em parques eólicos na região neotropical.

Desta forma, o presente estudo pretende testar as hipóteses de que existe um padrão sazonal nas fatalidades de morcegos, onde a maior parte da atividade e das mortes ocorre nos meses correspondentes ao verão austral; climático, onde temperatura e umidade altas e velocidade baixa do vento aumentam a atividade e as fatalidades; e um padrão espacial, onde ocorre um maior número de mortes em torres mais próximas da cidade. O trabalho utilizou como modelo o Complexo eólico Santa Vitória do Palmar, no sul do Brasil. Desta forma, os resultados possibilitarão inferir quando, onde e em que situações climáticas ocorrem as fatalidades de morcegos ocasionadas pelas torres eólicas. Afim de obter um maior entendimento sobre estes eventos e criar bases para propostas de mitigação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar (denominado também de Complexo Eólico Geribatu) (coordenada 22H 0290024/6297398), é composto por 129 torres, estas apresentam pás com 50 metros de comprimento, que em seu ponto mais alto de rotação alcançam 130 metros e em seu ponto mais baixo 30 metros. As estruturas estão distribuídas em 10 parques eólicos localizados no município de Santa Vitória do Palmar, RS. O C.E. Geribatu se estende por cerca de 4.749,99 ha e a sua área de influência indireta (AII) contempla um polígono de entorno de 5 Km.

O empreendimento está posicionado entre o centro urbano localizado a oeste e o ambiente descrito por Rambo (2000) como de vegetação palustre e pequenas matas ciliares na margem da Lagoa Mangueira e Banhado Salles, paralelas a costa do oceano Atlântico localizado a leste (Fig. 1). Instalado em uma região caracterizada como planície costeira no bioma Pampa (IBGE, 2004) sendo a formação campestre a predominante, com espécies vegetais introduzidas como o eucalipto (*Eucalyptus* spp.) em pequenos capões e o plantio de arroz.

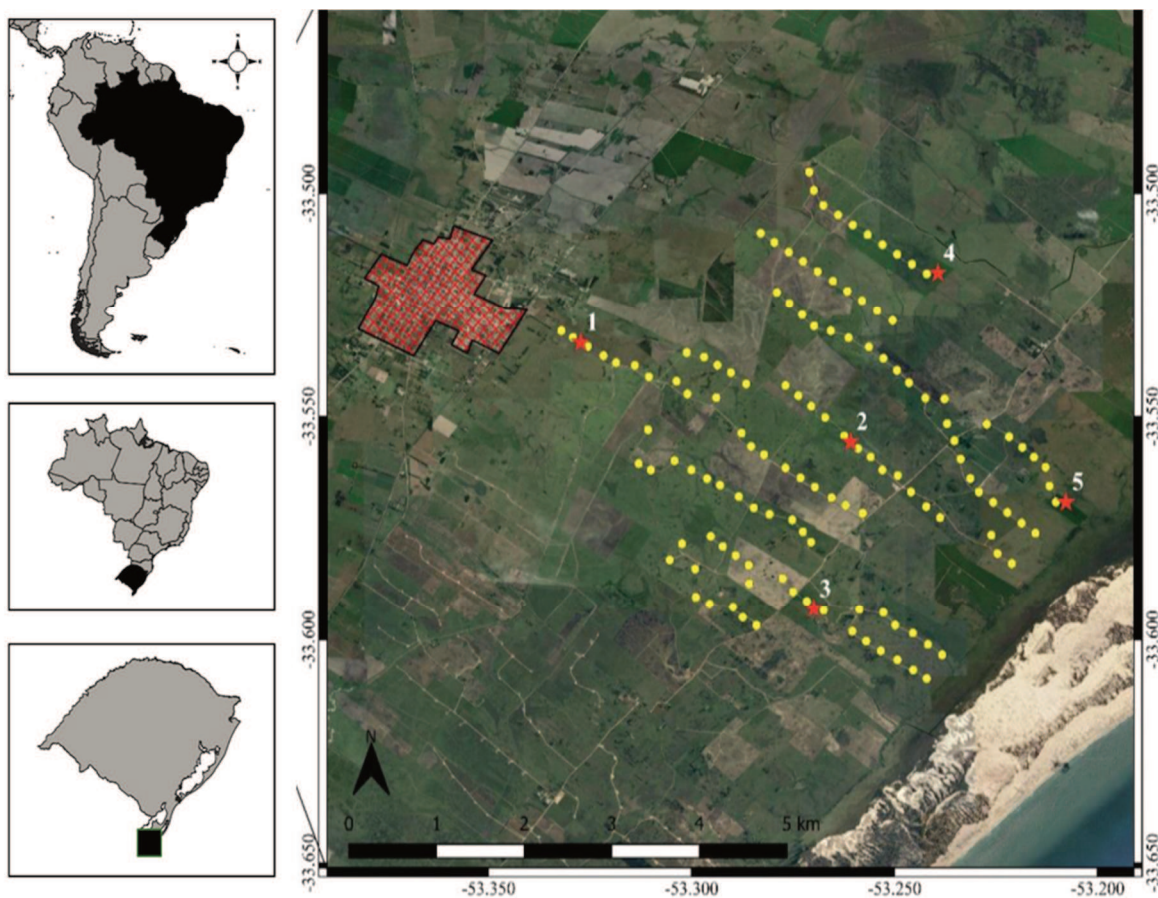


Figura 1. Mapa do Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar, localizado no extremo sul do Brasil. Os pontos em amarelo representam as 129 torres e as estrelas em vermelho (15) representam os pontos de amostragem com gravadores.

2.2 Monitoramento das mortes

As buscas mensais por morcegos mortos ocorreram entre julho de 2014 e junho de 2018, nas 129 torres dos 10 parques eólicos. Para a realização dos monitoramentos das torres eólicas foi seguida a técnica de busca ativa apresentada por González et al. (2013) com adaptações. Basicamente essas adaptações consistiram no estabelecimento de seis transecções circulares no entorno de cada torre, cada transecção com distância pré-definida da base das torres, sendo as distâncias de cada uma: 5 m, 15 m, 25 m, 35 m, 45 m, e a última transecção foi percorrida em zigue-zague entre os 50 m e 100 m. A área de abrangência da visualização chegou a um raio de 120 m. Todos os objetos visualizados a uma distância de até 200 m foram examinados (Fig. 2).

Cada círculo foi percorrido lentamente e a procura em cada torre teve duração de 25 minutos. Sempre que uma morte foi constatada foram registrados o número da torre e a data, informações necessárias para a análise da distribuição espacial e sazonal das fatalidades. Além disso, a distância de cada carcaça encontrada até a base da torre foi anotada, para que desta forma fosse avaliada a suficiência do raio de busca. Todas as carcaças encontradas foram identificadas ao menor nível taxonômico possível de acordo com Reis et. al. (2007) e posteriormente foram removidas para se evitar as recontagens.

O conjunto de dados sobre as mortes foram analisados primeiramente em conjuntos anuais, onde o objetivo foi verificar a existência de variação significativa ao longo dos anos de operação, para isto foi utilizado o teste de Friedman, posteriormente o conjunto de dados foi separado por estações do ano para analisar a relação entre a presença de mortes e as peculiaridades do uso do solo em cada estação.

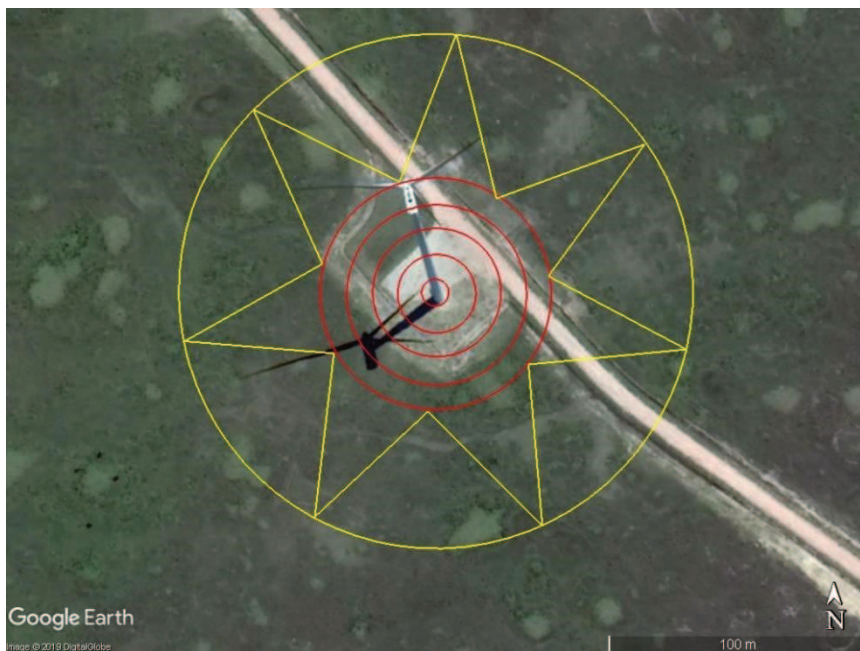


Figura 2. Modelo de transecções circulares no entorno de cada torre, cada transecção com distância pré-definida da base das torres, sendo as distâncias de cada uma: 5 m, 15 m, 25 m, 35 m, 45 m (linhas vermelhas), sendo que a última transecção foi percorrida em ziguezague entre os 50 m e 100 m (linhas amarelas).

2.3 Estudo de remoção e detectabilidade de carcaças

O número de carcaças observadas pode representar uma subestimativa do real número de mortes, devido a remoção de carcaças por animais carniceiros (Baerwald, 2009)

e/ou erro de busca de observadores em campo. Sendo assim, para obter valores mais próximos da real taxa de fatalidade, quatro vezes ao ano (sazonalmente) foi realizado um estudo para estimar a porcentagem de remoção de carcaças (PR). Por não existir diferenças nas taxas de remoção de aves e morcegos de mesmo porte (Jain et al., 2007; 2008; 2009 a, b, c), o estudo foi realizado com a disposição de aves e morcegos encontrados mortos nas torres e ou estradas durante os deslocamentos, estas com massa equivalente aos morcegos, mas preferencialmente foram utilizados morcegos encontrados nas torres. Estes morcegos, assim como as aves, foram recolhidos e acondicionados em freezers até atingir o tamanho amostral de pelo menos 20 carcaças por trimestre. Os animais foram dispostos aleatoriamente no entorno das torres, as carcaças foram monitoradas com intervalos de 24h por 7 dias.

Com o auxílio de um ajudante de campo também foi estimada a porcentagem de perda pela não detecção (PD), através da disposição de carcaças em campo, ao redor de aerogeradores uma vez por estação, sem que o pesquisador conheça nem a posição e nem o número de carcaças colocadas. Ao final da busca realizada pelo pesquisador (no mesmo dia da disposição das carcaças) foi contabilizada a porcentagem de carcaças dispostas que foram localizadas.

