



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA
CÂMPUS DE ARAÇATUBA

GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

**Fauna atropelada do Estado de São Paulo – Estudo de
caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções**

**Araçatuba
2022**

GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

Fauna atropelada do Estado de São Paulo – Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

Tese apresentada à Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Márcia Marinho
Coorientadora: Dr.^a Cristina Harumi Adania

**Araçatuba
2022**

R175f Ramos, Gabriela Cortellini Ferreira
Fauna atropelada do Estado de São Paulo – Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções / Gabriela Cortellini Ferreira Ramos. – Araçatuba, 2022
128 f. : il., tabs., fotos, mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba
Orientadora: Márcia Marinho
Coorientadora: Cristina Harumi Adania

1. Acidentes de trânsito. 2. Animais selvagens. 3. Biodiversidade. 4. Ecologia. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Medicina Veterinária, Araçatuba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Fauna atropelada do Estado de São Paulo - Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

AUTORA: GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

ORIENTADORA: MÁRCIA MARINHO

COORIENTADORA: CRISTINA HARUMI ADANIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MÁRCIA MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO DINIZ GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. KARIN WERTHER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Dra. FERNANDA DELBORGO ABRA (Participação Virtual)
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Araçatuba, 01 de junho de 2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Fauna atropelada do Estado de São Paulo - Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

AUTORA: GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

ORIENTADORA: MÁRCIA MARINHO

COORIENTADORA: CRISTINA HARUMI ADANIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MÁRCIA MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Campus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO DINIZ GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. KARIN WERTHER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Dra. FERNANDA DELBORGO ABRA (Participação Virtual)
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Araçatuba, 01 de junho de 2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Fauna atropelada do Estado de São Paulo - Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

AUTORA: GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

ORIENTADORA: MÁRCIA MARINHO

COORIENTADORA: CRISTINA HARUMI ADANIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MÁRCIA MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Campus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO DINIZ GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. KARIN WERTHER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Dra. FERNANDA DELBORGO ABRA (Participação Virtual)
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Araçatuba, 01 de junho de 2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Fauna atropelada do Estado de São Paulo - Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

AUTORA: GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

ORIENTADORA: MÁRCIA MARINHO

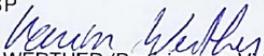
COORIENTADORA: CRISTINA HARUMI ADANIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MÁRCIA MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO DINIZ GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP


Profa. Dra. KARIN WERTHER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Dra. FERNANDA DELBORGO ABRA (Participação Virtual)
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Araçatuba, 01 de junho de 2022.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Araçatuba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título: Fauna atropelada do Estado de São Paulo - Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções

AUTORA: GABRIELA CORTELLINI FERREIRA RAMOS

ORIENTADORA: MÁRCIA MARINHO

COORIENTADORA: CRISTINA HARUMI ADANIA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em CIÊNCIA ANIMAL, área: Medicina Veterinária Preventiva e Produção Animal pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. MÁRCIA MARINHO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Campus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. SÉRGIO DINIZ GARCIA (Participação Virtual)
Departamento de Clínica, Cirurgia e Reprodução Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Prof. Dr. MANOEL GARCIA NETO (Participação Virtual)
Departamento de Produção e Saúde Animal / Faculdade de Medicina Veterinária - Câmpus de Araçatuba/UNESP

Profa. Dra. KARIN WERTHER (Participação Virtual)
Departamento de Patologia Veterinária / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal/UNESP

Dra. FERNANDA DELBORGO ABRA (Participação Virtual)
Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Araçatuba, 01 de junho de 2022.

Aos meus pais, que, independente das dificuldades, me apoiaram e me incentivaram a chegar até aqui.

Ao meu marido que esteve comigo, me apoiando e me ajudando nos momentos mais difíceis.

E toda minha família, estando presente em todos os momentos.

Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente aos meus pais que me ajudaram estando sempre presentes nos bons e maus momentos, me apoiando e me incentivando a continuar.

A paciência e apoio do meu marido, que foi fundamental durante todo esse tempo.

Agradeço a minha família, que mesmo de longe estavam torcendo por mim.

Sem a aceitação da minha orientadora, Dr.^a Márcia Marinho, nada disso teria sido possível. Obrigada pelas broncas, cobranças, mas principalmente por ter sido muito competente, estando sempre disposta a me ajudar, dispondo de seu conhecimento, e colocando em prática todo o lado professora/amiga.

A minha co-orientadora Dr.^a Cristina Harumi Adania, que dispôs do seu tempo e sabedoria para me auxiliar sempre que preciso.

Ao mestre Matheus Janeck Araujo que foi meu braço direito, auxiliando em todas as etapas do projeto.

Obrigada, Associação Mata Ciliar e equipe responsável pelo banco de dados pela parceria e liberação dos dados.

E por fim, agradeço a banca da qualificação e defesa, professores Márcia Márinho, Marcos Franke, Sérgio Diniz Garcia, Manoel Garcia Neto, Karin Werther e Fernanda Delborgo Abra que dispuseram de seu tempo para comigo, e foram fundamentais na finalização desse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Chegará o tempo em que o homem conhecerá o íntimo de um animal e nesse dia todo crime contra um animal será um crime contra a humanidade.”

Leonardo da Vinci

RAMOS, G. C. F. **Fauna atropelada do Estado de São Paulo – Estudo de caso na Rodovia Marechal Rondon: Desafios e soluções**. 2022. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

RESUMO

As primeiras estradas teriam sido construídas aproximadamente 3000 a.C., e, a partir da década de 1920, no Brasil, o sistema rodoviário se transformou na principal rede de transporte terrestre. Os empreendimentos lineares são essenciais na infraestrutura necessária ao desenvolvimento econômico de um país, porém são responsáveis por vários impactos sociais e ambientais, como poluição sonora e luminosa, fragmentação de *habitats*, dispersão de espécies exóticas e a perda da fauna por atropelamento, sendo esse último, a causa direta da mortalidade de vertebrados silvestres mais evidente da fragmentação de *habitats*. A malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,7 milhão de quilômetros de extensão e uma frota de mais de 107 milhões de veículos, e, entre as diversas categorias de acidentes rodoviários, os acidentes provocados por animais representam a única categoria que demanda a indenização do usuário por parte do administrador rodoviário. Ao analisar os valores gastos com indenizações e o que seria gasto com infraestrutura, é observado que seria mais estratégico mitigar acidentes específicos envolvendo a fauna, do que ter que arcar com indenizações. As exigências de estudos sobre os impactos causados por grandes obras, dentre elas, as rodovias, abriu um novo campo de estudo, a Ecologia de Estradas, que envolve a função das estradas como ecossistemas, seus efeitos deletérios, e o gerenciamento desses empreendimentos. A chamada “fauna de estrada” pode servir como indicador da biodiversidade local, fornecer dados ecológicos sobre a história natural de algumas espécies, e revelar aspectos como o padrão de deslocamento e a dinâmica sazonal de algumas populações de espécies presentes na comunidade. Outro campo de estudo é a “Ecologia da Paisagem”, uma área de conhecimento que relaciona conceitos geográficos e biológicos para analisar a estrutura espacial da paisagem. Com estas informações pode-se avaliar o estágio de conservação local e estabelecer áreas prioritárias para proteção e manejo da fauna que utiliza rodovias

como parte de seu *habitat*. Visando à preservação da diversidade biológica e consequentemente o banco genético animal, torna-se necessária a adoção de medidas mitigatórias para conter o impacto à fauna. Pensando nessa problemática, estudos vêm tentando identificar os chamados *hotspots* de atropelamentos, que consistem em trechos das rodovias que apresentam o maior índice de acidentes envolvendo a fauna, e, por meio da identificação, é possível traçar medidas de mitigação a fim de minimizar os impactos às populações ou comunidades de animais silvestres. As medidas de mitigação visam basicamente restabelecer algum grau de conectividade para minimizar o efeito de barreira e impedir os atropelamentos em pontos mais suscetíveis, podendo ser intervenções estruturais, manejo de usuários e manejo biológico. O objetivo geral desse estudo foi identificar o impacto de um trecho da rodovia SP-300 sob a fauna local, e, a partir do conhecimento gerado, estabelecer estratégias de mitigação.

Palavras-chave: Acidentes de trânsito. Animais selvagens. Biodiversidade. Ecologia.

RAMOS, G. C. F. **Fauna run over in the State of São Paulo – Case study on the Marechal Rondon Highway: Challenges and solutions.** 2022. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência Animal, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Araçatuba, 2022.

ABSTRACT

The first roads would have been built approximately 3000 BC, and from the 1920s, in Brazil, the road system became the main land transport network. Linear projects are essential in the infrastructure necessary for the economic development of a country, but they are responsible for several social and environmental impacts, such as noise and light pollution, habitat fragmentation, dispersion of exotic species and the loss of fauna by trampling, the latter being , the most evident direct cause of wild vertebrate mortality from habitat fragmentation. The Brazilian road network is about 1.7 million kilometers long and has a fleet of more than 107 million vehicles, and, among the different categories of road accidents, accidents caused by animals represent the only category that demands compensation from the user by the road administrator. When analyzing the amounts spent on compensation and what would be spent on infrastructure, it is observed that it would be more strategic to mitigate specific accidents involving the fauna, than having to pay compensation. The demands of studies on the impacts caused by major works, including highways, opened a new field of study, the Ecology of Roads, which involves the role of roads as ecosystems, their deleterious effects, and the management of these projects. The so-called “road fauna” can serve as an indicator of local biodiversity, provide ecological data on the natural history of some species, and reveal aspects such as the pattern of displacement and the seasonal dynamics of some populations of species present in the community. Another field of study is “Landscape Ecology”, an area of knowledge that relates geographic and biological concepts to analyze the spatial structure of the landscape. With this information, it is possible to assess the stage of local conservation and establish priority areas for the protection and management of fauna that use roads as part of their habitat. In order to preserve biological diversity and consequently the animal genetic bank, it is necessary to adopt mitigating measures to contain the impact on fauna. Thinking about this problem, studies have been trying

to identify the so-called roadkill hotspots, which consist of stretches of highways that have the highest rate of accidents involving fauna, and, through identification, it is possible to outline mitigation measures in order to minimize the impacts to populations or communities of wild animals. Mitigation measures basically aim to re-establish some degree of connectivity to minimize the barrier effect and prevent trampling at more susceptible points, which can be structural interventions, user management and biological management. The general objective of this study was to identify the impact of a stretch of the SP-300 highway on the local fauna, and, based on the knowledge generated, to establish mitigation strategies.

Keywords: Traffic accidents. Wild animals. Biodiversity. Ecology.

LISTA DE FIGURAS

Introdução Geral

Figura 1 - Impactos ecológicos das estradas.	30
Figura 2 - Representação esquemática de a) fragmentação, b) prevenção, c) mitigação e d) compensação.	32
Figura 3 - Fluxograma do guia de procedimentos para mitigação de impactos sobre a fauna.	34
Figura 4 - Exemplos de passagens de fauna inferiores, sendo a) passagem de fauna em bueiro celular 1,5 x 1,5m, BR 101/RS, b) passagem de fauna construída com bueiro tubular, BR 471/RS, c) túnel para pequenos mamíferos com cercas direcionadoras e d) passagem inferior para cervídeos e grandes mamíferos.	39
Figura 5 - Duto subsuperficial para anfíbios, recoberto por grades.	40
Figura 6 - Ecoduto de Warande, em Bierbeek, Bélgica.	41
Figura 7 - Via de uso humano e faixa de vegetação em viaduto multiuso.	42
Figura 8 - Passagem instalada na sinalização da rodovia.	42
Figura 9 - a) Viaduto na rodovia RS 486 - Rota do Sol, Rio Grande do Sul; b) Rodovia dos Imigrantes, trecho de serra.	43
Figura 10 - Ponte Rio-Niterói.	43
Figura 11 - Esquema adaptado de BAKER, 1990, mostrando corte transversal de diferentes tipos de bueiros, sendo a) celular, b) circular, c) tubular em arco e d) arco.	44
Figura 12 - Cerca combinada de corços e barreira de som e ruído em um viaduto específico para caça no sul da França.	44
Figura 13 - Canteiro central ampliado.	45

Capítulo 1

- Figura 1 - Mapa da extensão da SP-300 analisada neste estudo, iniciando no município de Bauru/SP, km 336,5 (canto inferior direito), até o km 667,63, no município de Castilho/SP (canto superior esquerdo). 57
- Figura 2 - Número de óbito, de acordo com o grupo, solitário (1), par (2), grupo (3) e grupo (4) dos animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr), em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 60
- Figura 3 - Grupo 1: famílias com 100 a 1000 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 63
- Figura 4 - Grupo 2: famílias com 20 a 60 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 64
- Figura 5 - Grupo 3: famílias com 10 a 20 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 64
- Figura 6 - Grupo 4: famílias com 1 a 10 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 65
- Figura 7 - Número de animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito de acordo com a estação do ano, em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 66
- Figura 8 - Mapa de densidade de Kernel do número global de mamíferos atropelados na Rodovia SP-300 (Marechal Rondon), no período de 2018 a 2021. 67
- Figura 9 - Representação dos Hotspots e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 68

- Figura 10 - Representação dos Hotspots e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 68
- Figura 11 - Representação dos Hotspots e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 69
- Figura 12 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 69
- Figura 13 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 70
- Figura 14 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 70
- Figura 15 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos

silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 71

Figura 16 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 71

Figura 17 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 72

Figura 18 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 72

Figura 19 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 73

Figura 20 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 73

Figura 21 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. ,

relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 74

Figura 22 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 74

Figura 23 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 75

Figura 24 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 75

Figura 25 - Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. , long. , relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021. 76

Figura 26 - Panfleto educativo contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista. 76

Capítulo 2

- Figura 1 - Mapa da extensão da SP-300 analisada neste estudo, iniciando no município de Bauru/SP, km 336,5 (canto inferior direito), até o km 667,63, no município de Castilho/SP (canto superior esquerdo). 96
- Figura 2 - Quantidade de capivaras envolvidas em ocorrências, de acordo com a estação do ano (2019 e 2020). 98
- Figura 3 - Quantidade de capivaras envolvidas em ocorrências de acordo com o período do dia: a) Matutino 06h00min-11h59min horas, Vespertino 12h00min-17h59min, Noturno 18h00min-23h59min e Madrugada 00h00min-05h59min, nos anos de 2019 e 2020 e b) período resumido. 99
- Figura 4 - Mapa de densidade de Kernel do número global de capivaras envolvidas em ocorrências, nos anos de 2019-2020. 100
- Figura 5 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -49,839037, -21,631727. 101
- Figura 6 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,082647, -21,442313. 101
- Figura 7 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,237290, -21,393035. 102
- Figura 8 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,407624, -21,265564. 102

- Figura 9 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,430158, -21,245596. 103
- Figura 10 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,559701, -21,200233 e -50,576478, -21,200562. 103
- Figura 11 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,647303, -21,207355. 104
- Figura 12 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,695396, -21,214723. 104
- Figura 13 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,796205, -21,204986. 105
- Figura 14 - Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -51,464680, -20,847031. 105
- Figura 15 - Panfleto educativo contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista. 106