A partir dos dados de remoção e perda de carcaças (porcentagem de remoção de carcaças = PR e porcentagem de perda pela não detecção = PD), juntamente com a taxa de fatalidade observada (TFO) foi calculado para o período entre agosto de 2017 e julho de 2018 a taxa de fatalidade estimada (TFE) para o período de 7 dias e assim, estimado o número de mortes para cada mês da estação com a seguinte fórmula modificada de Erickson (2004): $TFE = TFO * (1/(1-PR)) * (1/(1-PD))$.

2.4 Monitoramento das carcaças e sua relação com o uso do solo

Para a classificação do uso do solo no entorno da área de estudo foram utilizadas imagens do banco de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), capturadas com Satélite Resourcesat II utilizando o sensor LISSIII com precisão de 30m² por pixel com sistema de coordenadas *Universal Transversor Mercator* (UTM) e datum WGS84 (Prakash et al., 2015; Pereira et al., 2016). As imagens utilizadas para cada estação do ano com registro de fatalidades de quirópteros estão descritas na Tabela 1.

A classificação do uso do solo é um método de extração de informações de imagens com os objetivos de reconhecer ou encontrar padrões e mapear possíveis áreas de interesse,

sendo considerada supervisionada quando o usuário pode identificar uma área representativa de cada classe (INPE, 2018). No Software Qgis foram utilizadas as bandas espectrais (vermelho, infravermelho próximo, infravermelho médio), para compor as imagens TIFF que permitem realizar a classificação do uso do solo para cada estação amostrada. As imagens foram utilizadas no plugin dzetsaka, que classifica as imagens através do Modelo de Mistura Gaussiana para identificar e determinar as classes na área estudada (Fauvel et al., 2015).

Para a classificação de uso do solo foram utilizadas cinco áreas de referência reconhecidas com as seguintes classes: rizicultura, lâmina de água, campo com espécies nativas, solo exposto e plantio de pastagem. Após a classificação foi extraído um recorte utilizando um *buffer* de 100 m de raio em torno de cada um dos 129 aerogeradores e este corte foi convertido para um arquivo *shapefile* e calculado a área de cada classe.

Com a intenção de medir a distância entre as torres e as habitações humanas (provável abrigo dos quirópteros) foi utilizada a ferramenta “régua” do Google Earth, a qual mediu a distância em metros entre a posição da torre e o ponto mais próximo da área urbanizada do município.

A existência de relação direta entre a quantidade de carcaças de morcegos encontradas por aerogerador e a área de cada variável de uso de solo e posição da torre (distância do centro urbano), foi testada através de uma regressão múltipla (Hammer et al., 2001) para cada estação do ano.

Tabela 1. Lista de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), capturadas para a área de estudo com Satélite Resourcesat II utilizando o sensor LISSIII, utilizadas para a classificação do solo nas proximidades do Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar (coordenadas), localizado no município de Santa Vitória do Palmar, RS, Brasil.

Identificador	Estação/ano	Data de captura da imagem
RES2AWIF32510120140926	Primavera/2014	2014-09-26
RES2AWIF32410520150212	Verão/2015	2015-02-12
RES2AWIF32410320150612	Outono/2015	2015-06-12
RES2AWIF33010120151016	Primavera/2015	2015-10-16
RES2AWIF33010420160308	Verão/2016	2016-03-08

RES2AWIF32510520160611	Outono/2016	2016-06-11
RES2AWIF32710220161112	Primavera/2016	2016-11-12
RES2AWIF32710020170216	Verão/2017	2017-02-16
RES2LIS332710320170429	Outono/2017	2017-04-29
RES2AWIF32510520171004B	Primavera/2018	2017-10-04
RES2AWIF32710420180307	Verão/2018	2018-03-07

2.5 Análise do padrão de atividade e a influência do clima

Para o registro de atividade foram utilizados aparelhos detectores de ultrassons emitidos por morcegos (batdetector), este operou de forma passiva e intensiva, compreendendo o período do crepúsculo ao nascer do sol (18h00 – 06h00) em noites sem chuva, durante cinco dias mensais, entre os meses de agosto de 2017 e julho de 2018. O aparelho foi fixado em torres anemométricas existentes nos parques eólicos a em média 6 metros do solo. Os pontos escolhidos são P1 (ambiente campestre, parque mais próximo da cidade, lat. -33.533466°, long. -53.327297°) P2 (ambiente campestre- lat. -33.555661°, long. -53.260853°), P3 (ambiente campestre, lat. -33.592978° °, long. -53.269928° °), P4 (orizicultura, lat. 33.517785°, long. -53.239338°) e P5 (no parque mais próximo do banhado Salles, lat. -33.569099°, long. -53.207788°), distantes entre si cerca de 5 KM (Fig. 1).

Para este estudo foi utilizado o modelo SM3BAT da fabricante *Wildlife acoustics*, o qual grava o registro das chamadas de morcegos passivamente em tempo real, utilizado com uma taxa de amostragem de 384 kHz, com filtro de elevadas frequências (*High Pass Filter*, de modo a reduzir a gravação de sons emitidos em frequências abaixo daquelas emitidas por morcegos). O modo de gravação do aparelho foi acionado automaticamente cada vez que o microfone de ultrassons captou frequências entre 10 kHz e 190 kHz, realizando gravações de 5 segundos. Para cada intervalo de uma hora foi contado o número de registros e aferidos os fatores abióticos (temperatura, velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica e umidade relativa do ar) dados aferidos pelo anemômetro localizado dentro dos parques, este aparelho pertence ao empreendedor que gentilmente concedeu os dados.

A classificação dos sons foi feita de modo manual no software Raven Pro 1.5.0 (Bioacoustics Research Program, 2017), a identificação como vocalização pertencente aos

quirópteros foi realizada de acordo com Arias-Aguillar et al. (2018), utilizando parâmetros como duração, frequência de máxima intensidade e frequências mínima e máxima dos pulsos. Sempre que múltiplas passagens (do inglês *bat passes*) foram registradas em um mesmo áudio, estas foram consideradas como um registro somente.

Os padrões de atividade ao longo da noite como distribuição da atividade e momento médio de maior atividade foram avaliados por meio de análises circulares, utilizando o software R, versão 3.3.2 (R Core Team, 2016). Para contemplar as características sazonais relativas ao tempo de duração da fase escura do dia os dados foram avaliados separadamente conforme a estação do ano.

A relação dos índices de atividade com fatores abióticos (temperatura, velocidade do vento, direção do vento, pressão atmosférica e umidade relativa do ar) foi modelada utilizando modelos lineares generalizados (GLM) com distribuição Poisson, utilizando variáveis climáticas como variáveis preditoras. Foi utilizado o Critério de Informação de Akaike de segunda ordem (AICc) e o coeficiente de determinação (R^2) para assim ranquear e selecionar os modelos, comparando modelos com todas as combinações possíveis das variáveis preditoras. O nível de apoio empírico do modelo pode ser considerado adequado quando a diferença de AIC (Δ AIC) é menor do que 2 (Burnham e Anderson, 2002). Sendo assim, os modelos que apresentaram valores de Δ AIC abaixo desse valor foram considerados modelos adequados para explicar a relação entre a atividade e as variáveis preditoras.

3. RESULTADOS

Durante os 48 meses de monitoramento das 129 torres eólicas do Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar, foram encontradas e coletadas 266 carcaças de morcegos (Fig. 3) pertencentes a seis espécies de morcegos insetívoros: *Tadarida brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824) a espécie com maior registro (n = 233), seguido de *Lasiurus blossevillii* (Lesson & Garnot, 1826) (n = 15), *Lasiurus cinereus* (Beauvois, 1796) (n = 9), *Eptesicus brasiliensis* (Desmarest, 1819) (n = 1), *Eptesicus furinalis* (d'Orbigny & Gervais, 1847) (n = 1) e *Lasiurus ega* (Gervais, 1856) (n= 1). Seis indivíduos devido ao avançado estado de decomposição foram identificados somente como pertencentes ao gênero *Lasiurus*.

As mortes foram registradas somente nos meses de outubro a maio (primavera, verão e outono), com a maior ocorrência de mortes nos meses de fevereiro e março (Fig. 3 e 4). O parque mais próximo da área urbana (Geribatu V) concentrou 39,6% das mortes.

Ao analisar a distribuição das mortes ao longo dos quatro anos de monitoramento, foi encontrada uma diferença significativa ao longo dos anos monitorados (teste de Friedman $G_1 = 3$; $\text{Chi}^2 = 7$; $P = 0,01$). A diferença ocorreu entre o primeiro ano e os demais anos (1°- 2° ano, $p = 0,02$; 1°- 3° ano, $p = 0,02$; 1°- 4° ano, $p = 0,05$) e entre o terceiro e o quarto ano de monitoramento (3°- 4° ano, $p = 0,02$), sendo o primeiro ano com um número de mortes superior aos demais, seguido em número de mortes pelo quarto ano de monitoramento (Fig. 5).

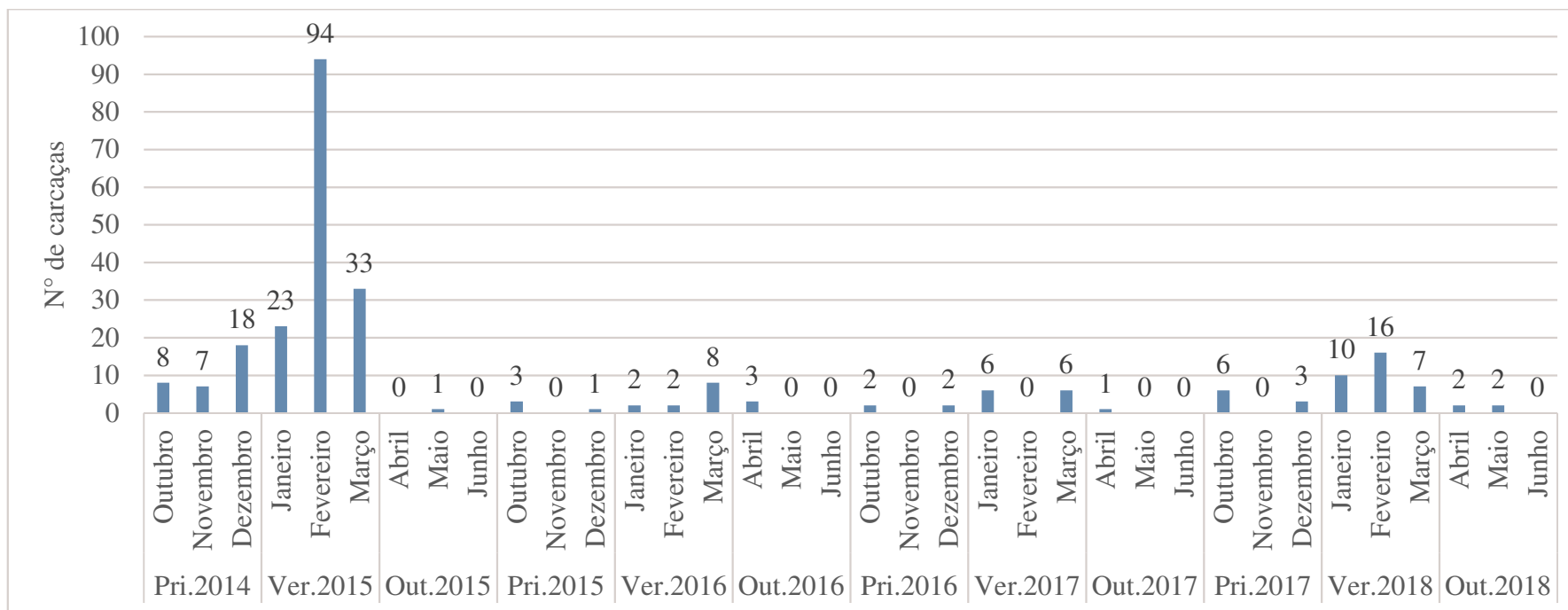


Figura 3. Número de carcaças de morcegos registradas sob os aerogeradores do Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar durante os 48 meses de monitoramento, de julho de 2014 a junho de 2018. Na figura somente estações com registro de mortes.

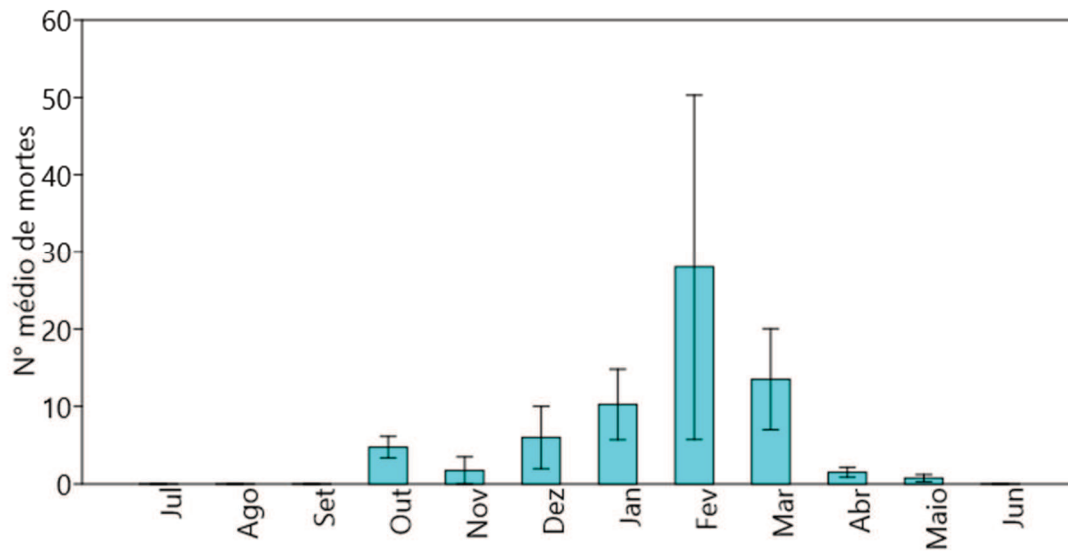


Figura 4. Médias de fatalidades observadas ao longo dos quatro anos de amostragem. Cada coluna representa as médias de fatalidades observadas para cada um dos meses do ano.

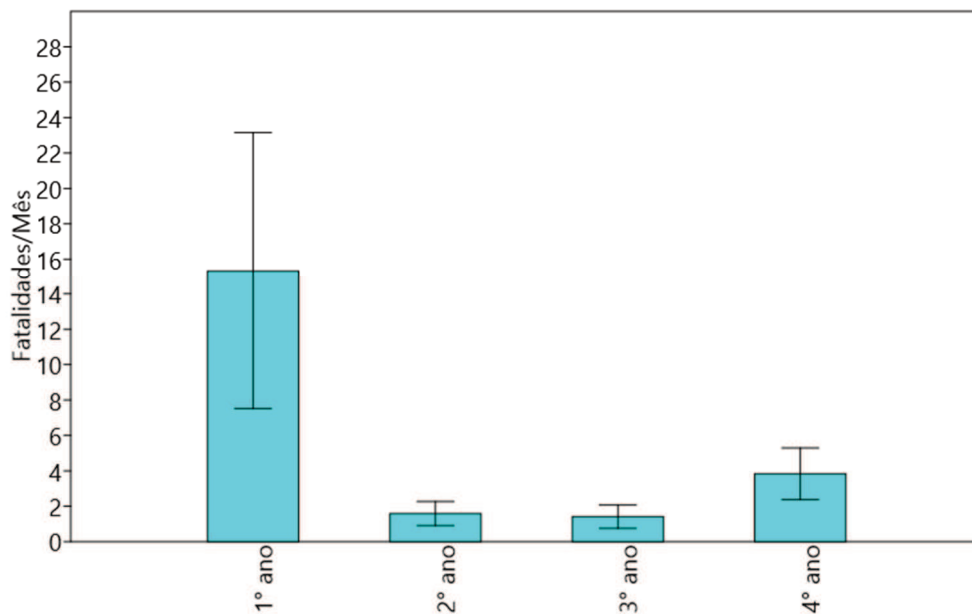


Figura 5. Cada coluna representa as médias de fatalidades observadas anualmente para o período de 4 anos a partir de agosto de 2014.

A distância do local de encontro das carcaças para a base das torres superou 60 metros somente duas vezes, essa tendência pode estar relacionada com o porte dos morcegos e o comprimento das pás dos aerogeradores que possuem aproximadamente 50 metros (Fig. 6).

No cálculo da distância do encontro das carcaças foram desconsideradas 21 carcaças, estas foram encontradas adornando o ninho de *Anumbius annumbi* (VIEILLOT, 1817) (cochicho, conhecido também como titiriu). Esta ave de pequeno porte muito comum e típica dos Pampas (WIKIAVES, 2018) foi encontrada em ninhos grandes construídos nas escadas de acesso as torres. Estes ninhos geralmente são construídos com galhos secos e adornados com materiais coloridos que as aves encontram como ossos, peças de plástico, pedaços de arames, dentre outros materiais (BELTON, 1994; EFE, et al., 2001; WIKIAVES, 2018). As carcaças de morcegos observadas nos ninhos provavelmente foram encontradas pelas aves no entorno das torres em diferentes distâncias.

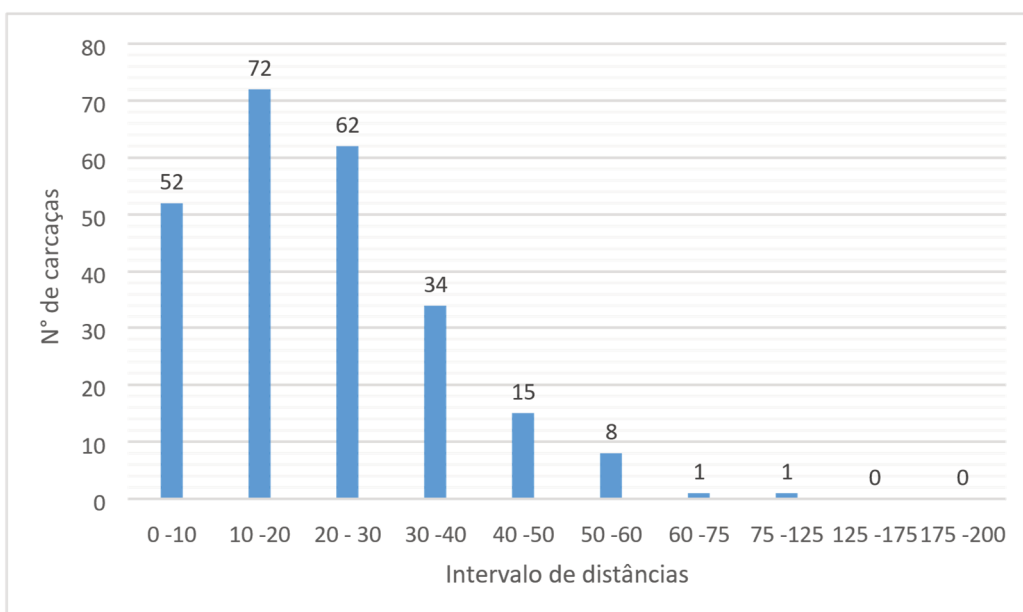


Figura 6. Intervalos de distância (m) aferidos entre a posição das carcaças e a base das torres eólicas do Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar durante os 48 meses de monitoramento, de julho de 2014 a junho de 2018.

As 129 torres monitoradas para as fatalidades de quirópteros apresentaram distâncias entre 0,9 km e 13 km da área urbanizada da cidade. Os resultados demonstraram a importância desta informação para a compreensão dos padrões de fatalidades no complexo eólico, uma vez que 44% das carcaças foram encontradas entre 0,9 e 4 km do centro urbano

e em todas as estações a distância para a área urbanizada apresentou resultado significativo nas regressões.

Ao longo de um ano (agosto de 2017 a julho de 2018) foram dispostas 112 carcaças para a obtenção da porcentagem de perda pela não detecção (PD) e posteriormente as mesmas carcaças foram utilizadas para o cálculo da porcentagem de remoção de carcaças (PR). As amostragens ocorreram em setembro (representando o período do inverno, n = 30, não detecção = 14% e remoção = 87%), dezembro (representando o período da primavera n = 28, não detecção = 16% e remoção = 84%), março (representando o período do verão n = 29, não detecção = 13% e remoção = 88%) e junho (representando o período do outono n = 25, não detecção = 15% e remoção = 80%). A taxa de fatalidade estimada (TFE) para os dias amostrados ficou em 380,7 mortes (Fig. 7), quando este valor é multiplicado por 4 (número médio de semanas de um mês) a TFE para o período de um ano é igual a 1522,8 mortes, totalizando 11,8 mortes por torre no período de um ano.