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1

- Tabela 1 - Número de animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr), em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 59
- Tabela 2 - Riqueza de espécies e taxa de atropelamento (ind./km/dia) anual. 60
- Tabela 3 - Ordem e Número Global de Animais (NGA) envolvidos em EOTs, em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 61
- Tabela 4 - Espécies envolvidas em EOTr(s) com algum grau de preocupação nas listas de extinção a nível estadual (Decreto Nº 63.853, de 27 de nov. 2018 (SP), nível nacional (Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção, 2018) e a nível mundial (IUCN) em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021. 62

LISTA DE ABREVIATURAS

AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANTT	Agência Nacional de Transportes Terrestres
APP	Área de Preservação Permanente
ARTESP	Agência de Transporte do Estado de São Paulo
CBEE	Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas
CNT	Confederação Nacional do Transporte
CR	Criticamente em Perigo
DD	Dados Insuficientes
DNER	Departamento Nacional de Estradas e Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
EN	Em Perigo
EOTr	Evento Operacional de Trânsito
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IUCN	International Union for Conservation of Nature's
LC	Menos Preocupante
NT	Quase Ameaçada
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PROFAS	Programa Federal de Rodovias Ambientalmente Sustentáveis
RE	Regionalmente Extinto
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
VU	Vulnerável

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	27
1.1 História	27
1.2 Impactos ambientais	28
1.3 Malha Rodoviária	28
1.4 Atropelamento de fauna	29
1.5 Legislação	31
1.6 Estudos	35
1.7 Medidas de mitigação	36
1.7.1 Intervenções estruturais	39
1.7.1.1 Passagens inferiores	39
1.7.1.2 Passagens inferiores multiuso	40
1.7.1.3 Túneis para anfíbios e répteis	40
1.7.1.4 Ecodutos	41
1.7.1.5 Passagens superiores e multiuso	41
1.7.1.6 Passagens no estrato arbóreo	42
1.7.1.7 Viadutos e Elevados	43
1.7.1.8 Pontes e pontilhões	43
1.7.1.9 Bueiros modificados	44
1.7.1.10 Barreira antirruído	44
1.7.1.11 Ampliação do canteiro central	45
1.7.1.12 Manejo (usuários e biológicos)	45
1.7.1.13 Campanhas educativas	45
1.7.1.14 Sinalização viária	46
1.7.1.15 Limitação da velocidade	46
1.7.1.16 Interdição temporária	46
1.7.1.17 Sistema de detecção de fauna	46
1.7.1.18 Afugentamento	47

1.7.1.19 Balizas	47
1.7.1.20 Alimentação	47
1.7.1.21 Remoção de carcaças	47
1.7.1.22 Modificação de habitat	47
1.7.1.23 Cercas e barreiras	47
1.7.1.24 Redução populacional	48
1.8 Objetivo Geral	48
2 CAPÍTULO 1 - MAMÍFEROS ATROPELADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - ESTUDO DE CASO NA RODOVIA MARECHAL RONDON: DESAFIOS E SOLUÇÕES	
2.1 Resumo	49
2.2 Abstract	50
2.3 Introdução	50
2.4 Material e Métodos	56
2.4.1 Área de estudo	56
2.4.2 Amostragem	56
2.4.3 Monitoramento	57
2.4.4 Análise de dados	57
2.4.5 Medida de mitigação	58
2.4.6 Resultados	59
2.5 Discussão	77
2.6 Conclusão	81
2.7 Referências	82
3 CAPÍTULO 2 – EVENTOS OPERACIONAIS DE TRÂNSITO ENVOLVENDO CAPIVARAS (<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>) NO TRECHO OESTE DA SP-300	
3.1 Resumo	91
3.2 Abstract	92
3.3 Introdução	92

3.4 Material e Métodos	96
3.5 Resultados	97
3.6 Discussão	106
3.7 Conclusão	109
3.8 Referências	110
APÊNDICE A - REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	116
ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA AMBIENTE & SOCIEDADE	127

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 História

As estradas são vetores de desenvolvimento socioeconômicos vitais para o crescimento de um país (BAGER; FONTOURA, 2013) e, apesar disso, representam uma ameaça à biodiversidade e aos ecossistemas naturais (GRILO et al., 2020).

As primeiras estradas teriam sido construídas pelos egípcios, aproximadamente 3000 a.C. Posteriormente, este sistema viário foi aprimorado pelos romanos e destinado ao transporte rápido, visando facilidade de acesso às áreas conquistadas ou a conquistar (BAGER, 2017).

No Brasil, o sistema rodoviário se transformou na principal rede de transporte terrestre somente a partir da década de 1920, com a consolidação do modelo rodoviário na transição das décadas de 1930-1940, a partir da criação do Departamento de Estradas e Rodagem (TEIXEIRA et al., 2020).

A maior parte da história do desenvolvimento econômico do Brasil está associada à construção de estradas e à produção de veículos automotores (WEISS; VIANNA, 2012).

As estradas são empreendimentos necessários e essenciais à vida humana, pois permitem o deslocamento de pessoas e produtos, gerando o desenvolvimento e o progresso às populações mais distantes (OMENA JUNIOR et al., 2012).

Uma das principais características comuns aos países desenvolvidos são a alta densidade e a eficiência de seus sistemas de transporte terrestre, com o apelo econômico justificando a forte pressão para o aumento da rede rodoviária e ferroviária (TEIXEIRA et al., 2020).

Uma rodovia pode ser classificada como uma obra de engenharia composta por uma pista e obras de arte. Seus impactos iniciam no planejamento, continuam na fase de implantação e construção, até a fase operacional, quando a qualidade de sua manutenção tem grandes implicações. (BANDEIRA; FLORIANO, 2004).

1.2 Impactos ambientais

As estradas e o tráfego afetam populações de animais selvagens, aumentando a mortalidade, diminuindo a quantidade e a qualidade do *habitat* e fragmentando as populações em subpopulações menores, tornando-as cada vez mais vulneráveis e suscetíveis à extinção (GALLINA; MIHART; CALVA, 2018).

A construção de estradas é um mecanismo de fragmentação de alto impacto, pois remove a cobertura vegetal original, gerando efeito de borda e alterando a função e a estrutura da paisagem (PRADO; FERREIRA; GUIMARÃES, 2006). Essa fragmentação ocorre em função de o *habitat* original ser dividido por estradas, ferrovias, canais, linhas de energia, cercas, tubulação de óleo, ou outras barreiras de fluxo de espécies (DUPONT; LOBO, 2012).

A criação de estradas e rodovias também produz efeitos químicos, contribuindo para o aumento de poluentes como moléculas orgânicas, ozônio, metais pesados e poeira no entorno da rodovia, levando à poluição do solo, da água e do ar. Tais efeitos físicos podem levar a interferência no sistema de drenagem da água, causando inundações, erosão do leito do rio, aeração e sedimentação. Além de efeitos biológicos, como a fragmentação de *habitat*, efeito borda, atropelamento de fauna, predação elevada no entorno da rodovia, facilitação da caça, efeito repulsa, efeito barreira, invasão de espécies exóticas e facilitação de invasão humana (COFFIN, 2007; FORMAN, 1998; LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009; TROMBULAK; FRISSELL, 2000).

Além de alterar a paisagem local, a criação de estradas e rodovias facilita o acesso humano a áreas até então remotas, promovendo desmatamento, extração de madeira, caça, sendo também um atrativo para criação de novos assentamentos humanos (WEISS; VIANNA, 2012).

Em suma, a perda de habitat é tida como um dos principais fatores da redução de biodiversidade no mundo (BAGER et al., 2007).

1.3 Malha Rodoviária

De acordo com a Confederação Nacional do Transporte (CNT, 2021), a malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,7 milhão de quilômetros de extensão e uma frota de mais de 107 milhões de veículos, correspondendo a 65% da movimentação de mercadorias. Desse total, 10.935 quilômetros foram concedidos a

empresas privadas por meio do Programa de Concessões de Rodovias Federais, segundo a Agência Nacional de Transportes Terrestres – ANTT (BRASIL, 2022).

Como exemplo, o estado de São Paulo tem aproximadamente 1,34 quilômetros de estradas para cada um km² de área (CIOCHETI; ABRA, 2009).

De acordo com a Agência de Transporte do Estado de São Paulo (ARTESP) o programa de Concessões Rodoviárias se iniciou na década de noventa, com finalidade de suprir as necessidades de investimentos na infraestrutura do transporte. (ARTESP, 2022)

Embora o protagonismo das infraestruturas de transporte justifique o apelo do desenvolvimento econômico, sua interação com o meio ambiente é ainda um assunto complexo que tem despertado crescente interesse na comunidade científica e tomadores de decisão (TEIXEIRA et al., 2020).

1.4 Atropelamento de fauna

No início da era automotiva começaram a surgir os estudos com atropelamentos. Em meados do século XIX, Henry David Thoreau descreveu os resultados de um choque entre a roda de um vagão de trem e uma tartaruga. Já em 1895, Barbour relatou mortes de aves causadas pelas estradas de ferro do estado de Nebraska, nos Estados Unidos (FORMAN et al., 2003).

O número total de colisões de veículos de grandes mamíferos foi estimado em um a dois milhões nos Estados Unidos e em 45.000 no Canadá. Estima-se que anualmente essas colisões causem em humanos 211 mortes, 29.000 feridos e mais de um bilhão de dólares americanos em danos materiais (HUIJSER et al., 2009).

Os atropelamentos de fauna são a causa direta da mortalidade de vertebrados silvestres mais evidentes da fragmentação de *habitats* (CIOCHETI, 2009).

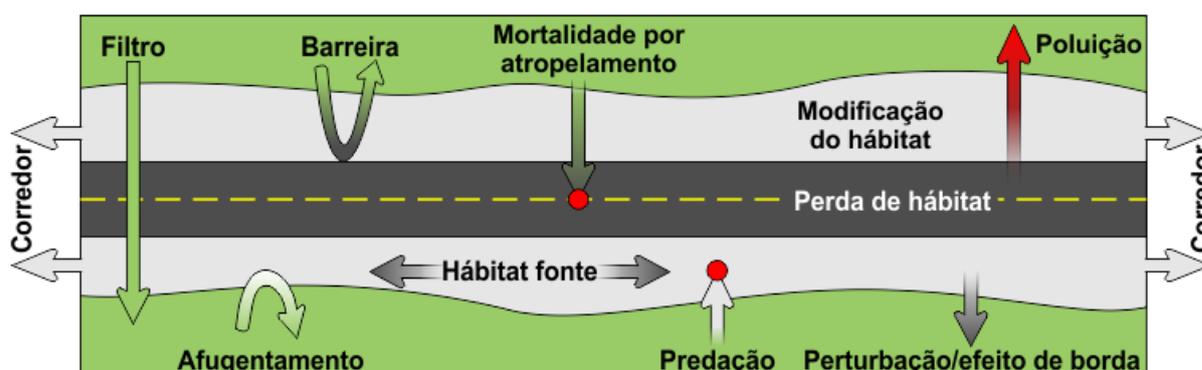
O atropelamento em rodovias constitui um problema que se estende por todas as estradas do território brasileiro (TUMELEIRO et al., 2006). De acordo com dados de pesquisas científicas e de licenciamento ambiental para ampliação ou construção de novas rodovias, estima-se que cerca de 14,7 milhões de animais vertebrados silvestres por ano, a maioria de pequeno ou médio porte, são atropelados nas rodovias brasileiras. (DORNAS et al., 2017).

O aumento do tráfego de veículos, a ampliação dos limites de velocidade e a largura das estradas são alguns dos fatores que influenciam nas taxas de atropelamento de animais (CACERES, 2011), além das características da paisagem e o comportamento e ecologia das espécies (FORMAN, 2003). Além disso, vemos a sazonalidade local, como a variação da pluviosidade, temperatura e a presença de corpos hídricos (CARVALHO; CUSTÓDIO; JÚNIOR, 2017).

Outro motivo seria a rodovia cortar o habitat de determinadas espécies, interferindo na faixa do seu deslocamento natural, além de existir ao longo da rodovia alimentos disponíveis, sendo um atrativo para a fauna (FORMAN, 1995).

A construção de rodovias apresenta como principais impactos a mortalidade de espécies e o efeito de barreira, conforme a adaptação esquemática representada na Figura 1 (SEILER, 2001).

Figura 1 - Impactos ecológicos das estradas.



Fonte: SEILER, 2001

O comportamento dos animais determina sua vulnerabilidade aos atropelamentos. Os anfíbios apresentam movimento lento e comportamento de migrar para completar o seu ciclo de vida; os répteis, além do movimento lento, apresentam comportamento de se aquecer na pista de rolamento para executar termorregulação e as aves são atraídas para as rodovias devido à disponibilidade de poleiro nos entornos. Os mamíferos de pequeno porte são vítimas de atropelamento por serem atraídos pelos recursos disponíveis nas áreas de entorno. Os mamíferos de médio e grande porte são atropelados porque possuem uma área de vida grande, precisando atravessar a rodovia para forragear ou buscar parceiros sexuais. Para os animais arborícolas, o perigo se encontra no risco de serem atropelados ao

atravessar a rodovia (GRILO; BISSONETTE; CRAMER, 2010; LAURANCE et al., 2009).

A avaliação de quanto um impacto ambiental é significativo, embora, bastante de subjetiva, pois o grau em que uma alteração ambiental pode ser tolerada depende muito dos valores e conceitos de quem analisa a situação (SÁNCHEZ, 2020).

1.5 Legislação

Entre diversas categorias de acidentes rodoviários, como, por exemplo, colisão frontal, lateral, transversal, traseira, atropelamento de pedestres, capotamento e engavetamento, os acidentes provocados por animais em rodovias representam a única categoria de acidente que demanda a indenização do usuário por parte do administrador rodoviário, segundo as Leis Federais como o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8078/1990) e na Constituição Federal (1988) (MEDICI et al., 2019).

Entre 2007 e 2018, o impacto financeiro com acidentes rodoviários somaram R\$165,14 bilhões, sendo R\$9,73 bilhões em 2018 (CNT, 2019), enquanto com infraestrutura gastou-se R\$14.779,83 milhões no mesmo ano (CNT, 2021).

No Brasil, os acidentes ocorridos nas estradas produzem um prejuízo de aproximadamente R\$40 bilhões por ano, sobretudo em virtude dos impactos da perda de produção e custo hospitalar (IPEA, 2015).

Ao analisar os valores gastos com indenizações e o que seria gasto com infraestrutura, observa-se que seria mais estratégico mitigar acidentes específicos envolvendo a fauna, instalando medidas eficientes, como passagens inferiores e superiores de fauna, cercas e sinalização adequada, do que ter que arcar com indenizações (MEDICI et al., 2019).

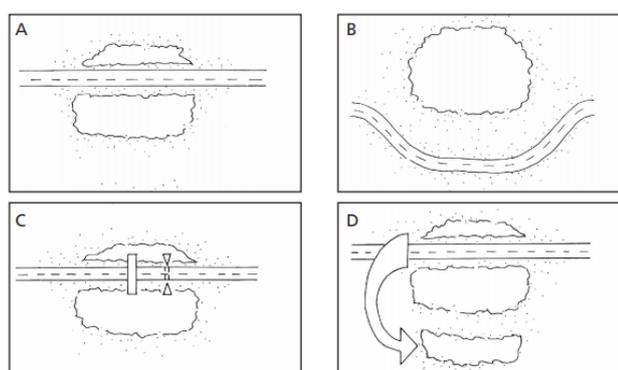
As preocupações ambientais começaram a ser incorporadas à legislação das nações economicamente desenvolvidas a partir da década de 1970, especialmente após a Primeira Conferência Mundial sobre o Homem e o Meio Ambiente, em 1972, promovida pela Organização das Nações Unidas em Estocolmo (KINDEL; LAUXEN, 2018).

A construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais, efetiva ou

potencialmente poluidores ou capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental dependerão de prévio licenciamento ambiental (BRASIL, 2019).

Segundo essa abordagem, evitar impactos é a primeira medida que deveria ser considerada no planejamento de qualquer empreendimento, seguida da minimização, restauração e compensação dos danos ambientais (TEIXEIRA et al., 2020), como apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Representação esquemática de a) fragmentação, b) prevenção, c) mitigação e d) compensação.



Fonte: IUELL et al. 2003

Alguns exemplos de medidas atenuadoras e compensatórias são: criação de reserva ecológica com banco de germoplasma, afastamento de muros de arrimo, otimização de eixo da rodovia, otimização de banquetas e cortes, construção de viadutos, construção de túneis, construção de passagens de animais sob a pista, construção de caixas-pulmão e sinalização, otimização das jazidas de empréstimo e cortes/aterros (BANDEIRA; FLORIANO, 2004).

Os impactos rodoviários devem ser analisados por etapas de construção do empreendimento, sendo elas: na fase de projeto, incluindo estudos de traçado; durante a construção da obra e após a conclusão da obra, na sua fase de operação e manutenção (BELLIA; BIDONE, 1993).

O licenciamento ambiental é definido como o processo administrativo pelo qual o órgão ambiental licencia estudos iniciais do local de implantação, construção, expansão e operação de empreendimentos e atividades que fazem uso de recursos ambientais, considerando as disposições legais, regulamentares e normas técnicas aplicáveis ao caso (LIMA; MAGRINI, 2010).

Assume normalmente caráter preventivo, mas pode assumir caráter corretivo na fase de operação dos empreendimentos, na ampliação ou nos processos de regularização ambiental daquelas construídas antes da legislação, como a maior parte das rodovias brasileiras (SANCHEZ, 2020).

No Brasil, o Licenciamento Ambiental foi constituído por meio da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), como o processo administrativo que o órgão ambiental autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos e atividades, poluidoras ou não, que utilizem recursos naturais, capazes ou incapazes de causar destruição ao meio ambiente, Lei nº 6.938/1981 (KAHLIL; SANTOS, 2020).

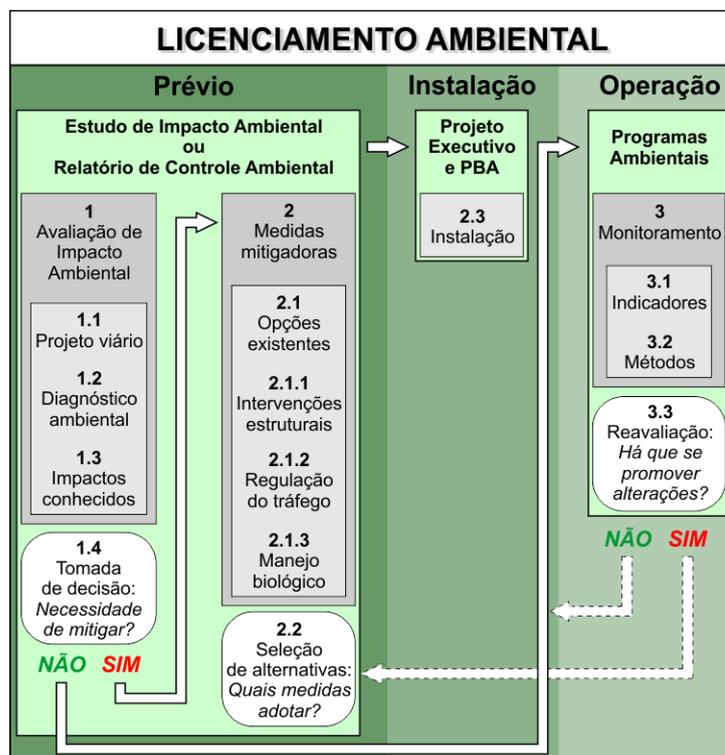
Portanto, não foi realizada uma avaliação de impactos ambientais na construção de parte significativa da malha rodoviária brasileira, sendo esses empreendimentos não submetidos ao processo atualizado de licenciamento ambiental vigente (BATISTA; AMARAL; ARRUDA, 2018).

Em 1986 foi publicada a Resolução CONAMA nº 01, que submete o licenciamento ambiental de empreendimentos poluidores por entidades públicas e privadas, e também a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), com definições, responsabilidades e diretrizes para a exigência das avaliações de Impactos Ambientais (LUZ; RATTON; NASCIMENTO NETO, 2017), sendo essas avaliações um elemento do processo de tomada de decisão que deve ser realizada previamente à instalação do empreendimento. Quando já existe um impacto ambiental dimensionado, é chamado de Avaliação de Danos Ambientais (SANCHEZ, 2020).

A Avaliação de Impacto Ambiental é um elemento do processo de tomada de decisão, portanto deve ser realizada previamente à instalação do empreendimento. Quando já existe um impacto ambiental dimensionado, em rodovia existente, por exemplo, é chamado de Avaliação de Danos Ambientais (KINDEL; LAUXEN, 2018).

O processo de licenciamento abrange três fases: licenciamento prévio, licenciamento de instalação e licenciamento operacional (BATISTA; AMARAL; ARRUDA, 2018) como mostrado no fluxograma apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Fluxograma do guia de procedimentos para mitigação de impactos sobre a fauna.



Fonte: KINDEL; LAUXEN, 2018

O monitoramento pós-construção é essencial para a avaliação da efetividade das medidas adotadas, identificação de possíveis adequações necessárias e consolidação de uma base de conhecimentos que subsidie a tomada de decisão futura (BANK et al., 2002).

Em 2001, através da Lei Federal nº 10.233, iniciou-se uma nova reestruturação dos transportes terrestres com a extinção do DNER (Departamento Nacional de Estradas de Rodagem) e com a criação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANIT), ambos vinculados ao Ministério dos Transportes (BRASIL, 2001; LUZ; RATTON; NASCIMENTO NETO, 2017).

O Programa Federal de Rodovias Ambientalmente Sustentáveis (PROFAS), instituído através da Portaria Interministerial nº 288, de 16 de julho de 2013, tem o objetivo de regularizar todas as rodovias federais que não possuem licença ambiental, implementando medidas de mitigação e adequando aos critérios vigentes em torno de 55.000 quilômetros de rodovias em um prazo de 20 anos (BRASIL, 2013; TEIXEIRA et al., 2020).

Segundo Bank et al. (2002), o Departamento de Transportes dos Estados Unidos vem elaborando guias e manuais com recomendações de avaliação e tomada de decisão, criando questões-chaves a serem respondidas:

- 1) A previsão de impactos indica a necessidade de mitigação?
- 2) Onde e como aplicar medidas mitigadoras? E
- 3) As medidas adotadas foram eficazes?

1.6 Estudos

As exigências de estudos sobre os impactos causados por grandes obras, dentre elas, as rodovias, abriu um novo campo de estudo, a Ecologia de Estradas. (MEDICI et al., 2019). Numa visão macro, este novo campo de estudos visa criar e analisar propostas para lidar com os efeitos ambientais das estradas, com objetivo central de fornecer informações científicas sobre como evitar, minimizar ou mitigar os impactos ambientais negativos do transporte (OLIVEIRA et al., 2020). Consiste em uma investigação socioambiental baseada nas evidências de que as rodovias têm efeitos importantes nos ecossistemas e nos processos ecológicos, sendo uma relação entre os organismos e o meio ambiente conectados através das rodovias, veículos e usuários das estradas (FORMAN, 1998).

Esse ramo do conhecimento é relativamente novo e foi proposto por Forman (1998) sob o título “Road Ecology: A Solution for the Giant Embracing US”. (OLIVEIRA et al., 2020). No Brasil, o primeiro trabalho científico publicado foi registrado há 30 anos no trabalho de Novelli em 1988 e em 2012 iniciaram-se os estudos de Ecologia de Estradas na Universidade Federal de Lavras, junto ao Departamento de Biologia (BAGER; FONTOURA, 2013).

Esse novo campo de estudo envolve a função das estradas como ecossistemas, seus efeitos deletérios e o gerenciamento desses empreendimentos (FORMAN; COLLINGE, 1997).

Conhecidos como “fauna de estrada”, os animais atropelados podem servir como indicadores da biodiversidade local, fornecerem dados ecológicos sobre a história natural de algumas espécies, e revelar aspectos como o padrão de deslocamento e a dinâmica sazonal de algumas populações de espécies presentes na comunidade (HENGEMUHLE; CADEMARTORI, 2008; ROMIN; BISSONETTE, 1996).

Através da utilização de aplicativos voltados para a população que utiliza diariamente estradas e ferrovias, um novo ramo da ciência, conhecido como “ciência cidadã”, surgiu, com intuito de a sociedade participar diretamente das medidas preventivas e de mitigação de impactos (CASTRO; BAGER, 2019).

Existe também a “Ecologia da Paisagem”, uma área de conhecimento que relaciona conceitos geográficos e biológicos para analisar a estrutura espacial da paisagem, com intuito de compreender a influência da sua configuração espacial nos processos ecológicos, investigando os padrões de tipologias de habitat, os efeitos da fragmentação e sua influência na distribuição das espécies e nos processos dos ecossistemas (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Com estas informações pode-se avaliar o estágio de conservação local e estabelecer áreas prioritárias para proteção e manejo da fauna que utiliza rodovias como parte de seu habitat (MATTOS; FISCHER, 2021), visando à preservação da diversidade biológica e conseqüentemente o banco genético animal, tornando necessária à adoção de medidas mitigatórias para conter o impacto à fauna (DUPONT; LOBO, 2012).

1.7 Medidas de mitigação

Atributos de história de vida e padrões de comportamento tornam algumas espécies particularmente vulneráveis a estradas (GRILO et al., 2010).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) exige a instalação de medidas mitigadoras como condição para a emissão de licenças ambientais relacionadas a projetos rodoviários (GOMES et al., 2019).

As medidas de mitigação visam basicamente restabelecer algum grau de conectividade para minimizar o efeito de barreira e impedir os atropelamentos em pontos mais suscetíveis (KINDEL; LAUXEN, 2018).

As mitigações podem ser planejadas tanto na fase de projeto quanto implementadas após esses estudos realizados que visam identificar o local de maior ocorrência de atropelamento (TEIXEIRA et al., 2013).

O conhecimento da biodiversidade local, de seus fluxos e da utilização de corredores de passagem pelas espécies presentes são questões essenciais para a

tomada de decisão quanto à necessidade e o tipo de estruturas a serem eventualmente instaladas (KINDEL; LAUXEN, 2018).

Medidas de mitigação bem-sucedidas podem ser avaliadas considerando-se a redução substancial das taxas de atropelamento e a restauração do movimento de animais através das estradas (GRILO et al., 2010).

Se as estruturas de travessia não cumprem a sua função como conectores de *habitat*, ou os movimentos estão obstruídos, indivíduos e populações tornam-se isoladas, resultando em oportunidades de procriação reduzida e diminuindo a probabilidade de sobrevivência da população, enquanto estruturas de passagem eficazes permitem a dispersão para a recolonização após ausência longa ou extinções locais (HARDY et al., 2003).

Os estudos que abrangem os períodos pré e pós-construção, usando o desenho experimental Antes-Após-Intervenção de Controle (BACI), quando possível, fornecem uma abordagem de interferência forte para avaliar a eficácia das medidas de mitigação (GRILO et al., 2010).

Neste tipo de desenho experimental, locais afetados pelo impacto (I) são comparados com locais não afetados (C), antes (B) e depois (A) de sua ocorrência, sendo possível a obtenção de fortes evidências da ocorrência e dimensão do impacto (KINDEL; LAUXEN, 2018).

O monitoramento e a inspeção contínuos são necessários para ajudar a identificar os déficits e necessidades de manutenção (GRILO et al., 2010).

Em termo de período a ser monitorado, são observadas diferenças entre países. No Brasil não existem padrões fixos, mas uma exigência de no mínimo dois anos de monitoramento após o início de operação da rodovia, existindo casos como a rodovia Rota do Sol, RS 486, licenciada pelo IBAMA, na qual o monitoramento de atropelamentos já se estende por mais de 10 anos, na França, por exemplo, é exigido um ano de monitoramento com reavaliação após cinco anos de operação (KINDEL; LAUXEN, 2018).

O monitoramento é importante para avaliar a efetividade das medidas instaladas e apresentar à sociedade os resultados das decisões do governo para auxiliar na preservação do meio ambiente e manutenção da biota (BRASÍLIA, 2013).

De acordo com o Romanini (2016), algumas dificuldades encontradas em relação às medidas de mitigação são os furtos das cercas e depredação.

Para monitoramento pode-se utilizar indicadores, que devem ser diretamente relacionados aos objetivos do projeto de mitigação; desenho experimental, através de contagem de indivíduos atropelados, observações visuais diretas, armadilhas de captura, armadilhas de pegadas, armadilhas fotográficas, armadilhas de pelos, telemetria por rádio ou satélite e identificação genética de indivíduos e espécies e, quando necessário, realizar uma reavaliação, readequando se houver necessidade (KINDEL; LAUXEN, 2018).

Pode-se afirmar que as estruturas de passagem são consideradas eficazes se a monitoração mostrar uma redução de 50% em colisão dos animais com veículos e um aumento de 25% em movimentos dos animais através da estrada (HARDY et al., 2003).

Para uma abordagem de sucesso para a mitigação dos impactos sobre a biodiversidade, devem-se realizar estudos para identificação da fauna atropelada, do local, da quantidade, da identificação de *hotspots* e das paisagens do entorno, para, em seguida, escolher qual das medidas mitigadoras existentes serão utilizadas nos trechos considerados críticos ao longo da rodovia (TEIXEIRA et al., 2013).

Pensando nessa problemática, estudos vêm tentando identificar os chamados *hotspots* de atropelamentos, que consistem em trechos das rodovias que apresentam o maior índice de acidentes envolvendo a fauna (SOMBRA JUNIOR, 2019).

Hotspots de fatalidades podem ser definidos como áreas de alto risco de colisões entre veículos e animais em rodovias e ferrovias devido à presença de agregações de atropelamentos (TEIXEIRA et al., 2020).

Os *hotspots* de atropelamentos podem ser definidos como os trechos de uma estrada que apresentam maior incidência de mortalidade de fauna devido às colisões com veículos, e por meio da identificação é possível traçar medidas de mitigação a fim de minimizar os impactos às populações ou comunidades de animais silvestres (LANGEN; OGDEN; SCHWARTING, 2009; SOMBRA JUNIOR, 2019;).

As medidas de mitigação podem ser consideradas intervenções estruturais, manejo de usuários e manejo biológico (IUPELL, 2013).