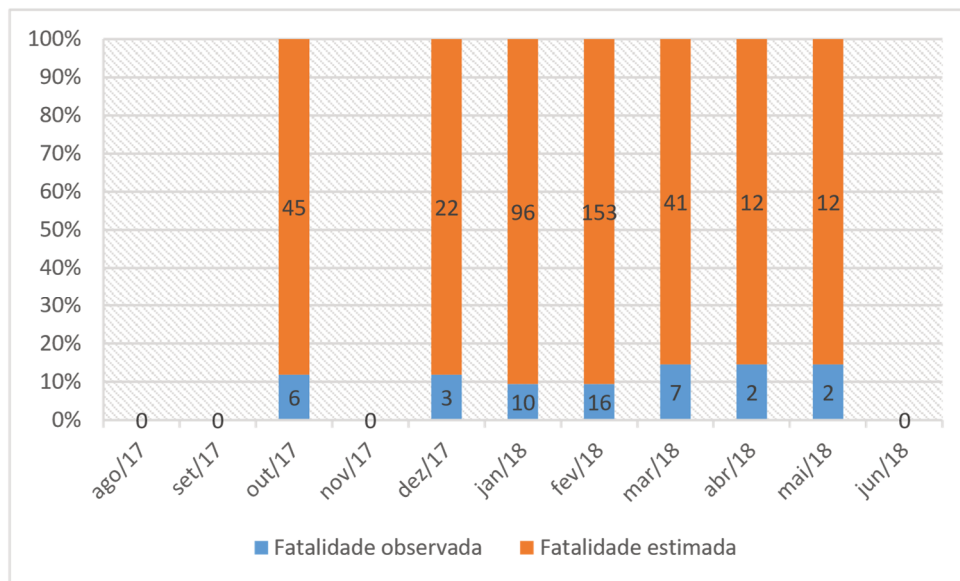


Figura 7. Relação entre as fatalidades observadas e as fatalidades estimadas para o período de sete dias. Números nas colunas representam as fatalidades observadas (barra azul) e fatalidades estimadas (barra laranja).

Como foram registradas mortes somente na primavera, verão e outono, os dados de uso do solo foram aferidos somente para estas três estações ao longo dos anos. Ao todo foram analisados 516 *buffers* para cada uma das estações com fatalidades, totalizando 1548 *buffers*.

A análise da relação entre a sazonalidade das fatalidades e as variáveis de uso do solo e posição das torres demonstrou a existência de relação significativa entre as mortes e as variáveis em todas as estações (primavera $R^2 = 0,039$, $F = 3,44$, $P = 0,002$; verão $R^2 = 0,026$, $F = 2,31$, $P = 0,032$, e outono $R^2 = 0,025$, $F = 2,23$, $P = 0,038$).

Entre as variáveis a presença de lâmina de água foi a única variável que não apresentou resultado significativo em nenhuma das estações. A distância entre as torres onde foram registradas as mortes e a área urbana da cidade, local onde provavelmente estão localizados os abrigos diurnos, apresentou relação negativa, onde torres mais próximas da cidade apresentaram um número maior de mortes registradas em relação as torres mais distantes.

As demais variáveis com relação significativa foram: primavera - campo e solo exposto, onde ocorreu uma redução das mortes registradas em torres com maiores áreas destas variáveis; verão - apresentou menores registros nas áreas de plantio de arroz e outono - onde a relação das mortes com o campo foi negativa e com as pastagens positiva (Anexo 1).

Foi registrado um total de 1640 gravações (passagens de morcegos), o ponto com maior registro foi o mais próximo da cidade, ponto 1 ($n = 530$), seguido do ponto 2 ($n = 358$), ponto 3 ($n = 325$), ponto 5 ($n = 307$) e ponto 4 ($n = 120$) (Fig. 8).

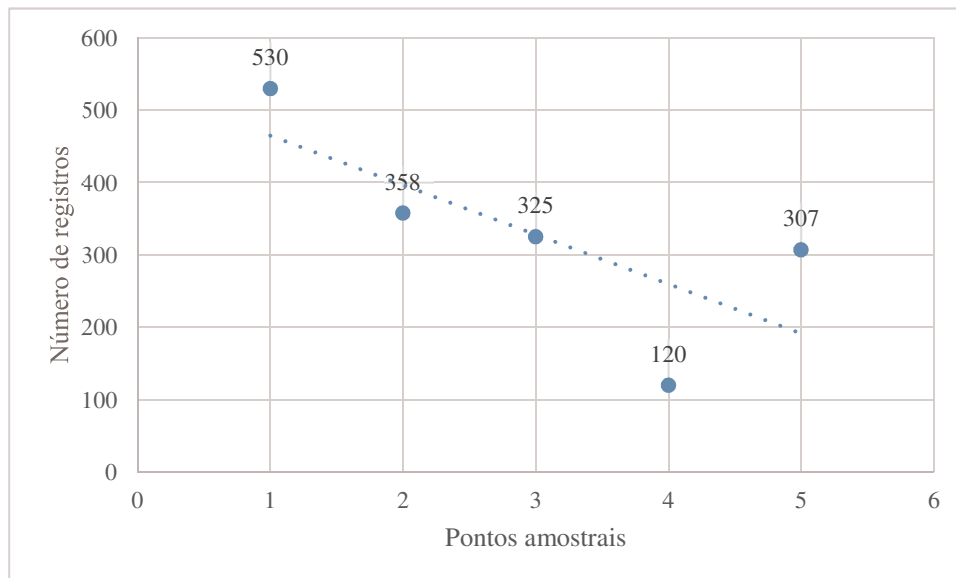


Figura 8: Número de passes de morcegos de cada ponto amostral. No eixo x estão ordenados os pontos amostrais do ponto 1 ao ponto 5. Os pontos foram nomeados de acordo com a distância para o centro urbano, onde o Ponto 1 é o mais próximo e o ponto 5 o mais distante. Linha tracejada representa a tendência.

A distribuição da atividade ao longo da noite apresentou variação ao longo das estações do ano, no inverno a maior parte da atividade ocorre nas primeiras horas da noite, com o auge estimado de atividade ocorrendo por volta das 22 horas, na primavera são visíveis dois picos de atividade ao longo da noite, um ocorrendo por volta das 20 horas e outro mais tarde, por volta das 2 horas da manhã e o auge estimado de atividade ocorrendo por volta das 23 horas. As demais estações (verão e outono) possuem a atividade distribuída ao longo da noite, com o auge da atividade estimada entre a 0 hora e a 1 hora (Fig. 9).

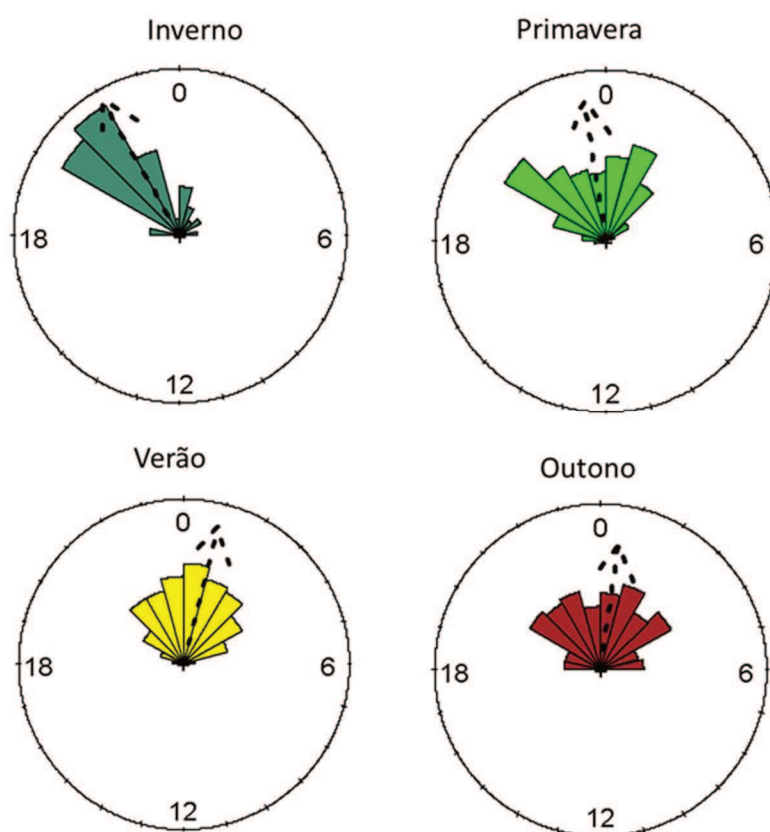


Figura 9. Distribuição dos registros de atividade ao longo da noite, separados sazonalmente, onde cada barra representa o intervalo de uma hora. Auge estimado para a atividade em cada estação representado pela seta.

A temperatura mínima durante as gravações foi de 8 °C enquanto a máxima foi de 29 °C; os registros de quirópteros ocorreram entre 11°C e 27°C. Todos os registros relativos

a 11°C (n = 159) ocorreram em um intervalo de 3h, revelando um evento atípico em relação a distribuição de atividade. A temperatura média das noites de gravação ficou em 18,5 °C, com desvio padrão de 3,37°C. O valor da média de temperatura das amostragens coincidiu com a temperatura com maior registro de atividade. Se considerarmos o intervalo entre 15°C e 22°C (intervalo que compreende a temperatura média com o desvio padrão para menos e para mais) encontramos 83% da atividade registrada (Fig. 10).

A relação entre a atividade registrada e as velocidades de vento registradas demonstrou que o volume de atividade registrada acompanha o pico referente a velocidade do vento. O número de vezes que cada velocidade de vento é registrada aumenta gradativamente de zero até 6 m/s, seguido de gradativa redução nos registros. O mesmo padrão é encontrado para a o registro de atividade (Fig. 11).

A atividade de morcegos foi explicada pelas variáveis meteorológicas; na Tabela 2 apresentamos o sumário dos três modelos melhor ajustados ($\Delta AIC < 2$); no Anexo 1 apresentamos coeficientes e estimativas para todas as variáveis desses modelos. Os dados sugerem uma relação negativa com a temperatura média e com a pressão atmosférica, mas positiva com a velocidade do vento. Contudo, a atividade é influenciada negativamente por ventos de todas as direções (exceto ventos norte, leste e sudoeste), o que parece sugerir uma influência negativa da presença de vento *per se*. As fatalidades não apresentaram relação significativa com a atividade da noite anterior ($z = 0.33$; $p = 0.74$).

Tabela 2. Sumário dos GLM ($\Delta AIC < 2$) explicando a atividade de morcegos relativamente a condições meteorológicas:

Variável dependente	Modelo	AICc	ΔAIC
Atividade por hora	press + temp* + velvent* + dirvent* umi +	6001.56	0.00 0.10
	press* + temp* + velvent* + dirvent*	6001.66	
	temp* + velvent* + dirvent*	6002.58	1.02

Os registros de atividade e fatalidade apresentaram claramente dois picos cada, um entre os meses de primavera e outro entre os meses do verão, porém fatalidade e atividade apresentam os picos de maior intensidade alternados ocorrendo o mesmo para os de menor intensidade (Fig. 12).