1.7.1 Intervenções estruturais

1.7.1.1 Passagens inferiores

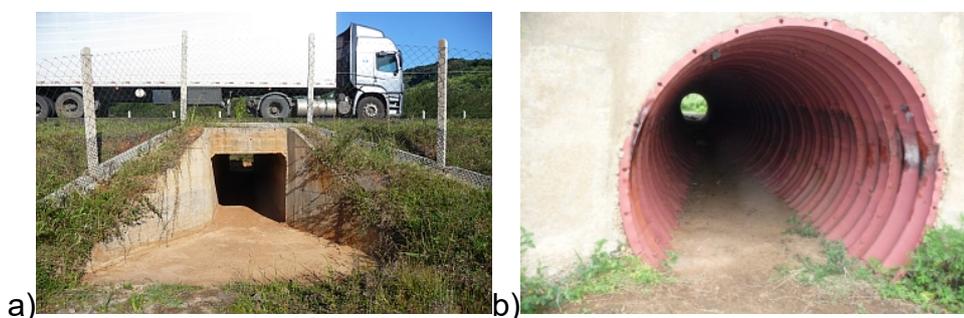
As passagens subterrâneas são dispositivos de engenharia que permitem a passagem de animais sob a rodovia. O dimensionamento dessas passagens está diretamente associado ao grupo de espécies a serem favorecidos por elas, que podem variar desde pequenas espécies, como anfíbios e pequenos mamíferos, à espécies de médio e grande porte, como veados e felinos (GOMES et al., 2019).

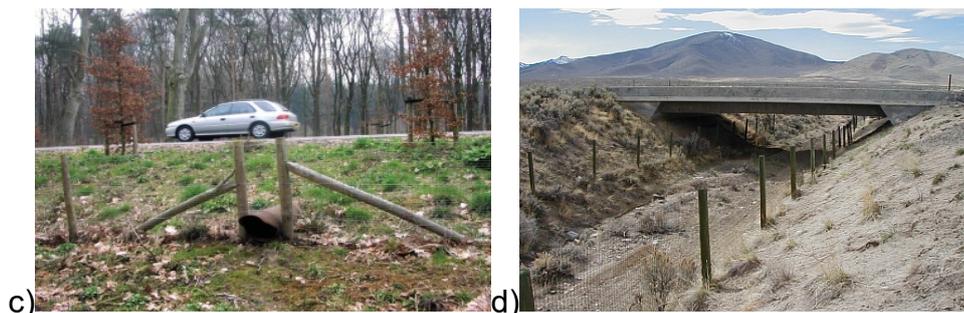
É importante que recebam iluminação natural para permitir o eventual crescimento da vegetação, tornando o ambiente mais atrativo para a fauna, e a manutenção de vegetação próxima as suas entradas (CAIN et al., 2003).

Para que tenham maior eficácia, é essencial que estejam localizadas nos caminhos preferenciais da fauna, o que depende de um bom diagnóstico prévio (KINDEL; LAUXEN, 2018).

Seu dimensionamento depende do grupo de animal ao qual se destina, podendo ser pequenas, como bueiros de metal ou concreto, com largura de 1,5 metros ou menos (anfíbios, répteis, lontras, carnívoros de pequeno porte), intermediárias, com 1,6 metros a 2,4 metros de vão, por 2,4 metros de altura (mamíferos de pequeno e médio porte), ou grandes, de 7 a 25 metros de largura e 3 a 5 metros de altura (cervídeos e grandes mamíferos) (GRILLO et al., 2010), como os exemplos apresentados na Figura 4.

Figura 4 - Exemplos de passagens de fauna inferiores, sendo a) passagem de fauna em bueiro celular 1,5 x 1,5m, BR 101/RS, b) passagem de fauna construída com bueiro tubular, BR 471/RS, c) túnel para pequenos mamíferos com cercas direcionadoras e d) passagem inferior para cervídeos e grandes mamíferos.





Fonte: KINDEL; LAUXEN, 2018

1.7.1.2 Passagens inferiores multiuso

Com um design semelhante ao de uma passagem subterrânea de grande mamífero, permite o uso tanto por animais selvagens quanto por humanos e geralmente têm pelo menos 7 m de largura e 3,5 m de altura (CLEVINGER; HUIJSER, 2011).

1.7.1.3 Túneis para anfíbios e répteis

São dispositivos em formatos retangulares e/ou circulares, porém, com dimensões reduzidas, sendo a estrutura retangular o modelo mais recomendado, pois as paredes verticais de estruturas pré-moldadas facilitam o direcionamento e deslocamento das espécies, não devem ser inundados nem apresentar degraus ou inclinação, nem tampouco aberturas superiores, e ter até 0,9m de largura (KINDEL; LAUXEN, 2018), como exemplo da Figura 5.

Figura 5 - Duto subsuperficial para anfíbios, recoberto por grades.



Fonte: CLEVINGER; HUIJSER, 2011

1.7.1.4 Ecodutos

Constituem uma alternativa de mitigação de propiciar deslocamento para um amplo espectro de animais, sendo caracterizado pela implantação de cobertura vegetal e a instalação de barreiras visuais, por meio do plantio de espécies arbustivas e arvores em suas laterais ou da instalação de cercas de madeira, podendo também receber canais ou ambientes artificiais, como na Figura 6, que induzam sua utilização por anfíbios, combinando cobertura herbácea, arbustiva e arbórea, para estimular a utilização por uma maior variedade de animais, normalmente, tem mais de 70 m de largura, e preferencialmente mais de 100 m, atendendo todos os grupos da fauna (ARROYAVE et al., 2006).

Figura 6 - Ecoduto de Warande, em Bierbeek, Bélgica.



Fonte: LAMBRECHTS et al., 2012

Uma determinação feita pelo IBAMA na Licença de Instalação n° 934/2013, emitida para a construção do Ramal Ferroviário Sudeste do Pará, que escoo o minério produzido na mina S11D até a Estrada de Ferro Carajás (PA), resultou na criação do primeiro viaduto para travessia de fauna (*overpass*) do país (IBAMA, 2017).

1.7.1.5 Passagens superiores e multiuso

As passagens superiores são semelhantes aos ecodutos, porém com menores dimensões (40 a 70 m de largura) (KINDEL; LAUXEN, 2018).

As passagens multiuso caracterizam-se pela destinação voltada tanto à fauna quanto ao uso humano e de animais domésticos, como na Figura 7, com adaptações para que se obtenha um mínimo de segregação entre os tipos de

usuário, e em geral, têm entre oito e 25 m de largura (AHERN et al., 2009; BECKMANN et al., 2010; KINDEL; LAUXEN, 2018;).

Figura 7 - Via de uso humano e faixa de vegetação em viaduto multiuso.



Fonte: CLEVINGER; HUIJSER, 2011

1.7.1.6 Passagens no estrato arbóreo

Geralmente constituídas de cabos de aço ou cordas que ligam as copas das árvores, se destinam à passagem de espécies semi-arborícolas e arborícolas em ambientes florestais (BECKMANN et al. 2010)

Geralmente são feitas de cabos de aço ou cordas, como na Figura 8, sendo estendidas paralelamente, conectadas entre si por redes de nylon (KINDEL e LAUXEN, 2018).

Figura 8 - Passagem instalada na sinalização da rodovia.

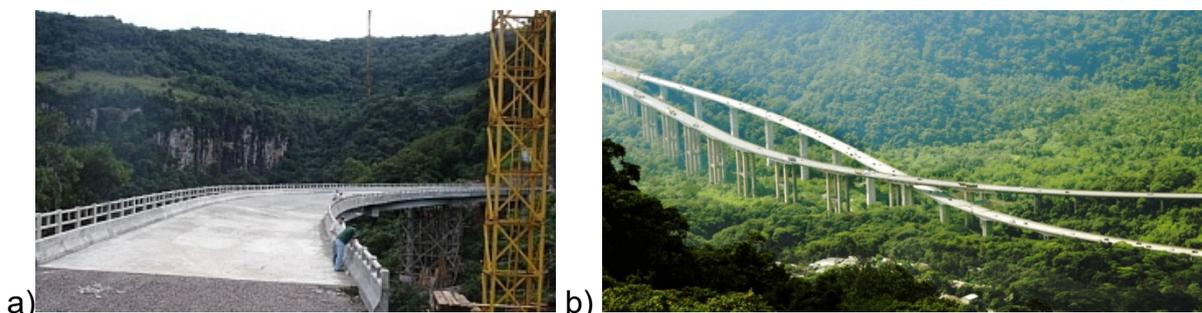


Fonte: CLEVINGER; HUIJSER, 2011

1.7.1.7 Viadutos e Elevados

São estruturas cujo objetivo é reconectar a paisagem e promover o fluxo da fauna silvestre entre fragmentos cortados por rodovias de múltiplas faixas, com largura variando de 40 a 100 metros, sem serem construídos especificamente para o movimento da vida selvagem (BECKMANN et al. 2010; CLEVINGER; HUIJSER, 2011), a exemplo da Figura 9.

Figura 9 - a) Viaduto na rodovia RS 486 - Rota do Sol, Rio Grande do Sul; b) Rodovia dos Imigrantes, trecho de serra.



Fonte: ECOVIAS, 2021; KINDEL; LAUXEN, 2018.

1.7.1.8 Pontes e pontilhões

Pontes, como a da Figura 10, e pontilhões preservam a integridade dos ambientes aquáticos com eventuais adaptações, tais como passagens secas, propiciando corredores para a fauna terrestre, cuja movimentação frequentemente está associada às drenagens e matas ciliares associadas (KINDEL; LAUXEN, 2018).

Figura 10 - Ponte Rio-Niterói.

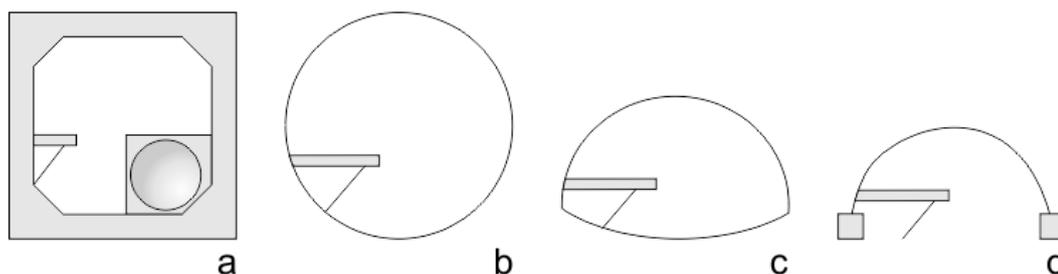


Fonte: ECOVIAS, 2021

1.7.1.9 Bueiros modificados

Os bueiros modificados são adaptados para torna-los em estruturas eficientes para passagem de vertebrados, tendo entre 0,6 e 2,5m de largura ou diâmetro, podendo ser celular, circular, tubular em arco ou somente em arco (KINDEL; LAUXEN, 2018), como o esquema da Figura 11.

Figura 11 - Esquema adaptado de BAKER, 1990, mostrando corte transversal de diferentes tipos de bueiros, sendo a) celular, b) circular, c) tubular em arco e d) arco.



Fonte: KINDEL; LAUXEN, 2018

1.7.1.10 Barreira antirruído

Essas barreiras podem ser construídas de madeira (Figura 12), concreto, vidro ou até mesmo obtidas com o plantio de espécies vegetais adequadas, incluindo arbustos e arvoretas em densidade elevada, ou árvores com folhagem densa (BANK et al., 2002).

Figura 12 - Cerca combinada de corços e barreira de som e ruído em um viaduto específico para caça no sul da França.



Fonte: KINDEL; LAUXEN, 2018

1.7.1.11 Ampliação do canteiro central

E por fim, temos a ampliação do canteiro central, provendo aos animais um local intermediário para a travessia segura (KINDEL; LAUXEN, 2018), como na Figura 13.

Figura 13 - Canteiro central ampliado.



Fonte: CLEVENGER; KOCIOLEK, 2006

1.7.1.12 Manejo (usuários e biológicos)

Diferentemente das intervenções estruturais, as medidas de manejo não envolvem alterações substanciais nos padrões construtivos da rodovia, mas em estratégias que buscam influenciar o comportamento do motorista, sejam por meio de restrições ao tráfego, alertas em áreas de maior risco ou incorporação do fator fauna ao seu universo de atenções. Pode-se também alterar o comportamento da fauna na sua relação com a via de tráfego, afastando-a ou controlando-a de modo seguro (KINDEL; LAUXEN, 2018).

1.7.1.13 Campanhas educativas

Envolvem a divulgação de informações aos motoristas referentes ao número de colisões envolvendo animais, trechos e horários mais perigosos e procedimentos a serem adotados ao avistar um animal na pista ou próximo a ela. Sua efetividade não pode ser mensurada no que se refere à redução no número de atropelamentos, entretanto contribui diretamente na divulgação do problema e das estratégias de mitigação adotadas (KINDEL; LAUXEN, 2018; VIEIRA; SANTOS, 2015).

1.7.1.14 Sinalização viária

Segundo Grilo et al. (2010), a sinalização viária alerta o motorista sobre possíveis travessias de animais. Pode ser um sinal passivo, onde as informações ficam inalteradas ao longo do tempo (BRASIL, 2012), sinal temporário, que é usado para advertir os condutores a respeito de situações e obstáculos existentes nas vias e que possam colocar em risco a segurança desses usuários (BRASIL, 2017), sinal de mensagem dinâmica, que fornece aos usuários informações em tempo real sobre condições especiais da rodovia, do tráfego e climáticas (BRASIL, 2010) e sistema de alerta ativado por animais (GRILLO et al., 2010).

1.7.1.15 Limitação da velocidade

A limitação da velocidade da via deve ser acompanhada de medidas físicas ou coercitivas para que seja efetiva, tais como a implantação de controladores de velocidade, redução na largura das pistas e do acostamento, redução do campo visual com a instalação de barreiras nas laterais da via, ondulações transversais e sonorizadores (KINDEL; LAUXEN, 2018).

1.7.1.16 Interdição temporária

A interdição temporária de estradas é uma medida adequada nos casos em que os animais só atravessam uma estrada durante um período limitado, por exemplo, os anfíbios na sua migração para os locais de desova (IUELL, 2003).

1.7.1.17 Sistema de detecção de fauna

O sistema de detecção de fauna utiliza sensores que detectam a presença de fauna e ativam a sinalização de alerta (KINDEL; LAUXEN, 2018).

Para serem eficazes, não podem apresentar uma quantidade elevada de “falso-positivos”, ou seja, ativação por outros fatores que não a presença de animais e sua efetividade se baseia tanto na redução de velocidade quanto no aumento do estado de alerta dos motoristas ao se depararem com o sinal ativo (BECKMANN et al., 2010).

1.7.1.18 Afugentamento

O afugentamento de animais das estradas é buscado por meio de técnicas que visam alertá-los ou amedrontá-los, tais como a presença humana, sons, luzes, laser, sprays, pirotecnia e alertas sonoros (BECKMANN et al., 2010).

1.7.1.19 Balizas

As instalações de balizas de alumínio espaçadas em intervalos ao longo da borda da ponte criam uma barreira que faz com que os pássaros voem mais alto, diminuindo a mortalidade (JACOBSON, 2005).

1.7.1.20 Alimentação

A alimentação envolve a disponibilização de alimentos visando direcionar os animais para longe da rodovia (KINDEL; LAUXEN, 2018).