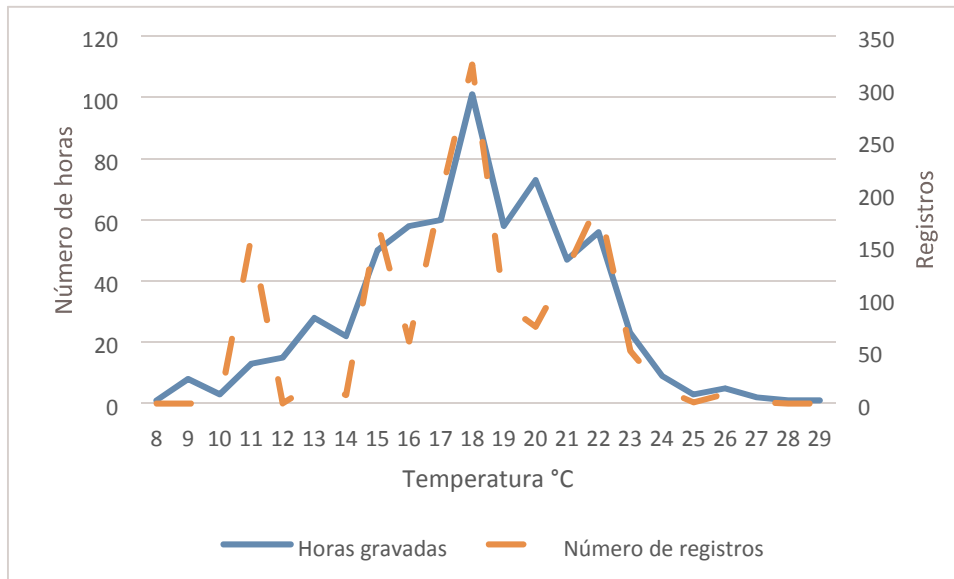


Figura 10. Relação entre o número de registros para cada temperatura e o número de vezes que cada temperatura foi registrada.

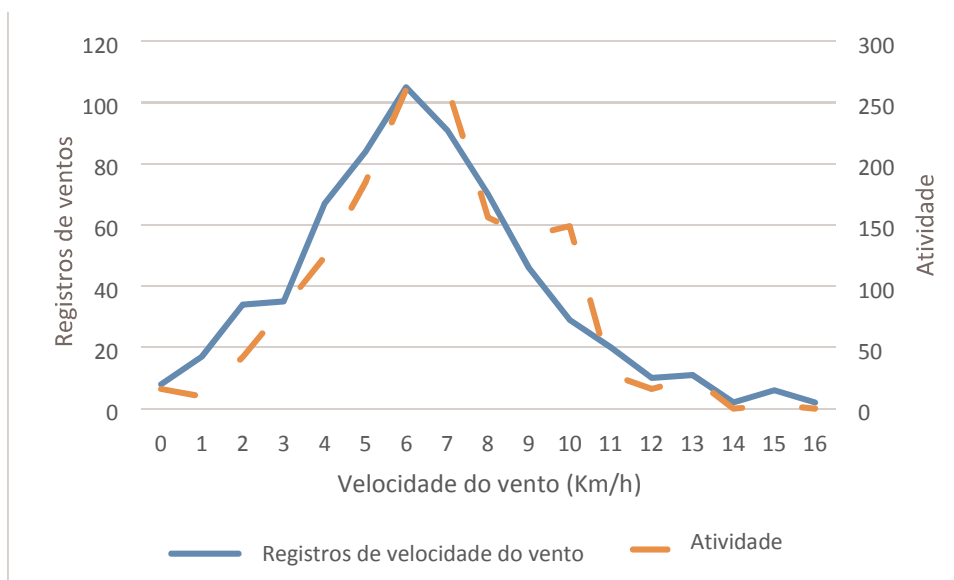


Figura 11. Relação entre o número de atividades e a velocidade média dos ventos durante as gravações.

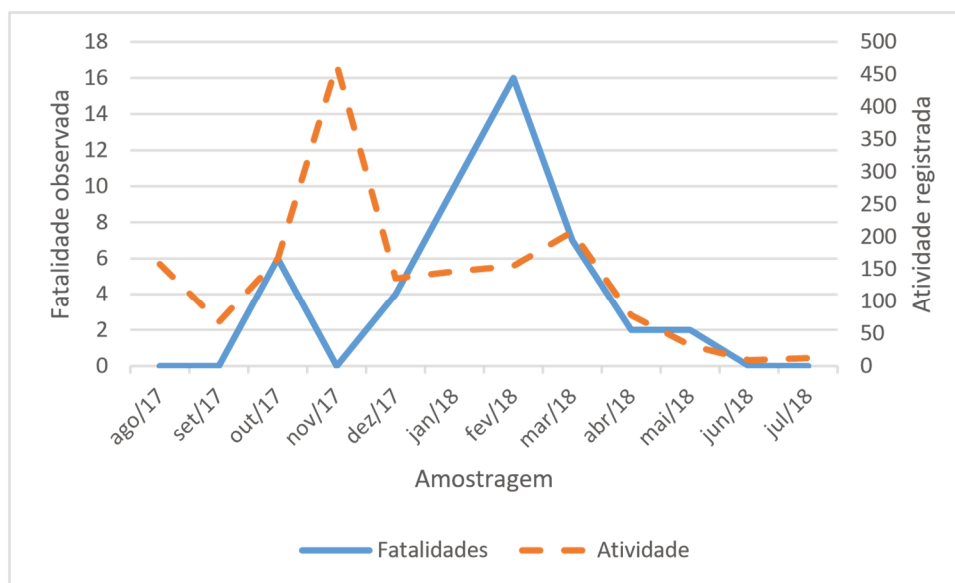


Figura 12. Razão entre as fatalidades e a atividade ao longo de um ano de monitoramento (agosto de 2017 a julho de 2018).

4. DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram a predominância da espécie *Tadarida brasiliensis* entre as fatalidades observadas. Os registros também revelaram que as mortes ocorrem exclusivamente entre outubro e maio, padrão semelhante ao encontrado na análise de atividade e ao encontrado no hemisfério norte durante o verão boreal (Amorim, 2009; González et al., 2013). Da mesma forma a relação negativa quando considerada a distância para a área urbana do município foi encontrada na análise da distribuição das mortes e da atividade.

As distribuições dos registros de fatalidades de quirópteros no Complexo Eólico Santa Vitória do Palmar durante o período do estudo revelam a presença de carcaças quase que exclusivamente na primavera e no verão. Esta tendência é explicada pela redução das atividades dos quirópteros nos meses frios (temperaturas abaixo de 15°C), tendência confirmada inclusive pela análise de atividade; com efeito, os animais da espécie predominante entre as mortes (*Tadarida brasiliensis*) podem inclusive entrar em torpor em meses frios (Fabián e Marques, 1996), o que explicaria a redução e inclusive ausência de atividade. Dessa forma, essa redução de atividade pode explicar também a ausência de

carcaças entre nos meses de inverno (de junho e setembro) de 2014, 2015, 2016 e 2017 (Fig. 10).

Durante quatro anos de buscas, foram registrados os primeiros registros de mortes de *Eptesicus brasiliensis* e *E. furinalis* em torres eólicas; por representarem somente dois registros e por não existirem registros na literatura podem ser considerados raros. Em contrapartida a espécie com carcaças mais frequentemente registradas nas 129 torres dos aerogeradores monitoradas, assim como apresentado por Barros et al. (2015) em parques no município de Osorio (Rio Grande do Sul - BR), foi *Tadarida brasiliensis*. Franco e Rui (2011) e Fabián e Marques (1996) afirmaram que existe um aumento populacional fora dos abrigos nos meses de janeiro a março, ocasionado pela iniciação do voo dos indivíduos subadultos, os quais apresentariam menor capacidade de orientação, e o que aumentaria as chances de colisão com obstáculos como as torres dos aerogeradores. Desta forma, as flutuações populacionais de *T. brasiliensis* em decorrência do primeiro voo dos subadultos, poderiam explicar o número de carcaças encontradas nos meses de verão e outono nas proximidades dos aerogeradores. Da mesma forma o pico de atividade da comunidade, registrado durante a primavera é reflexo do comportamento reprodutivo das espécies (Fabián e Marques 1996), onde ocorre as buscas por acasalamento e por alimentos para o acúmulo energético necessário para a reprodução.

A série temporal de mortes de quirópteros revelou uma maior frequência de mortes no primeiro ano (69% em 2014), seguida de uma diminuição nos dois anos seguintes e um ligeiro aumento no quarto ano de monitoramento. Contudo, neste trabalho não é possível inferir uma relação dos dados com flutuações populacionais, porque não há dados robustos sobre o tamanho populacional e atividade média nas fases anteriores a operação das torres. Parte desta redução nas fatalidades poderia ser associada ao aprendizado dos indivíduos, uma vez que é reconhecida a capacidade dos quirópteros em identificar pontos de referência no ambiente para a navegação de voo (Racey e Swiff, 1985; Sierra-cobo et al., 2000) e assim apreender a evitar o contato próximo com as torres.

A relação encontrada entre as fatalidades e o uso do solo pode estar ligada as flutuações na disponibilidade de artrópodes, pois a dinâmica destas últimas influências diretamente nos padrões de uso de hábitat e de atividade de quirópteros insetívoros (Akasaka et al., 2009; Wang et al., 2010). Já o fato de *T. brasiliensis* ser a espécie mais abundante na amostragem, é explicado pela proximidade do complexo eólico com o centro urbano de Santa Vitória do Palmar, corroborando com Pacheco et al. (2010) que afirmam que a espécie

é comum e possui colônias numerosas em áreas urbanas. Além disso, a área de vida de morcegos insetívoros de porte médio é de 15 km² segundo Drescher (2004), podendo ser maior para *Tadarida brasiliensis* que possui muitas populações migratórias (Russell et al., 2005) o que explicaria o grande número de mortes em torres mais próximas da cidade.

Wickramasinghe et al. (2003) ao analisarem a relação das classes de uso do solo com atividade de quirópteros ao longo das estações, demonstraram que as alterações na forma do uso da terra podem interferir diretamente nos padrões de atividade dos morcegos. Santiago et al. (2013) afirmaram que a semeadura do arroz ocorre no Rio Grande do Sul na primavera (setembro a dezembro). A área de estudo está nas proximidades de uma zona intensivamente manejada durante o plantio do arroz e com baixa disponibilidade de insetos, possivelmente devido ao uso de agrotóxicos (Wickramasinghe et al., 2003). Neste contexto, provavelmente, esta área com plantio de arroz é evitada pelos quirópteros (Walsh e Harris, 1996), levando os indivíduos a buscar insetos em outros ambientes como em campos e solos expostos principalmente pela presença de formigas e cupins alados (comuns na região), aumentando a atividade e a fatalidade nestes ambientes como observado. Além disso, durante o verão a rizicultura está irrigada com uma lâmina d'água que varia entre 5 cm e 15 cm que possui uma biomassa verde considerável (Santiago et al., 2013), dificultando o registro das mortes.

O verão, período mais crítico para as fatalidades, de acordo com o presente estudo, a única classe de uso do solo com relação significativa com as mortes dos quirópteros é a rizicultura. Esta cultura poderia ser muito atrativa para os quirópteros insetívoros nesta fase, pois ambientes com um volume de biomassa verde mais alto possuem maior abundância de insetos (Pettorelli et al., 2011) e as áreas úmidas são conhecidas por concentrarem um grande número de insetos (Hayes, 1997), porém uma relação negativa é encontrada na análise do uso do solo. Este padrão se repete na análise de atividade onde é encontrada a menor atividade no ponto 4 (ponto localizado em uma plantação de arroz). Este padrão pode ser influenciado pela redução de insetos devido ao uso de agrotóxicos (Wickramasinghe et al., 2003), mas também a dificuldade de encontrar as carcaças pode influenciar no resultado das buscas.

Durante o outono usualmente ocorre a drenagem da lavoura de arroz, sendo este o período em que novamente o local é intensivamente manejado para a colheita (Santiago et al., 2013), e desfavorável para os quirópteros buscarem alimento. Nesta estação a abundância de insetos associados a biomassa das pastagens e do campo tornam-se mais

atrativos, aumentando a atividade dos morcegos nestes ambientes e por consequência aumentando as fatalidades com as torres eólicas.

A relação negativa entre a distância das carcaças e a base das torres juntamente com a detecção de somente duas mortes após a distância de 60 metros revelam a suficiência do raio de buscas de morcegos para torres com altura máxima de 130 metros e pás com 50 metros de comprimento.

Outra informação importante revelada por este estudo é o primeiro registro de remoção de carcaças por *Anumbius annumbi* (cochicho), esta informação é importante, uma vez que os ninhos de cochicho e de outras aves que adornam seus ninhos com diferentes materiais devem ser inspecionados durante as metodologias de busca, visto que 8% das carcaças encontradas estavam nos ninhos. Estes ninhos além de carcaças de morcegos apresentavam carcaças ou pedaços de outras aves e anfíbios.

A taxa de fatalidade estimada (TFE) demonstrou que com uma busca mensal por torre o número de carcaças encontradas representa cerca de 2,5 a 5 por cento das mortes estimadas no período de um ano. A taxa de fatalidades estimadas por torre para o período de quatro anos ficou em 11,8 mortes, em média 2,9 mortes por torre ano. O valor estimado é considerado mediano em comparação com outros empreendimentos eólicos que apresentam baixa fatalidade de morcegos. Como exemplo temos o parque eólico de Altamont Pass (Califórnia), onde foi estimada uma taxa de fatalidade (TFE) de 0,15 morcegos/aerogerador/ano (NWCC, 2004), assim como no Parque Eólico de Vansycle (Oregon), com 38 aerogeradores do mesmo tipo (VESTAS V-47), a taxa de fatalidade estimada (TFE) foi de 0,4 morcegos/aerogerador/ano (Hotker et al., 2006). Outros parques apresentam a taxa de fatalidade estimada (TFE) mediana, como o Parque Eólico de Buffalo Mountain (Tennessee), onde foi estimada uma taxa de 2,3 morcegos/aerogerador/ano (Hotker et al., 2006).

No geral a atividade da comunidade de morcegos foi bem distribuída do pôr do sol até a meia noite. Este resultado pode ser associado a redução da temperatura ao longo da noite, principalmente no inverno quando toda a atividade ocorreu antes da meia noite, está provavelmente associada com a alimentação uma vez que é descrita uma associação positiva entre a atividade de insetos e a temperatura (Arbuthnott e Brigham, 2007). A intensa atividade no início da noite também pode ser atribuída ao período de jejum durante o dia, gerando uma intensa busca por alimento ao sair do abrigo e após a alimentação a redução da atividade ocasionada pelo retorno dos indivíduos aos abrigos (Hayes, 1997; Kunz, 1973).

Já o padrão bimodal encontrado na primavera pode estar relacionado com o retorno ao abrigo para a alimentação dos filhotes e posterior saída do abrigo, este padrão com dois picos de atividade (um no início da noite e outro após a meia noite) já é registrado em diferentes biomas: pradaria, savanas e floresta tropical (Kunz, 1973; Taylor e O'Neill, 1988; Hayes, 1997; Meyer et al., 2004). Durante o verão e outono, como o período escuro do dia é reduzido e as temperaturas elevadas são mais constantes a atividade da comunidade mostrou-se constante ao longo da noite. Estes resultados demonstram que qualquer medida proposta relativa ao conjunto atividade e fatalidade deve contemplar todo o período noturno.

Os modelos utilizados revelaram uma relação negativa entre a atividade da comunidade de quirópteros e a temperatura média como também para a pressão atmosférica, diferente do apresentado por González (2013). Este resultado pode estar sendo influenciado fortemente pelo registro atípico nos dados de 159 registros de atividade em 3 horas a uma temperatura de 11°C, temperatura mínima em que foi registrada atividade de quirópteros. Mesmo com este resultado 83% da atividade foi registrada entre 15°C e 22°C, com o pico de registros de atividade (n = 323) a 18,5°C, semelhante ao apresentado por González (2013).

Os modelos curiosamente revelaram uma relação positiva da atividade em relação a velocidade dos ventos, diferente do apresentado por uma série de estudos (Gaisler et al., 1998; Nicholls e Racey, 2006; Russo e Jones, 2003, Atienza et. al, 2011) que encontraram relação negativa entre atividade de quirópteros e a velocidade do vento. Futuros trabalhos devem gravar a comunidade de quirópteros na altura de rotação das pás (cerca de 100 metros de altura) e ao mesmo tempo próximo do solo (Collins e Jones, 2009), uma vez que com maiores velocidades de vento os morcegos e suas presas podem estar voando mais próximos do solo aumentando os registros em gravadores próximos do solo.

No hemisfério norte uma série de trabalhos tornam públicos os dados sobre amostragens em parques eólicos (Hayes, 1997; Meyer et al., 2004, Atienza et. al, 2011, Amorim, 2009; González et al., 2013) estes dados acabam por embasar planos de trabalho e avaliação de impacto das torres sobre as comunidades de morcegos, no Brasil o presente trabalho vem a somar-se com Barros et al. (2015) e Ramos Pereira et al. (2017) no pioneirismo da divulgação de metodologias e práticas utilizadas na região Neotropical.

Este tipo de estudo que visa conciliar empreendimentos com a fauna nativa, tem origem nas demandas sociais e ambientais de países em crescimento e preocupados com uma expansão sustentável. Estas situações quando recebem a devida atenção provocam a

construção de conhecimentos que permitem a produção (de energia elétrica, por exemplo) com o menor impacto ambiental possível e até mesmo a conservação de grupos, como os quirópteros que participam na transferência de nutrientes em ecossistemas naturais e controlam populações de insetos de importância médica e econômica (Pierson, 1998; Cleveland et al., 2006).

Considerações finais

Futuros trabalhos buscando a investigação de padrões de atividade de quirópteros em parques eólicos na região sul do Brasil devem investigar a atividade em pontos fixos durante o licenciamento prévio, implantação e operação dos parques. Estes pontos devem abranger diferentes alturas para assim responder como os morcegos respondem a transformação do ambiente e como utilizam diferentes alturas em determinadas condições climáticas.

As buscas por carcaças em parques eólicos devem ocorrer no mínimo até 60 metros da base de cada torre, ao longo de todo o ano, uma vez que mesmo as fatalidades sendo registradas entre outubro e maio, em situações específicas, até mesmo durante o inverno ocorrem picos de atividade de morcegos. Também vale ressaltar a inspeção de ninhos de aves que adornam-os com diferentes tipos de materiais.

De acordo com os dados obtidos o melhor cenário possível para a instalação de novos parques seria um local com distância superior a 4 km de centros urbanizados com predominância de campos.

Propostas de mitigação das mortes de morcegos na região do estudo, através da programação das torres para a parada em certas condições devem estar baseados em critérios mínimos como o intervalo ideal de temperatura para a atividade (15°C – 22°C) onde ocorre 83% da atividade e a distribuição sazonal das mortes, aplicando as medidas nos meses entre dezembro e março.

Em relação a parada de máquinas, podemos ainda assumir que a conciliação entre a produção de energia e a redução do número de mortes de morcegos pode levar em conta a velocidade do vento. Se tomarmos como referência os padrões encontrados no hemisfério norte, 90% da atividade na altura das pás e das mortes de quirópteros ocorrem em velocidades de vento inferiores a 5 m/s. Paradas programadas de máquinas neste intervalo

de velocidade podem reduzir os impactos e pouco interferem financeiramente, uma vez que as torres produzem pouca ou nenhuma energia nestas condições (Amorim et al., 2009).

5. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente as minhas orientadoras Larissa de Oliveira e Maria João Ramos Pereira, pela paciência e pelas dicas e conselhos que nortearam este trabalho e enriqueceram a minha formação acadêmica.

Agradeço também a Eólicas do Sul pela parceria e confiança, vocês sempre foram muito prestativos permitindo a utilização dos dados de campo e cedendo gentilmente dados meteorológicos.

A Ardea na pessoa da diretora geral Aurélea Mader, agradeço por ter acreditado que este trabalho seria possível e por toda a compreensão durante o período de mestrado.

Não poderia esquecer as pessoas que com seu conhecimento e trabalho foram parceiras desta dissertação: Adriana Arias-Aguilar e Cintia da Costa muito obrigado por ajudarem na utilização dos softwares de bioacústica; muito obrigado Flávia Tirelli pela ajuda com os gráficos circulares; muito obrigado Filipe Pereira pelas longas caminhadas em torno das torres e pelo “esconde-esconde” com as carcaças; Jéssica Bandeira tua ajuda com as tabelas e formatação, facilitaram muito a conclusão deste trabalho e Marlon Ferraz tu é fera com os mapas.

Aos colegas do LEM o meu muito obrigado por todas as tardes de convivência e pelos muitos cafés “fuertes” compartilhados.

Por fim gostaria de agradecer à CAPES, que mesmo enfrentando todas as dificuldades conhecidas está contribuindo para a formação de novos pesquisadores, sem a bolsa não seria possível esta conquista.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEólica, 2017. Associação Brasileira de Energia Eólica. Disponível em <http://www.abeeolica.org.br/noticias/brasil-chega-a-marca-de-11-gw-deenergia-eolicaem-capacidade-instalada/>. [8 de maio de 2017].

Akasaka T., Nakano D., Nakamura F., 2009. Influence of prey variables, food supply, and river restoration on the foraging activity of Daubenton's bat (*Myotis daubentonii*) in the Shibetsu River, a large lowland river in Japan. *Biol. Conserv* 142, 1302-1310.

Amarante O.A.C., Brower M., Zack J., AL DE SÁ, 2001. Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. MME. Brasília. 44p.

Arbuthnott D., Brigham R. M., 2007. The influence of a local temperature 410 inversion on the foraging behaviour of big brown bats, *Eptesicus fuscus*. *Acta Chiropterologica* 9(1): 193–201.

Arias-Aguilar A., Hintze F., Aguiar L. M. S., Rufray V., Bernard E., Pereira M. J. R., 2018. Who's calling? Acoustic identification of Brazilian bats. *Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Bia*.