1.7.1.21 Remoção de carcaças

A presença de cadáveres de animais de médio e grande porte no leito da rodovia ocasiona situações de risco para os condutores, que tendem a desviar de forma súbita, e eventualmente causar a perda de controle dos veículos, com a consequente saída da faixa ou invasão da pista contrária (KINDEL; LAUXEN, 2018). Logo, a remoção periódica de carcaças da rodovia faz com que os animais carnívoros e carniceiros não sejam atraídos para a via e passem longos períodos se alimentando sobre a estrada ou próximo a ela, inclusive incentivando a nidificação nas proximidades, evitando os atropelamentos (JACOBSON, 2005).

1.7.1.22 Modificação de habitat

A modificação do *habitat* tem como objetivo manter os animais longe da pista ou aumentar a visibilidade, tanto do animal, quanto do motorista (BRASIL, 2013).

1.7.1.23 Cercas e barreiras

O cercamento das rodovias começou antes das primeiras preocupações com a fragmentação, sendo motivado pela segurança do motorista. Esse tipo de

medida só deve ser usada em combinação com passagens de fauna, caso contrário cria uma barreira completamente ecológica (TROCMÉ, 2006).

1.7.1.24 Redução populacional

A redução populacional é direcionada especialmente a espécies de grandes animais superabundantes e que ocasionam sérios riscos à segurança do tráfego, esta medida envolve o abate de animais por meio da caça controlada, tratamentos contra fertilidade, alteração dos habitats próximos à rodovia ou translocação de indivíduos (KINDEL; LAUXEN, 2018).

1.8 Objetivo Geral

Identificação do impacto de um trecho da rodovia SP-300 sob a fauna local, e, a partir do conhecimento gerado, estabelecer estratégias de mitigação.

2 CAPÍTULO 1 - MAMÍFEROS ATROPELADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO - ESTUDO DE CASO NA RODOVIA MARECHAL RONDON: DESAFIOS E SOLUÇÕES

2.1 Resumo

O presente estudo teve como objetivo tabular os dados de atropelamento envolvendo mamíferos silvestres durante o período de jan./2018 a out./2021 no trecho da rodovia Marechal Rondon (SP-300), cruzando do centro ao extremo noroeste do estado de São Paulo, do município de Bauru ao município de Castilho, totalizando 331,13 km. A partir desses dados foram criados mapas de calor com interpolação de densidades, identificação de *hotspots* e proposição para implantação de medidas de mitigação. Registrou-se 2740 ocorrências, com envolvimento de 2821 animais de 20 diferentes ordens, e 36 espécies. A taxa de atropelamento variou de 0,0054 ind./km/dia a 0,0069 ind./km/dia. As famílias Dasipodidae, Canidae e Caviidae foram as mais registradas. Três espécies encontradas se classificam como vulneráveis de acordo com a IUCN. *Hydrochoerus hydrochaeris* foi a espécie mais acometida. A análise estatística ANOVA foi significativa para as estações do ano, quando comparada primavera e inverno (p valor = 0,04). Em todos os *hotspots* identificados no mapa de densidade de Kernel, as áreas de entorno se apresentavam antropizadas e com alguns fragmentos de mata presentes. Um panfleto educativo, contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de animal na pista foi criado. Pelos resultados encontrados, podemos inferir a necessidade de se traçar estratégias de mitigação no sentido de preservação da fauna e da segurança para os usuários da rodovia.

Palavras-chave: Animais selvagens. Bem-estar do animal. Biodiversidade.

2.2 Abstract¹

The present study aimed to tabulate the data of trampling involving wild mammals during the period from Jan./2018 to Oct./2021 in the stretch of marechal rondon highway (SP-300), crossing from the center to the extreme northwest of the state of São Paulo, from the municipality of Bauru to the municipality of Castilho, totaling 331.13 km. From these data, heat maps were created with densities interpolation, hotspot identification and proposition for implementation of mitigation measures. There were 2740 occurrences, involving 2821 animals of 20 different orders, and 36 species. The trampling rate ranged from 0.0054 ind./km/day to 0.0069 ind./km/day. The families Dasipodidae, Canidae and Caviidae were the most recorded. Three species found are classified as vulnerable according to the IUCN. *Hydrochoerus hydrochaeris* was the most affected species. The Statistical Analysis ANOVA was significant for the seasons, when compared to spring and winter (p value = 0.04). In all hotspots identified in the Kernel density map, the surrounding areas were anthropized and with some forest fragments present. An educational pamphlet containing useful guidance on how the driver should proceed in the event of a hit-and-run or animal sighting on the track has been created. From the results found, we can infer the need to devise mitigation strategies in the sense of preservation of fauna and safety for highway users.

Keywords: Wildlife. Animal welfare. Biodiversity.

2.3 Introdução

Os empreendimentos lineares como rodovias e ferrovias garantem a subsistência e a manutenção de modelos de organização social, sendo vetores de desenvolvimentos socioeconômicos e vitais para o crescimento de um país (BAGER; FONTOURA, 2013).

As primeiras estradas teriam sido construídas pelos egípcios, aproximadamente 3000 a.C., sendo os romanos que aprimoraram os sistemas viários destinados ao transporte rápido, visando facilidade de acesso às áreas conquistadas ou a conquistar (BAGER, 2017).

¹ Artigo de acordo com as normas da Revista Ambiente & Sociedade

A partir da década de 1920, no Brasil, o sistema rodoviário se transformou na principal rede de transporte terrestre, com a consolidação do modelo rodoviário na transição das décadas de 1930 - 1940, a partir da criação do Departamento Nacional de Estradas e Rodagem (DNER) (TEIXEIRA et al., 2020).

Em 2001, através da Lei Federal nº 10.233, iniciou-se uma nova reestruturação dos transportes terrestres com a extinção do DNER e com a criação do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), ambos vinculados ao, então, Ministério dos Transportes (LUZ et al., 2017).

A malha rodoviária brasileira possui cerca de 1,7 milhão de quilômetros de extensão e uma frota de mais de 110 milhões de veículos (BRASIL, 2021). Desse total, 10.935 quilômetros foram concedidos a empresas privadas por meio do Programa de Concessões de Rodovias Federais (BRASIL, 2022).

De acordo com a ARTESP (Agência de Transporte do Estado de São Paulo) (2022), o programa de Concessões Rodoviárias se iniciou na década de noventa, com finalidade de suprir as necessidades de investimentos na infraestrutura do transporte.

Projeta-se a criação de mais de 25 milhões de quilômetros de novas estradas pavimentadas globalmente até 2050, além das 12 milhões já existentes (DULAC, 2013).

Apesar disso, a criação das rodovias é uma das ações humanas de grande impacto sobre o ambiente natural, fragmentando e isolando áreas vegetadas, prejudicando a biodiversidade (DIAS; LOPES; REIS, 2021).

Cerqueira et al. (2003) conceituam a fragmentação da paisagem como: o processo no qual um habitat contínuo é dividido em manchas, ou fragmentos, mais ou menos isolados.

Além de agir como barreiras para os animais, as estradas apresentam alguns efeitos ecológicos como a destruição do habitat presente nos arredores, poluição devido à pavimentação e tráfego dos veículos, degradação do entorno, sedimentação de corpos híbridos, modificação comportamental de espécies e função de passagem para a disseminação de espécies exóticas, podendo dificultar a diversificação de DNA entre as espécies, ocasionando a extinção de inúmeros indivíduos (VASCONCELOS; SILVA; CARVALHO, 2021).

Os ruídos provenientes do tráfego de veículos nas rodovias também

provocam alterações no comportamento dos animais. Isso ocorre devido às modificações nos padrões de movimentação e reprodução das espécies, provocando estresse e/ou remoção das espécies nativas (TROMBULAK; FRISSEL, 2000).

Um dos problemas mais evidentes na fauna, gerados pelo estabelecimento e funcionamento de rodovias, é a morte de animais silvestres causadas pelo choque com veículos (DEFFACI et al., 2016).

O atropelamento de fauna é reconhecido como a principal causa direta de mortalidade de animais silvestres, superando impactos como a caça e venda ilegal de fauna silvestre (FORMAN; ALEXANDER, 1998).

Os primeiros estudos com atropelamentos datam do início da era automotiva. Em meados do século XIX, Henry David Thoreau descreveu os resultados de um choque entre a roda de um vagão de trem e uma tartaruga. Já em 1895, Barbour relata mortes de aves causadas pelas estradas de ferro do estado de Nebraska, nos Estados Unidos (FORMAN et al., 2003).

Torna-se evidente que o número de acidentes deve-se principalmente à incapacidade de muitos animais não reconhecerem as estradas como barreiras, apesar de muitas espécies comumente evitarem suas proximidades por conta da influência antrópica (OLIVEIRA et al., 2018).

Encontra-se fatores que atuam na mortalidade de fauna nas rodovias, como exemplo o fluxo de veículos, paisagem da região, atrativos para animais carniceiros à pista, agilidade de travessia do animal, densidade de indivíduos no entorno, a atração por alimentos, mitigar a sede, acasalamento, fuga de predadores e/ou de incêndios e a busca por novos refúgios (VASCONCELOS; SILVA; CARVALHO, 2021).

Entre as categorias de acidentes rodoviários, os acidentes provocados por animais representam a única categoria de acidente que demanda indenização do usuário por parte do administrador rodoviário, segundo as Leis Federais como o Código de Defesa do Consumidor (Lei nº 8078/1990) e na Constituição Federal (1988) (MEDICI et al., 2019).

Ao analisar os valores gastos com indenizações e o que seria gasto com infraestrutura, é observado que seria mais estratégico mitigar acidentes específicos envolvendo a fauna, instalando medidas eficientes, como passagens inferiores e

superiores de fauna, cercas e sinalização adequada, do que ter que arcar com indenizações (ABRA et al., 2019).

No período acumulado de 2007 a 2021 foram registrados 1.916.935 acidentes, 137.098 só no estado de São Paulo, sendo 917.115 com vítimas, tendo um custo anual estimado a R\$12,19 bilhões em 2021 (BRASIL, 2021). De acordo com o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) (2022), estima-se que mais de 475 milhões por ano de animais são atropelados em rodovias brasileiras, 17 a cada segundo, sendo que mais de cinco milhões (1%) de animais são de grande porte.

No que se refere às ameaças às espécies da fauna, o Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção (2018) inova ao trazer, além da identificação do grau de risco de extinção de cada espécie, uma abordagem sobre o conjunto de circunstâncias que as colocam em risco, quais são e onde estão às ameaças que enfrentam e a sua associação com as atividades humanas.

Um táxon é considerado quase ameaçado quando, ao ser avaliado pelos critérios, não se qualifica atualmente como criticamente em perigo, em perigo ou vulnerável, mas está perto da qualificação (se aproxima dos limiares quantitativos dos critérios) ou é provável que venha a se enquadrar em uma categoria de ameaça num futuro próximo e um táxon está vulnerável quando as melhores evidências disponíveis indicam que se cumpre qualquer um dos critérios para vulnerável, e por isso considera-se que está enfrentando um risco alto de extinção na natureza (LIVRO..., 2018).

O entendimento do impacto ambiental causado pelo atropelamento da fauna é fundamental para o gerenciamento ambiental de rodovias (LINS; BARBOSA; ALMEIDA, 2019).

É nítido que os problemas com acidentes, sendo esses fatais ou não, são um ponto que envolve toda a sociedade em relação às causas e consequências, já que os animais contribuem com processos ecológicos essenciais como a polinização, dispersão de sementes, predação e outros importantes papéis voltados ao funcionamento dos ecossistemas terrestres e aquáticos (OLIVEIRA et al., 2018).

A mitigação de colisões veiculares com a fauna silvestre é importante não apenas em relação ao bem-estar animal, mas também em relação à segurança humana (ABRA et al., 2019).

Segundo essa abordagem, evitar impactos é a primeira medida que

deveria ser considerada no planejamento de qualquer empreendimento, seguida da minimização, restauração e compensação dos danos ambientais (TEIXEIRA et al., 2020).

As demandas de estudos sobre os impactos causados por grandes obras, como as rodovias, criam um novo campo de estudo, chamado Ecologia de Estradas (MEDICI et al., 2019). Este, numa visão macro, visa propostas para lidar com os efeitos ambientais das estradas, com objetivo central de fornecer informações científicas sobre como evitar, minimizar ou mitigar os impactos ambientais negativos do transporte (BALKENHOL; WAITS, 2009). Consiste em uma investigação socioambiental baseada nas evidências de que as rodovias têm efeitos importantes nos ecossistemas e nos processos ecológicos, sendo uma relação entre os organismos e o meio ambiente conectados através das rodovias, veículos e usuários das estradas (FORMAN, 1998).

Esse ramo do conhecimento é relativamente novo e foi proposto por Forman; Alexander (1998) sob o título “Road Ecology: A Solution for the Giant Embracing US”, porém alguns trabalhos já haviam sido realizados décadas antes (DAVIS, 1940; GARLAND; BRADLEY, 1984; KNOBLOCH, 1939), embora não denominados dessa forma, mas seguindo praticamente a mesma linha de pesquisa (SOMBRA JUNIOR, 2019). No Brasil, o primeiro trabalho científico publicado foi registrado há pouco mais de 30 anos, no trabalho de Novelli em 1988, e em 2012 iniciaram-se os estudos de Ecologia de Estradas na Universidade Federal de Lavras, junto ao Departamento de Biologia (BAGER; FONTOURA, 2012).

Esse novo campo de estudo envolve a função das estradas como ecossistemas, seus efeitos deletérios, e o gerenciamento desses empreendimentos (FORMAN et al., 1997).

Conhecido como “fauna de estrada”, os animais atropelados podem servir como indicadores da biodiversidade local, além de fornecerem dados ecológicos sobre a história natural de algumas espécies (HENGEMUHLE; CADEMARTORI, 2008).

Mitigação de Impactos Ambientais consiste em intervenções que visam a reduzir ou remediar os impactos nocivos da atividade humana nos meios físico, biótico e antrópico, com o objetivo de evitar ou prevenir a ocorrência de efeitos indesejáveis ao meio ambiente (SIMA, 2020).

Para selecionar os tipos de medidas mitigadoras mais adequadas e poder avaliar sua efetividade, é importante definir o mecanismo da mitigação. Pensando nas colisões de veículos com a fauna, pode-se pensar em três mecanismos diferentes para a mitigação: mudar o comportamento do animal ou do motorista, impedir o acesso do animal à pista e facilitar a travessia segura (SAITO; BALESTIERI, 2021).

Medidas de mitigação para a redução de atropelamento de fauna são bastante diversificadas e incluem o cercamento das margens de rodovias ou o cercamento associado a passagens de fauna superiores ou inferiores, passagens subterrâneas, viadutos vegetados, sinalização por placas, sistemas eletrônicos de detecção animal, redutores de velocidade físicos (lombadas e tachões) e eletrônicos, entre outros (SMITH; REE; ROSELL, 2015).

O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) exige a instalação de medidas mitigadoras como condição para a emissão de licenças ambientais relacionadas a projetos rodoviários (GOMES et al., 2019), além de outros processos como a Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), com intuito de antecipar e prevenir os efeitos negativos da implantação e operação de um empreendimento ou atividade e o Relatório Impacto Ambiental (RIMA) (CETESB, 2014).

Sob o ponto de vista do sinistro de trânsito envolvendo animal, o Evento Operacional de Trânsito (EOTr) traz dados técnicos que auxiliam no esclarecimento das circunstâncias nas quais determinada espécie estava interagindo na rodovia e participou do sinistro. A interação pode estar relacionada à alimentação, movimento migratório, um indivíduo que abandona o grupo devido a alguma doença, dominância de um grupo em certo trecho, etc. Sobre o fator sazonalidade, os registros dos EOTr(s) trazem informações relacionadas a interação da fauna durante os meses do ano e período do dia (PEDRA, 2021).