Arnett E.B., Brown W.K., Erickson W.P., 2008. Patterns of bat fatalities at wind energy facilities in North America. *J. Wildl Manage* 72(1):61–78.

Atienza J.C., Fierro M., Isabel, Infante, Octavio, Valls, Del Valle J., Del Valle D., Jon., 2011. Directrices para la evaluación del impacto de los parques eólicos en aves y murciélagos (versión 3.0).

Baerwald E.F., Edworthy J., Holder M., Barclay R.M.R., 2009. A Large-Scale Mitigation Experiment to Reduce Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. *The Journal of Wildlife Management*. 73 (7): 1077-1081.

Barros M.A., Magalhães R.G., Rui, A.M., 2015. Species composition and mortality of bats at the Osório Wind Farm, southern Brazil. *Studies on Neotropical Fauna and Environment. Publicação Online*.

Belton W., 1994. Aves do Rio Grande do Sul: Distribuição e biologia. São Leopoldo: UNISINOS. 584 p.

Bernard E., Aguiar L.M.S., Brito D., Cruz-Neto A.P., Gregorin R., Machado R.B., Oprea M., Paglia A.P., TAVARES V.C., 2012. Uma análise de horizontes sobre a conservação de morcegos no Brasil. Pp. 19-35, In: Freitas T.R.O., Vieira E.M. (Eds). *Mamíferos do*

Brasil: Genética, Sistemática, Ecologia e Conservação, vol II. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Mastozoologia, 2012. ISBN 978-85-63705-01-3.

Bernard E., Aguiar L.M.S., Machado R.B., 2011. Discovering the Brazilian bat fauna: A task for two centuries. *Mammal Review*, 41: 23-39.

Bernard E., Paese A., Machado R.B., Aguiar L.M.S., 2014. Blown in the wind: bats and wind farms in Brazil. *Natureza & Conservação*.

Bioacoustics Research Program, 2017. Raven Pro: Interactive Sound Analysis Software (Version 1.5) [Computer software]. Ithaca, NY: The Cornell Lab of Ornithology. Available from <http://birds.cornell.edu/raven>.

Brooks R.T., 2009. Habitat-associated and temporal patterns of bat activity in a diverse forest landscape of southern New England, USA. *Biodivers Conserv* 18:529–545.

Burnham K.P., Anderson D.R., 2002. *Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach* (2nd ed).

Collins J., Jones G., 2009. Differences in bat activity in relation to bat detector height: implications for bat surveys at proposed windfarm sites. *Acta Chiropterologica*, 11: 343–350.

Cleveland C.J., Betke M., Federico P., Frank J.D., Hallam T.G., Horn J., López JR, J.D., McCracken G.F., Medellín R.A., Moreno V. A., Sansone C.G., Westbrook J.K., Kunz T.H., 2006. Economic value of the pest control service provided by Brazilian free-tailed bat in south-central Texas. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4:238-243.

Dejong J., Ahlén, I., 1991. Factors affecting the distribution pattern of bats in Upland central Sweden. *Holarc. Ecol.* 14, 92-96.

Drescher C., 2004. Radiotracking of *Myotis myotis* (Quiróptera, Vespertilionidae) in South Tyrol and implications for its conservation. *Mammalia*, 450 68(4): 395.

Efe M. A., Mohr L. V., Bugoni L., 2001. *Guia ilustrativo das aves dos Parques de Porto Alegre*. Porto Alegre: PROAVES, SMAM, COPEL, CEMAVE.

Erickson W.P., Jeffrey J., Kronner K., Bay K., 2004. Stateline wind project wildlife monitoring final report, July 2001–December 2003. Technical report peer-reviewed by a submitted to FPL Energy, the Oregon Energy Facility Siting Council, and the Stateline Technical Advisory Committee. 105 pp.

- Erin F., Baerwald E. F., Edworthy J., Holder M., Barclay R. M. R., 2009. A Large-Scale Mitigation Experiment to Reduce Bat Fatalities at Wind Energy Facilities. *The Journal of Wildlife Management*, Vol. 73, No. 7 (Sep., 2009), pp. 1077-1081.
- Fabián M.E., Marques R.V., 1996. Aspectos do comportamento de *Tadarida brasiliensis brasiliensis* (I. Geoffroy, 1824) (Quiróptera, Molossidae) em ambiente urbano. *Biociências*, 4(1): 65-86.
- Fauvel M., Dechesne C., Zullo A., Ferraty F., 2015. Fast forward feature selection of hyperspectral images for classification with gaussian mixture models. *Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, IEEE Journal*, 8(6), pp.2824- 2831.
- Franco A.D., Rui A.M., 2011. Uso de abrigo e composição de colônia de *Tadarida brasiliensis* (Quiróptera, Molossidae) no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: X Congresso de Ecologia do Brasil, 2011, São Lourenço – MG. X Congresso de Ecologia do Brasil.
- Gaisler J., Zupal J., Rehak Z., Homolka M., 1998. Habitat preference and flight activity of bats in a city. *J. Zool.* 244, 439–445.
- González F., Alcalde J.T., Ibáñez C., 2013. Directrices básicas para el estudio del impacto de instalaciones eólicas sobre poblaciones de murciélagos en España. *SECEMU. Barbastella*, 6 (núm. especial): 1-31.
- Grindal S.D., Morissette J.L., Brigham R.M., 1999. Concentration of bat activity in riparian habitats over an elevational gradient. *Can J Zool* 77:972–977.
- Hagen E.M., Sabo J.L., 2011. A landscape perspective on bat foraging ecology along rivers: Does channel confinement and insect availability influence the response of bats to aquatic resources in riverine landscapes? *Oecologia* 166:751–760.
- Hammer O., Harper D.A.T, Ryan P.D., 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Hayes J.P., 1997. Temporal variation in activity of bats and the design of echolocation monitoring studies. *Journal of Mammalogy*, 78:514-524. IBGE. 2004. Mapa de Biomas do Brasil. Ministério do Meio ambiente (MMA), Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
- Hotker H. et al., 2006. Impacts on biodiversity of exploitation of renewable energy sources: the example of birds and bats: facts, gaps in knowledge, demands for further research, and ornithological guidelines for the development of renewable energy exploitation, Bergenhusen, Michael-Otto-Institut.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Manuais – Tutorial de geoprocessamento. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em 20 out. 2018.

Jain A., Kerlinger P., Curry R., Slobodnik L., 2007. Annual report for the Maple Ridge wind power project post-construction bird and bat fatality study – 2006. Annual report prepared for PPM Energy and Horizon Energy, Curry and Kerlinger LLC, Cape May Point, New Jersey.

Jain A., Kerlinger P., Curry R., Slobodnik L., 2008. Annual Report for the Maple Ridge Wind Power Project Postconstruction Bird and Bat Fatality Study – 2007. Prepared for PPM Energy and Horizon Energy and Technical Advisory Committee (TAC) for the Maple Ridge Project Study.

Jain A., Kerlinger P., Curry R., Slobodnik L., 2009a. Annual Report for the Maple Ridge Wind Power Project Postconstruction Bird and Bat Fatality Study – 2008. Prepared for PPM Energy and Horizon Energy and Technical Advisory Committee (TAC) for the Maple Ridge Project Study.

Jain A., Kerlinger P., Curry R., Slobodnik L., Quant J., Pursell D., 2009b. Annual Report for the Noble Bliss Windpark, LLC Postconstruction Bird and Bat Fatality Study – 2008. Prepared for Noble Environmental Power, LLC.

Jain A., Kerlinger P., Curry R., Slobodnik L., Histed J., Meacham J., 2009c. Annual Report for the Noble Clinton Windpark, LLC Postconstruction Bird and Bat Fatality Study – 2008. Prepared for Noble Environmental Power, LLC.

Jain A., Koford R.R., Hancock A.W., Zenner G.G., 2011. Bat Mortality and Activity at a Northern Iowa Wind Resource Area. *The American Midland Naturalist* 165(1):185-200.

Kerns J., Kerlinger P., 2004. A study of bird and bat collision fatalities at the Mountaineer Wind Energy Center, Tucker County, West Virginia. Annual report for 2003. Curry and Kerlinger, LLC, McLean, Virginia, USA.

Kunz T.H., Arnett E.B., Cooper B.M., Erickson W.P., Larkin R.P., Mabee T., Morrison M.L., Strickland M.D., Szewczak J.M., 2007a. Assessing impacts of wind-energy development on nocturnally active birds and bats: A guidance document. *J. Wildl anage* 71(8):2449-2486.

Kunz T.H., Arnett E.B., Erickson W.P., 2007b. Ecological impacts of wind energy development on bats: questions, research needs, and hypotheses. *Front Ecol Environ* 5(6):315–324.

Kusch J., Wesber C., Idelberger S., Koob T., 2004. Foraging habitat preferences of bats in relation to food supply and spatial vegetation structures in a western European low mountain range forest. *Folia Zool* 53:113–128.

Law B., Chidel M., 2002. Tracks and riparian zones facilitate the use of Australian regrowth forest by insectivorous bats. *J Appl Ecol* 39:605–617.

MacSwiney G.M.C, Clarke F.M., Racey P.A., 2008. What you see is not what you get: The role of ultrasonic detectors in increasing inventory completeness in Neotropical bat assemblages. *J Appl Ecol* 45:1364–1371.

Meyer C.F.J., Schwarz C.J., Fahr J., 2004. Activity patterns and habitat preferences of insectivorous bats in a West African forest-savanna mosaic. *Journal of Tropical Ecology*, pp. 397–407.

Nicholls B., Racey P.A., 2006. Habitat selection as a mechanism of resource partitioning in two cryptic bat species *Pipistrellus pipistrellus* and *Pipistrellus pygmaeus*. *Ecography* 29, 697–708.

NWCC, 2004. Wind Turbine Interactions with Birds and Bats: A Summary of Research Results and Remaining Questions, Fact Sheet: Second Edition, National Wind Coordinating Committee, 7p.

O'Farrell M.J., Gannon W.L., 1999. A Comparison of Acoustic versus Capture Techniques for the Inventory of Bats. *J Mammal* 80:24–30.

Ochoa G.J, O'Farrell M.J., Miller B.W., 1999. Contribution of Acoustic Methods to the Study of Insectivorous Bat Diversity in Protected Areas from Northern Venezuela, Abstracts Presented at the 29th NA Symposium on Bat Research. *Bat Res. News* 40:184.

Pacheco S.M., Sodr  M., Gama A.R., Bredt A., Sanches E.M.C., Marques R.V., Guimar es M.M., Bianconi G., 2010. Morcegos Urbanos: Status do Conhecimento e Plano de A o para a Conserva o no Brasil. *Quir ptera Neotropical*. 16:629–647.

Pereira M.J.R, Fonseca C., Aguiar L.M.S, 2018. Loss of multiple dimensions of bat diversity under land-use intensification in the Brazilian Cerrado. *Hystrix, the Italian Jour. Of Mamm.* 29 (1): 25-32.

Pereira B.W.D.F., Maciel M.D.N.M., Oliveira F.D.A., Alves M.A.M.D.S., Ribeiro A.M., Ferreira B.M., RIBEIRO E.G.P., 2016. Land use and water quality degradation in the Peixe-Boi River watershed. *Revista Ambiente & Água* 11(2), 472-485.

Pettorelli N., Ryan S., Mueller T., Bunnefeld N., Jedrzejewska B., Lima M., Kausrud K., 2011. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Unforeseen 520 successes in animal ecology. *Climate Research* 46(1): 15–27.

Pierson E.D., 1998. Tall Trees, Deep Holes, and Scarred Landscapes – Conservation Biology of North American Bats. *In: Bat Biology and Conservation: Kunz, T.H. & Racey, O. A. (Eds.). Washington:Smithsonian Institution Institution Press. 309-325 pp.*

Prakash C. R., Asra M., Venkatesh J., Sreedevi B., 2015. Monitoring Urban Land-Cover Features using Resourcesat LISS-III Data. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS* 4(1), pp-1064.

Presley, S. J., M. R. Willig, I. Castro-Arellano and S. C. Weaver (a). 2009. Effects of habitat conservation on temporal activity patterns of Phyllostomid bats in lowland Amazonian rain forest. *Journal of Mammalogy*, 90(1): 210–221.

Racey P.A., Swift S.M., 1985. Feeding ecology of *Pipistrellus pipistrellus* (Quirópteran: Vespertilionidae) during pregnancy and lactation. 1. Foraging behaviour. *Journal of Animal Ecology* 54:205-205.

Rainho A., Augusto A.M., Palmeirim J.M., 2010. Influence of vegetation clutter on the capacity of ground foraging bats to capture prey. *J Appl Ecol* 47:850–858.

Rambo B., 2000. A fisionomia do Rio Grande do Sul. São Leopoldo: Editora Unisinos.
Ramos Pereira M.J., Barros M., Chaves T.S., Rui A.M., Dotto J.C., Braun A., Barbosa J., Bernard E., Aguiar L.M.S., Kindel A., Sana D.A., 2017. Guidelines for consideration of bats in environmental impact assessment of wind farms in Brazil: a collaborative governance experience from Rio Grande do Sul. *Oecologia Australis* 21: 232-255.

Ramos Pereira M.J., Barros M., Chaves T.S., Rui A.M., Dotto J.C., Braun A., Barbosa J., Bernard E., Aguiar L.M.S., Kindel A., Sana D.A., 2017. Guidelines for consideration of bats in environmental impact assessment of wind farms in Brazil: a collaborative governance experience from Rio Grande do Sul. *Oecologia Australis* 21: 232-255.

Reis N. R., Peracchi A.L., Pedro W.A., Lima I.P., 2007. *Morcegos do Brasil*. Universidade de Londrina. 441pp.

Ribeiro M.C., Metzger J.P., Martensen A.C., Ponzoni F.J., Hirota M.M., 2009. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biol. Conserv.* 142(6):1141-1153.

Rodrigues L., Bach M.J., Dubourg-Savage B., Karapandza D., Kovac T., Kervyn, J., Dekker A., Kepel P., Bach J., Collins C., Harbusch K., Park B., Micevski J., Minderman, 2015. Guidelines for consideration of bats in Wind farm projects – Revision 2014. EUROBATs Publication Series No. 6 (English Version). UNEP/EUROBATs Secretariat Bonn, Germany. 133 pp.

Rogers S.E., 1978. Environmental studies related to the operation of wind energy conversion systems. Washington: National Technical Information Service.

Russell A. L., Turmelle A. S., Brown V. A., McCracken G. F., 2005. Extremely variable di and tetranucleotide microsatellite loci in Brazilian free-tailed bats (*Tadarida brasiliensis*). *Molecular Ecology Notes*, 5, 669–671.

Russo D., Jones G., 2003. Use of foraging habitats by bats in a Mediterranean area determined by acoustic surveys: conservation implications. *Ecography (Cop.)*. 26, 197–209.

Santiago C.M, Breseghello H.C.P., Ferreira C.M., 2013. Arroz: o produtor pergunta, a Embrapa responde – 2. ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa. 245 p. : il. – (Coleção 500 Perguntas, 500 Respostas).

Sierra-cobo J., Lopez-roig M., Marques-bonet T., Lahuerta E., 2000. Rivers as possible landmarks in the orientation flight of *Miniopterus schreibersii*. *Acta Theriol* 45, 347-352.

Sleep D.J.H., Brigham R.M., 2003. An experimental test of clutter tolerance in bats. *J. Mammal* 84:216–224.

Taylor D.A.R., 2006. Forest Management and Bats. *Bat Conservation International*, 16p.

Walsh A.L., Harris S., 1996. Foraging habitat preferences of Vespertilionid bats in Britain. *J Appl Ecol* 33, 508-518.

Wang J., Gao W., Wang L., Metzner W., Ma J., Feng J., 2010. Seasonal variation in prey abundance influences habitat use by greater horseshoe bats (*Rhinolophus ferrumequinum*) in a temperate deciduous forest. *Can. J. Zool.* 88, 315-323.

Wickramasinghe L.P., Harris S., Jones G., Vaughan N., 2003. Bat activity and species richness on organic and conventional farms: impact of agricultural intensification. *J Appl Ecol* 40, 984-993.

WIKIAVES. Cochicho. Disponível em: <http://www.wikiaves.com.br/cochicho>. [Junho de 2018].

MATERIAL SUPLEMENTAR

Tabela 2: Regressão realizada com os dados coletados nas primaveras entre 2014 e 2018. Análise sazonal da relação entre as mortes observadas e as variáveis de uso do solo e distância para o centro urbano, onde ocorreu relação significativa entre as mortes e a área com campo, solo e a distância para a cidade.

Uso do solo	Coeff.	Std.err.	<i>t</i>	<i>P</i>	R ²
Constant	0,59548	0,12985	4,5860	0,0000	
Arroz	-2,03E-06	1,98E-06	-1,0250	0,3058	0,0011
Água	-2,94E-06	3,59E-06	-0,8196	0,4128	0,0005
Campo	-2,13E-06	9,30E-07	-2,2862	0,0227	0,0034
Solo	-1,87E-06	9,43E-07	-1,9815	0,0481	0,0001
Pastagem	1,83E-06	3,15E-06	0,5802	0,5620	0,0014
Distância para a cidade (Km)	-0,03061	0,008282	-3,6959	0,0002	0,0259

*Resultados com diferenças significativas em negrito. $p < 0,05$

Tabela 3: Regressão realizada com os dados coletados nos verões entre 2014 e 2018.

Análise sazonal da relação entre as mortes observadas e as variáveis de uso do solo e distância para o centro urbano, onde ocorreu relação significativa entre as mortes e a área com campo, solo e a distância para a cidade.

Uso do solo	Coeff.	Std.err.	<i>t</i>	<i>P</i>	R ²
Constant	1,2402	0,25909	4,7868	2,22E-06	
Arroz	-3,59E-06	1,88E-06	-1,9052	0,057316	0,006184
Água	1,63E-07	6,46E-06	0,025252	0,97986	1,85E-05
Campo	-1,58E-07	2,91E-07	-0,54362	0,58694	7,03E-05
Solo	3,34E-10	3,70E-10	0,90115	0,36794	0,001512
Pastagem	7,28E-05	0,000143	0,50944	0,61066	0,000212
Distância para a cidade (Km)	-0,08983	0,028888	-3,1095	0,001979	0,017186

*Resultados com diferenças significativas em negrito. $p < 0,05$

Tabela 4: Regressão realizada com os dados coletados nos outonos entre 2014 e 2018. Análise sazonal da relação entre as mortes observadas e as variáveis de uso do solo e distância para o centro urbano, onde ocorreu relação significativa entre as mortes e a área com campo, solo e a distância para a cidade.

Uso do solo	Coeff.	Std.err.	<i>t</i>	<i>P</i>	R ²
Constant	0,05971	0,02025	2,9487	0,003338	
Arroz	-1,12E-07	3,60E-07	-0,30958	0,757	0,000123
Água	-1,55E-07	4,91E-07	-0,31545	0,75255	0,000329
Campo	-2,22E-10	8,49E-11	-2,6145	0,009201	2,82E-05
Solo	4,29E-08	1,48E-07	0,28897	0,77272	2,08E-06
Pastagem	1,53E-06	5,28E-07	2,8927	0,003983	0,002471
Distância para a cidade (Km)	-0,0056	0,002318	-2,4171	0,015995	0,008994

*Resultados com diferenças significativas em negrito. $p < 0,05$

ANEXO 1. Coeficientes e estimativas dos melhores modelos selecionados ($\Delta AIC < 2$) para explicar a atividade de morcegos. Variáveis preditoras: temperatura (temp), pressão atmosférica (press), umidade relativa (umi), velocidade do vento (velvent) médias de cada hora das noites amostradas, e direção do vento predominante nessa hora (dirvent: NE - nordeste, NW - noroeste, SE - sudeste, S – sul, W - oeste).

		Modelo 1				Modelo 2				Modelo 3			
Variável dependente	Variável preditora	Estimativa	Erro padrão	Valor de z	Pr(>[z])	Estimativa	Erro padrão	Valor de z	Pr(>[z])	Estimativa	Erro padrão	Valor de z	Pr(>[z])
Atividade	Intercepto	9.69	4.55	2.13	0.03	14.94	5.88	2.53	0.01	1.71	0.19	8.92	0.00
	umi	-				-0.00	0.00	-1.41	0.16	-			
	press	-0.01	0.00	-1.76	0.08	-0.01	0.00	-2.25	0.02	-			
	temp	-0.05	0.01	-5.45	0.00	-0.05	0.00	-5.62	0.00	-0.04	0.01	-5.14	0.00
	velvent	0.03	0.01	3.43	0.00	0.03	0.00	3.41	0.00	0.03	0.00	3.60	0.00
	dirventNE	-0.18	0.07	-2.39	0.02	-0.17	0.07	-2.27	0.02	-0.15	0.07	-2.12	0.03
	dirventNW	-0.57	0.13	-4.34	0.00	-0.60	0.13	-4.50	0.00	-0.53	0.13	-4.06	0.00
	dirventSE	-0.52	0.11	-4.87	0.00	-0.53	0.11	-5.00	0.00	-0.52	0.11	-4.82	0.00
	dirventS	0.41	0.10	-4.34	0.00	-0.45	0.10	-4.56	0.00	-0.39	0.09	-4.16	0.00
dirventW	-0.92	0.12	-7.81	0.00	-0.96	0.12	-7.92	0.00	-0.87	0.11	-7.60	0.00	