Pensando nessa problemática, estudos vêm tentando identificar os chamados *hotspots* de atropelamentos, que consistem em trechos das rodovias que apresentam o maior índice de acidentes envolvendo a fauna (SOMBRA JUNIOR, 2019).

Mapas de *hotspots* baseados em dados de monitoramento e mapas resultantes de modelagem preditiva podem auxiliar no processo de planejamento e decisão para a potencial implementação de medidas de mitigação destinadas a

reduzir colisões entre animais selvagens e veículos e proporcionar oportunidades seguras de travessia para a vida selvagem (ABRA et al., 2019).

O presente estudo teve como objetivo tabular os dados de ocorrências envolvendo animais silvestres no trecho Noroeste da Rodovia Marechal Rondon, SP-300, do município de Bauru a Castilho; criar um mapa de calor com interpolação de densidades, identificar os *hotspots* a partir do mapa de calor e propor a implantação de medidas de mitigação, considerando a segurança dos usuários da rodovia e a reintegração do ecossistema.

2.4 Material e Métodos

2.4.1 Área de estudo

A área de estudo compreendeu o trecho da rodovia Marechal Rondon (SP-300), do município de Bauru/SP, km 336,5, até o km 667,63, no município de Castilho/SP, totalizando 331,13 km (Figura 1), dos quais 330,33km são superfícies duplicadas.

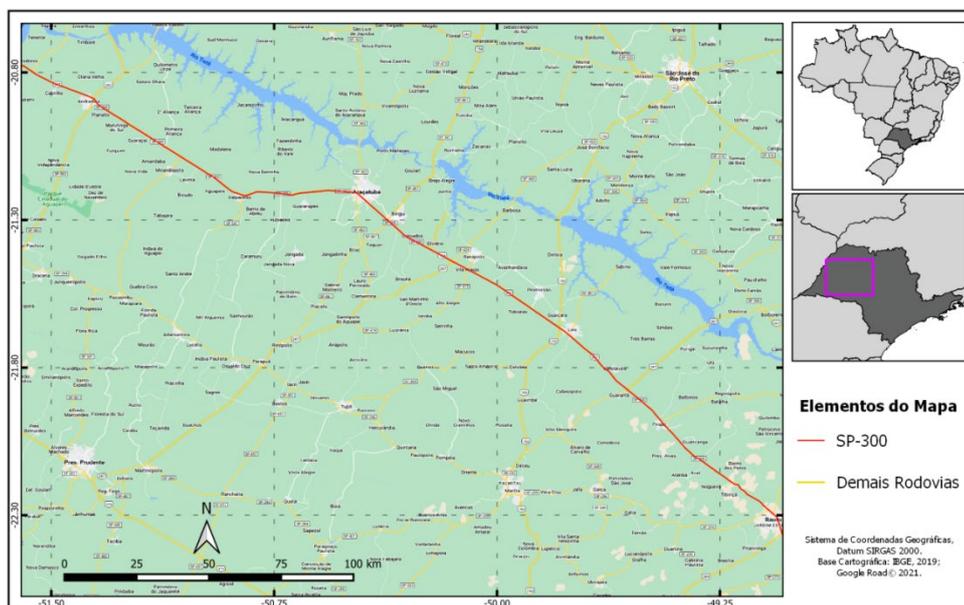
O trecho da rodovia Marechal Rondon (SP-300) é cortado por 25 municípios. São eles: Bauru, Avaí, Presidente Alves, Pirajuí, Guarantã, Cafelândia, Lins, Guaiçara, Promissão, Avanhadava, Penápolis, Glicério, Coroados, Birigui, Araçatuba, Guararapes, Rubiácea, Bento de Abreu, Valparaíso, Lavínia, Mirandópolis, Guaraçá, Murutinga do Sul, Andradina e Castilho.

2.4.2 Amostragem

No presente trabalho foram analisadas as ocorrências com mamíferos silvestres durante o período de janeiro de 2018 a outubro de 2021.

Os dados foram fornecidos a partir de convênio firmado entre a Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – UNESP, a equipe responsável pelo banco de dados e a Associação Mata Ciliar.

Figura 1– Mapa da extensão da SP-300 analisada neste estudo, iniciando no município de Bauru/SP, km 336,5 (canto inferior direito), até o km 667,63, no município de Castilho/SP (canto superior esquerdo).



Fonte: Elaborado pela autora

2.4.3 Monitoramento

O monitoramento foi realizado pela equipe responsável pelo banco de dados, por período integral de 24 horas, com auxílio de carro de suporte e pelo registo das ocorrências, as quais continham as coordenadas geográficas, fuso, características da via, do entorno, o número da ocorrência, data, hora, rodovia, km, sentido. Quanto ao animal acometido era incluído a classificação, nome popular e científico, grupo, porte, quantidade e destinação. Os dados apresentados foram fornecidos mensalmente à equipe de pesquisa e tabulados em planilhas no formato *Microsoft Office Excel*.

2.4.4 Análise de dados

Para análise de dados considerou-se a quantidade de ocorrências, o número de animais envolvidos por ocorrência, as espécies envolvidas, a área ao entorno, o destino dado ao animal (óbito), a estação do ano e período do dia da ocorrência. Foram utilizadas, como critérios de exclusão, as ocorrências envolvendo aves e répteis, e as ocorrências cujo destino do animal era afugentado ou encaminhado.

Posteriormente, os dados foram tratados quanto à quantidade de animais envolvidos em cada ocorrência.

Foi realizada a análise estatística descritiva, contendo o número global de animais. Para análise estatística, os dados foram testados para normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk. Foi realizado o teste ANOVA unidirecional para dados paramétricos com mais de dois grupos por meio do software GraphPad Prism 9®. Os animais que não puderam ser classificados em nível de espécie foram excluídos.

Para os cálculos de densidade de *Kernel*, foi utilizado o software QGIS 3.20, o Sistema de Coordenadas Geográficas Datum SIRGAS 2000, e as imagens de referência com a Base Cartográfica do IBGE (2019), Google Road© (2022) e Google Satellite© (2022) para a criação das figuras contendo o mapa de calor e áreas de entorno. Os parâmetros para a densidade de *Kernel* foram: Raio 1000 m (1 km) (ABRA et al., 2020), tamanho do Pixel X e Y 80, *Kernel Shape Quártico*, renderização da banda Simples Falsa-cor com gradiente invertido, configuração de Valor Max e Min cumulativa corte de contagem 2%-98% e os valores foram arredondados para valores inteiros. Após a análise do mapa de calor, foi realizada a identificação dos *hotspots*, prosseguiu-se a análise e caracterização do entorno para compreender os possíveis fatores de risco para atropelamentos, observando-se a existência da interação e/ou interferência humana nos pontos com maior densidade de ocorrências.

Para avaliar a taxa de atropelamento, foi utilizada a fórmula $TAd = \frac{Ind.}{km/dia}$, onde TAd é a taxa de atropelamento diária, ind = número de atropelamentos registrados, km = quilômetros do trecho amostrado e dia = número de dias de amostragens.

Além dos aspectos relativos à ecologia e distribuição dos grupos indicadores foi também considerado, individualmente e por ordem de importância, o estatuto de conservação das espécies de acordo com o Decreto Nº 63.853, de 27 de nov. 2018 (SP), o Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção, (2018), e a International Union for Conservation of Nature's - IUCN.

2.4.5 Medida de mitigação

Como estratégia de mitigação inicial, confeccionou-se um panfleto educativo, a fim de conscientizar sobre a direção cuidadosa e responsável, contendo

orientações e informações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista.

2.4.6 Resultados

Durante os quatro anos de monitoramento foram registrados 2740 Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr), com envolvimento de 2821 mamíferos silvestres de 20 diferentes ordens, e 36 espécies.

Do total de indivíduos registrados (2821), 154 (5,45%) não foram identificados em nível de espécie devido ao grau de deterioração das carcaças.

A Tabela 1 mostra quantos animais foram envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr) em cada ano do estudo.

Tabela 1 – Número de animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr), em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.

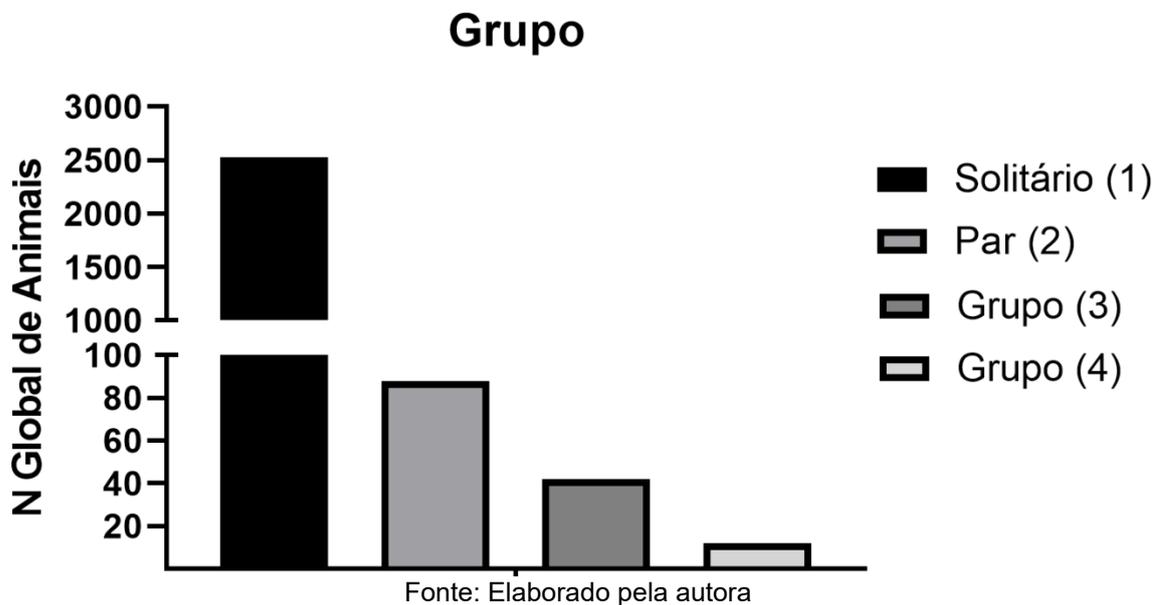
Ano	Eventos Operacionais de Trânsito	Animais envolvidos
2018		738
2019		834
2020		660
2021		589
Total	2740	2821

Fonte: Elaborado pela autora

O estudo dividiu os animais em grupos, classificando-os como solitário (1), par (2), grupo (3) e grupo (4), de acordo com o Evento Operacional de Trânsito (EOTr). Dentre os resultados, existem espécies que são mais acometidos em grupos, como é o caso das Capivaras, que dentre as 517 ocorrências, 48 animais estava em grupos de 4 indivíduos. O macaco-prego, em uma ocorrência, se apresentava em grupo de três animais. Nas outras observações os animais estavam, em geral, solitários. Devido a isso, o número de ocorrências se difere do número global de animais.

De acordo com o apresentado na Figura 2, observa-se que os animais solitários morrem mais que aqueles que se apresentam em grupos.

Figura 2 – Número de óbito, de acordo com o grupo, solitário (1), par (2), grupo (3) e grupo (4) dos animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito (EOTr), em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



A Tabela 2 mostra a riqueza de espécies (quantidade de espécies envolvidas) por ano e a taxa de atropelamento (total de animais envolvidos / número de monitoramentos / extensão em quilômetros) anual.

Tabela 2 - Riqueza de espécies e taxa de atropelamento (ind./km/dia) anual.

Ano	Riqueza	Taxa de atropelamento
2018	24	0,0061
2019	28	0,0069
2020	27	0,0054
2021	28	0,0058

Fonte: Elaborado pela autora

Os animais foram agrupados na classificação Família, exceto os indivíduos não identificados, que foram 12 macacos, 69 gambás, e 73 tatus, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Ordem e Número Global de Animais (NGA) envolvidos em EOTs, em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.

Família	Número Global de Animais	Família	Número Global de Animais
Atelidae	5	Erinaceidae	11
Canidae	716	Felidae (grande porte)	38
Caviidae	526	Felidae (pequeno porte)	1
Cebidae	21	Leporidae	292
Cervidae	19	Myrmecophagidae	180
Cricetidae	6	Mustelidae	21
Cuniculidae	1	Procyonidae	56
Dasipodidae	736	Suidae	5
Didelphidae	3	Tayassuidae	17
Echimydae	11	Tapiridae	2

Fonte: Elaborado pela autora

Em relação ao estado de conservação de espécies, avaliou-se o grau a nível estadual (Decreto Nº 63.853, de 27 de nov. 2018 (SP)), nível nacional (Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção, 2018), e a nível mundial (International Union for Conservation of Nature's - IUCN).

O Decreto Nº 63.853, de 27 de nov. 2018 (SP) classifica as espécies como regionalmente extinto (RE), criticamente em perigo (CR), em perigo (EN), vulnerável (VU), quase ameaçada (NT) e dados insuficientes (DD), além dessas definições, o Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção e a IUCN possuem a classificação menos preocupante (LC).

A Tabela 4 apresenta espécies encontradas em EOTr(s) com algum grau de preocupação de acordo com o nível estadual, e a comparação com os status a nível nacional e internacional.

Tabela 4 - Espécies envolvidas em EOTr(s) com algum grau de preocupação nas listas de extinção a nível estadual (Decreto N° 63.853, de 27 de nov. 2018 (SP), nível nacional (Livro Vermelho de Espécies Brasileiras Ameaçadas de Extinção, 2018) e a nível mundial (IUCN) em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.

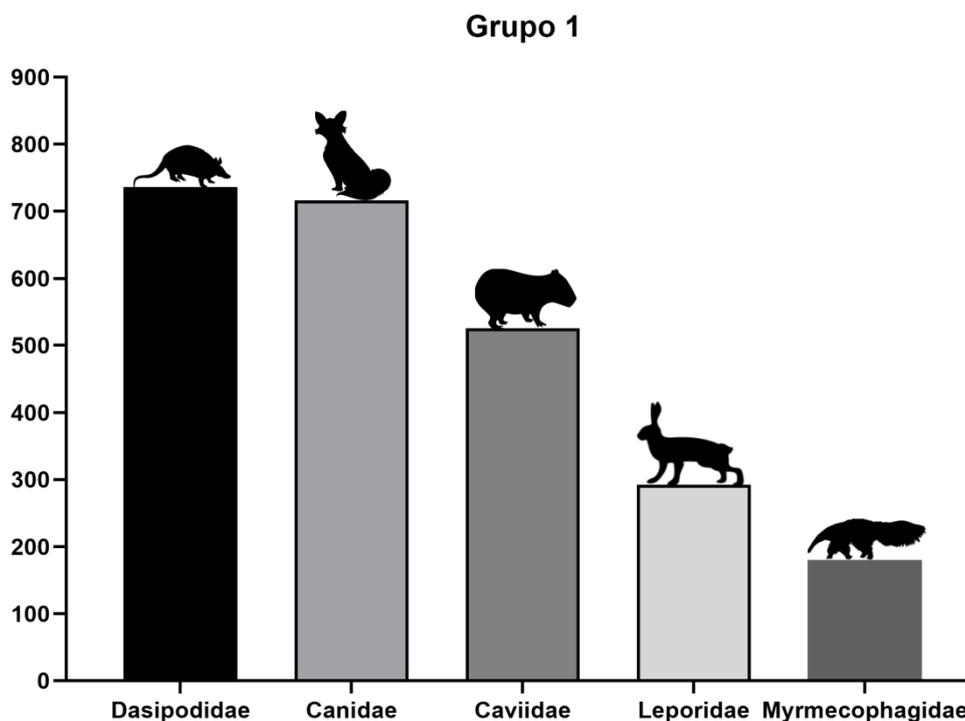
Nome popular	Nome científico	São Paulo	Brasil	Mundo
Anta	<i>Tapirus terrestris</i>	EN	VU	VU
Bugio	<i>Alouatta caraya</i>	EN	NT	NT
Gato-mourisco	<i>Puma yagouaroundi</i>	NT	VU	LC
Jaguatirica	<i>Leopardus pardalis</i>	VU	LC	LC
Lobo-guará	<i>Chrysocyon brachyurus</i>	VU	VU	NT
Lontra	<i>Lontra longicaudis</i>	VU	-	NT
Onça-parda	<i>Puma concolor</i>	VU	NT	LC
Onça-pintada	<i>Panthera onca</i>	CR	VU	NT
Queixada	<i>Tayassu pecari</i>	EN	VU	VU
Raposa-do-campo	<i>Lycalopex vetulus</i>	VU	VU	NT
Tamanduá-bandeira	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	VU	VU	VU
Veado-campeiro	<i>Ozotoceros bezoarticus</i>	CR	VU	NT

Fonte: Elaborado pela autora

A família Dasipodidae, representada pelos tatus, tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*) e tatupeba (*Euphractus sexcinctus*) foi a mais acometida, totalizando 28,67% (n = 809) dos casos, seguida pela Canidae, com cachorro-domato (*Cerdocyon thous*), lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), e raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*) (25,38%, n = 716), Caviidae, representada pelas capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) e preá (*Cavia aperea*) (18,64%, n = 526), Leporidae, com as lebres (*Lepus europaeus*) e tapitis (*Sylvilagus brasiliensis*), com 10,35% (n = 292) e Myrmecophagidae, tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e

tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*), com 180 indivíduos (6,38%) (Figura 3).
Dentre todas as espécies, a capivara foi a mais acometida, representando 18,36% dos óbitos (n = 518).

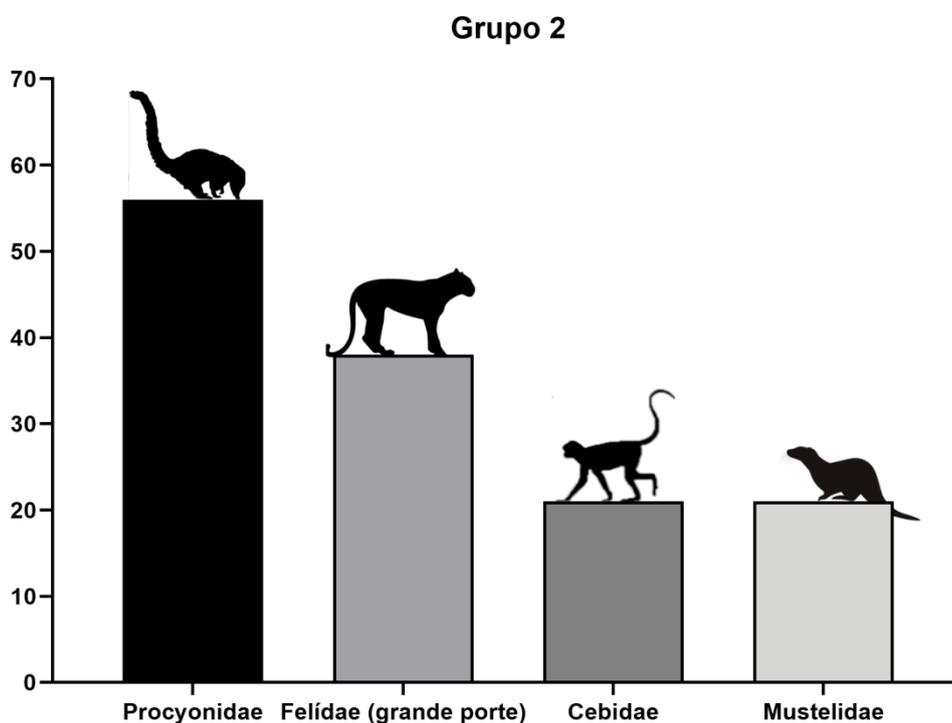
Figura 3 – Grupo 1: famílias com 100 a 1000 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

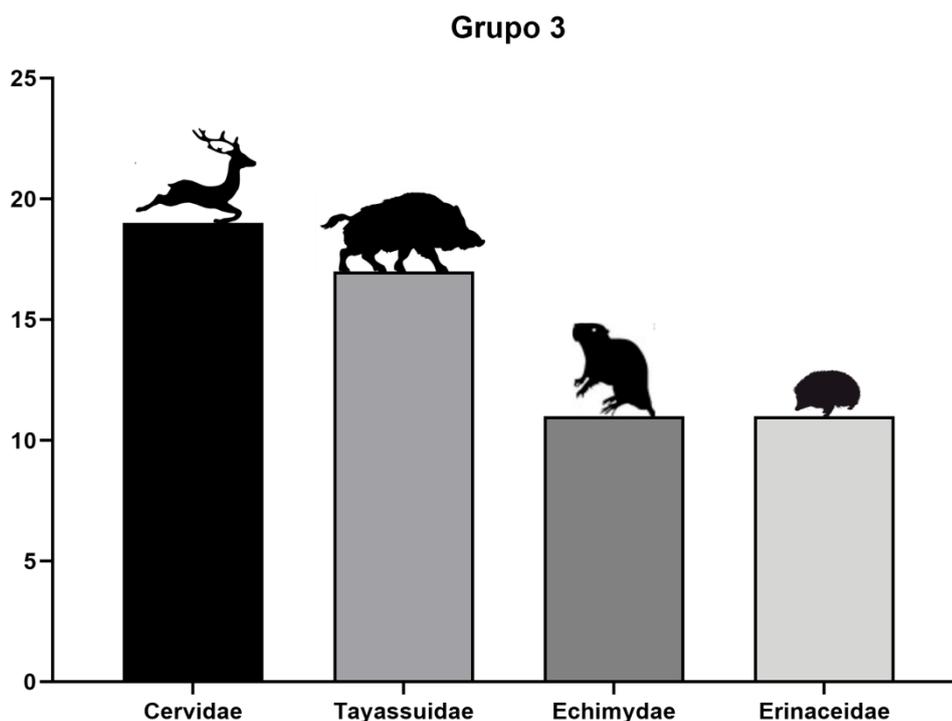
O grupo dois é constituído pelas famílias com 20 a 60 indivíduos (Figura 4), já o terceiro grupo é representado por famílias que tiveram de 10 a 20 animais atropelados (Figura 5) e o grupo quatro pertence àquelas que menos foram atropeladas, de 1 a 10 animais (Figura 6).

Figura 4 – Grupo 2: famílias com 20 a 60 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



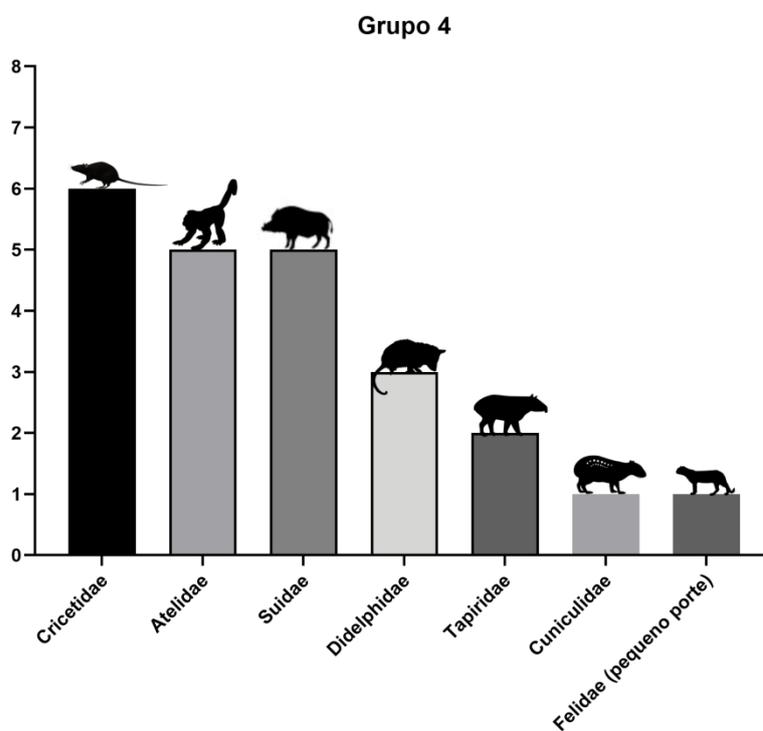
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 5 – Grupo 3: famílias com 10 a 20 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

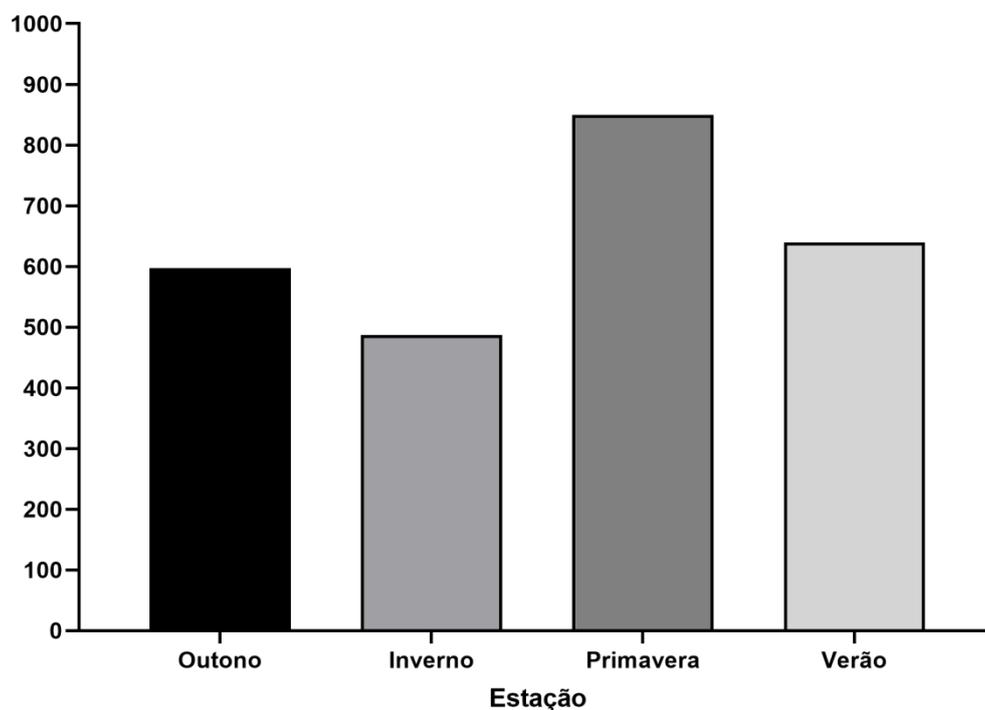
Figura 6 – Grupo 4: famílias com 1 a 10 representantes atropelados em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

A análise estatística ANOVA unilateral foi significativa para as estações do ano, quando comparada primavera e inverno (p valor = 0,04). Na primavera 872 animais vieram a óbito (32,70%) seguido pelo outono (24,56%, n = 655), verão (21,90%, n = 584) e inverno, com 556 animais acometidos (20,85%), como apresentado na Figura 7.

Figura 7 – Número de animais envolvidos em Eventos Operacionais de Trânsito de acordo com a estação do ano, em um trecho da SP-300, nos anos 2018 – 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

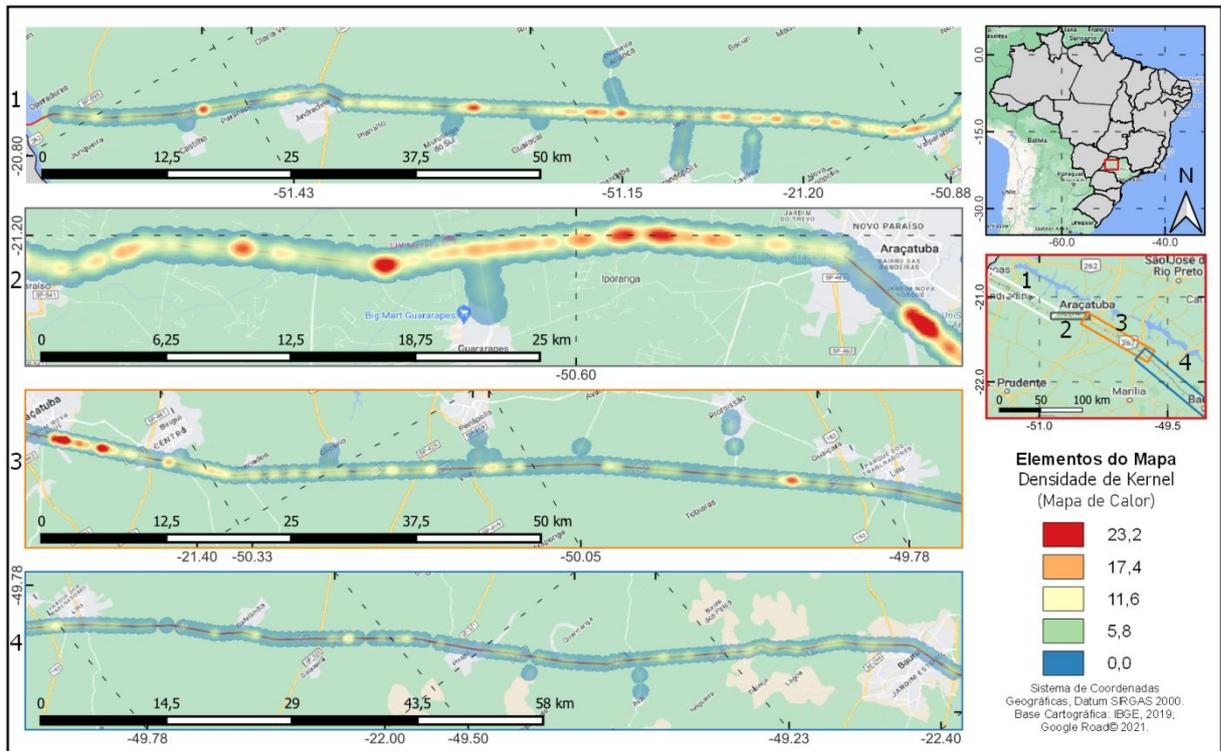
Em relação ao número global de animais, o período em que mais se observou óbitos foi o matutino, das 06h00min-11h59min ($n = 1371$), seguido pela madrugada, 00h00min-05h59min ($n = 663$), noturno, 18h00min-23h59min ($n = 575$) e vespertino, 12h00min-17h59min ($n = 212$).

O comportamento de tráfego no trecho estudado foi de 38.673 milhões de veículos em 2018, 37.776 em 2019, 35.509 em 2020 e 37.468 em 2021. Sendo os volumes de tráfego mais altos nas proximidades das cidades de Bauru, Avaí, Pirajuí, Lins, Guaiçara, Birigui e Araçatuba.

O mapa de *Kernel* é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões, onde cada uma das observações é ponderada pela distância em relação a um valor central, o núcleo. No mapa é plotado, por meio de métodos de interpolação, a intensidade pontual de um fenômeno na região estudada.

Os pontos com maior densidade de calor que foram observados na rodovia se apresentam na Figura 8.

Figura 8 – Mapa de densidade de Kernel do número global de mamíferos atropelados na Rodovia SP-300 (Marechal Rondon), no período de 2018 a 2021.

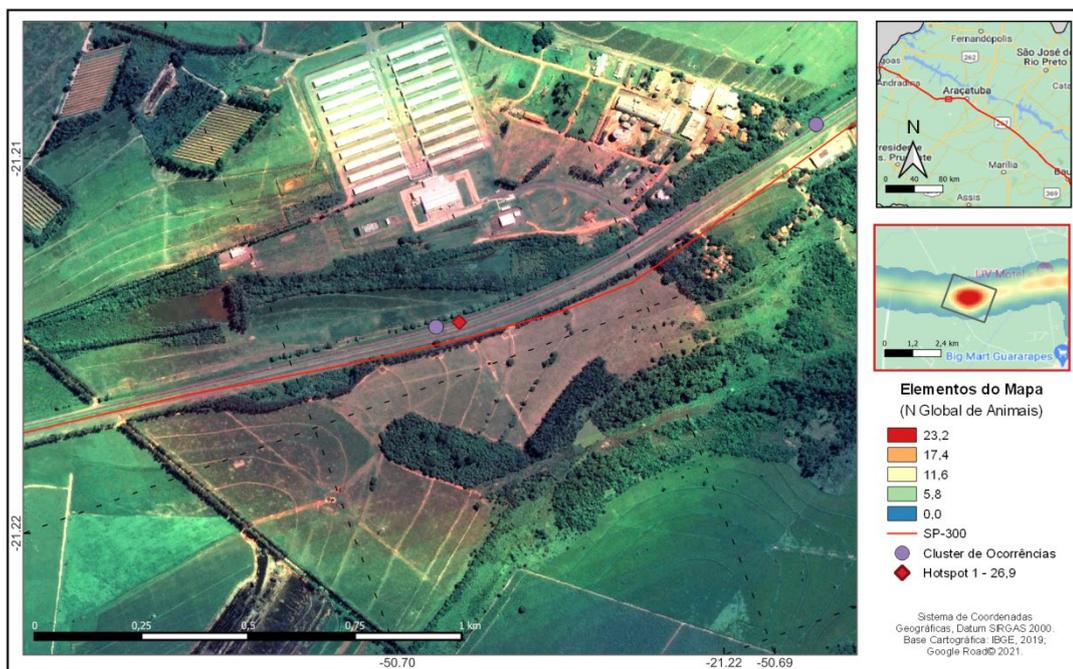


Fonte: Elaborado pela autora

A partir da densidade de Kernel, foi realizada a identificação dos *hotspots*, para observar a interação e ou interferência humana, o que foi positivo para todos os pontos. Outra observação interessante é a presença de rios e corpos d'água próximos aos pontos de calor.

Três *hotspots* foram mapeados (Figuras 9, 10 e 11) e quatorze pontos de cuidado (epicentros), que devem ser monitorados, foram encontrados (Figuras 12-25).

Figura 9 – Representação dos Hotspots e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -506921, long. -2121486, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



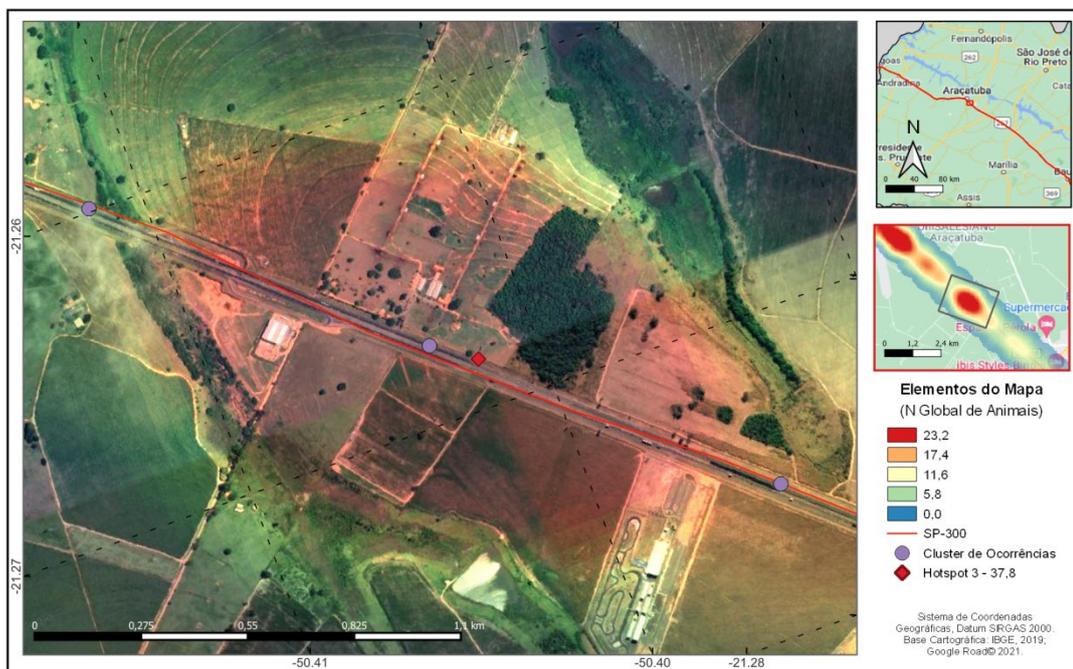
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 10 – Representação dos Hotspots e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5043203, long. -2124327, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



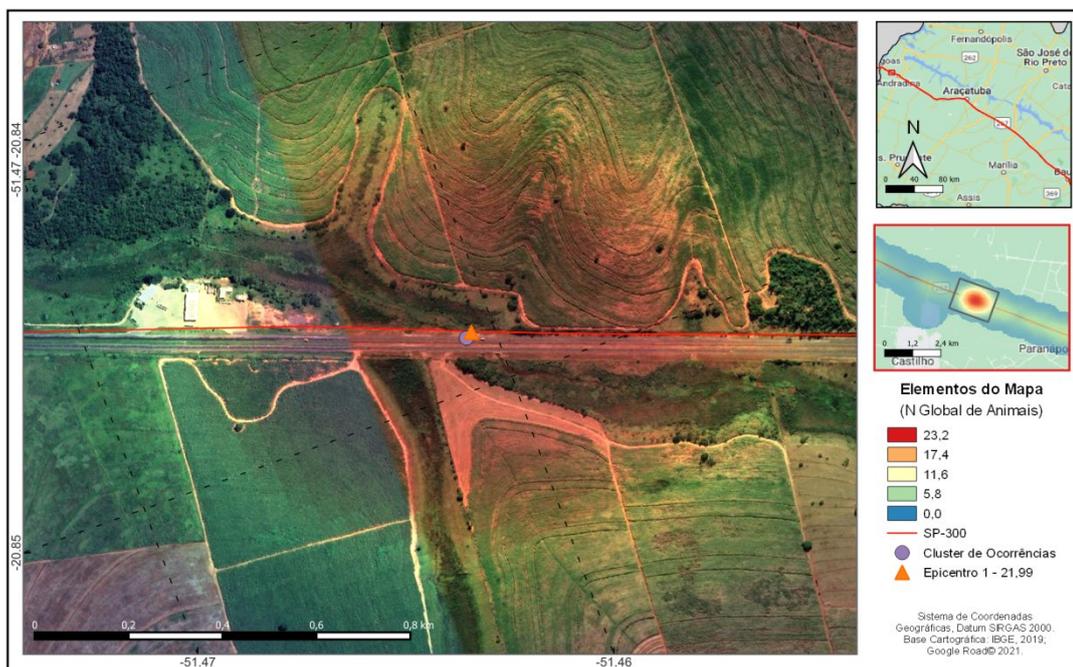
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 11 – Representação dos *Hotspots* e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5040153, long. -2127076, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



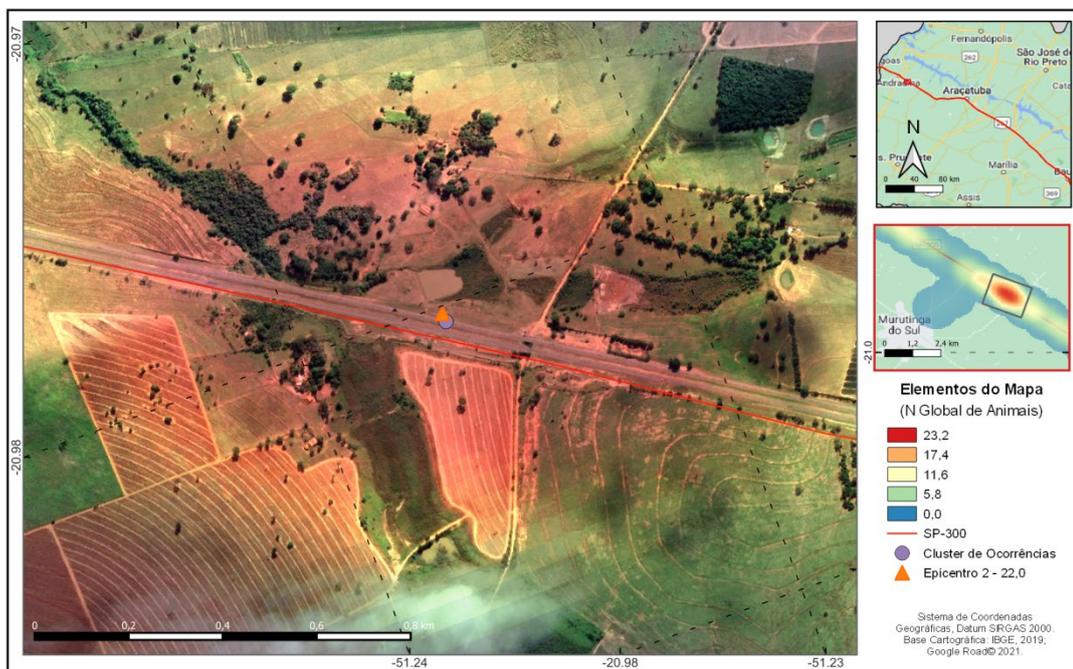
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 12 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -51464466, long. -20846862, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



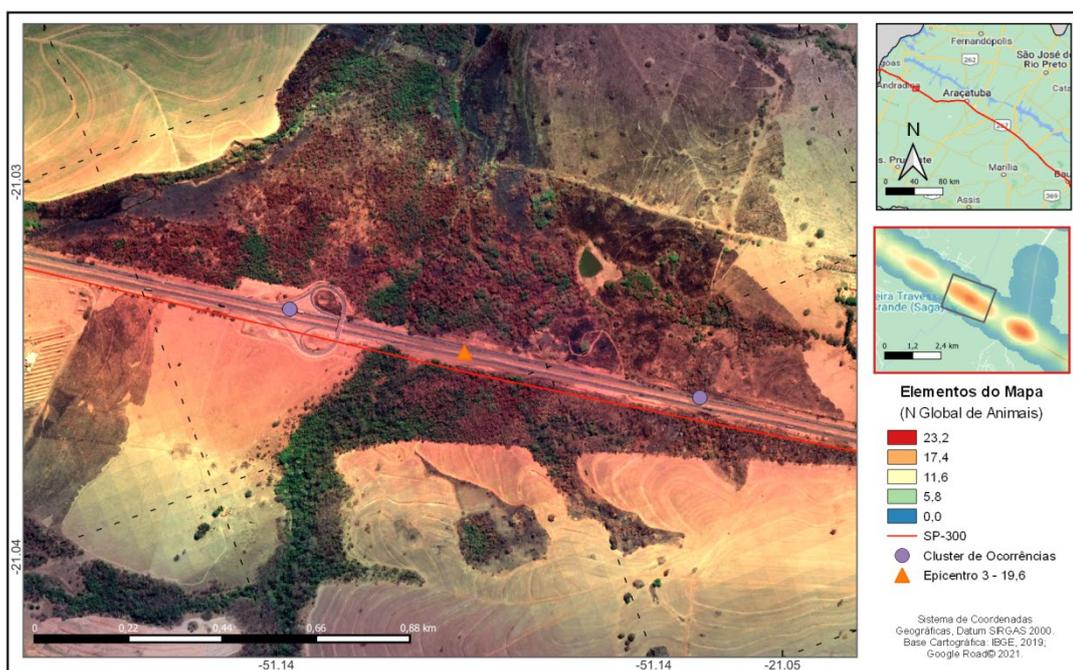
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5123696, long. -2097615, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



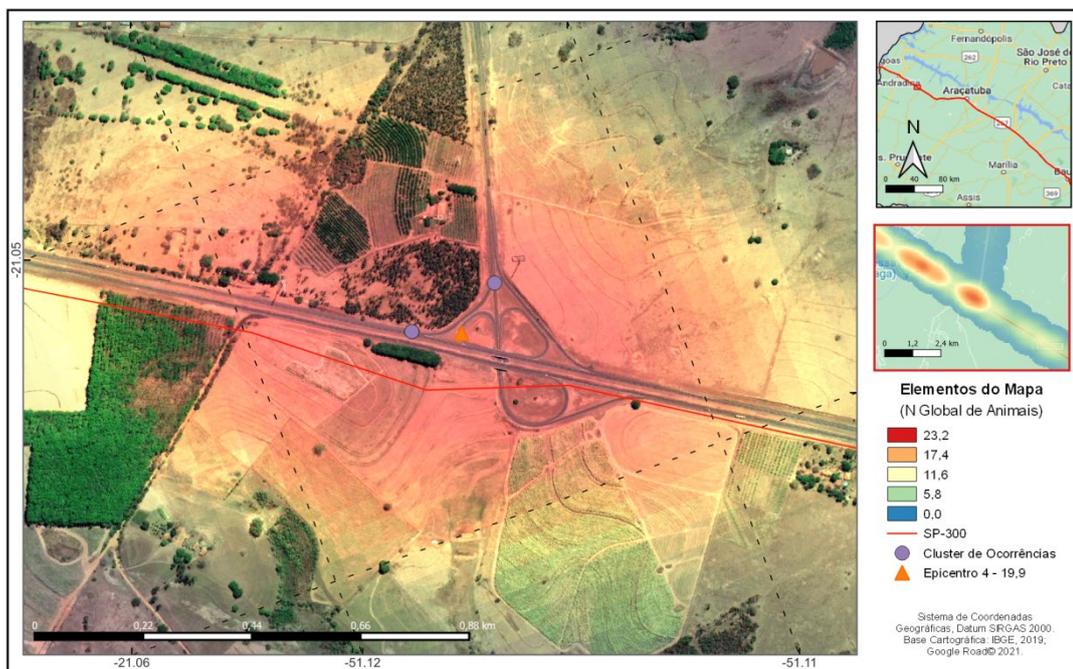
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 14 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5113764, long. -2103904, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



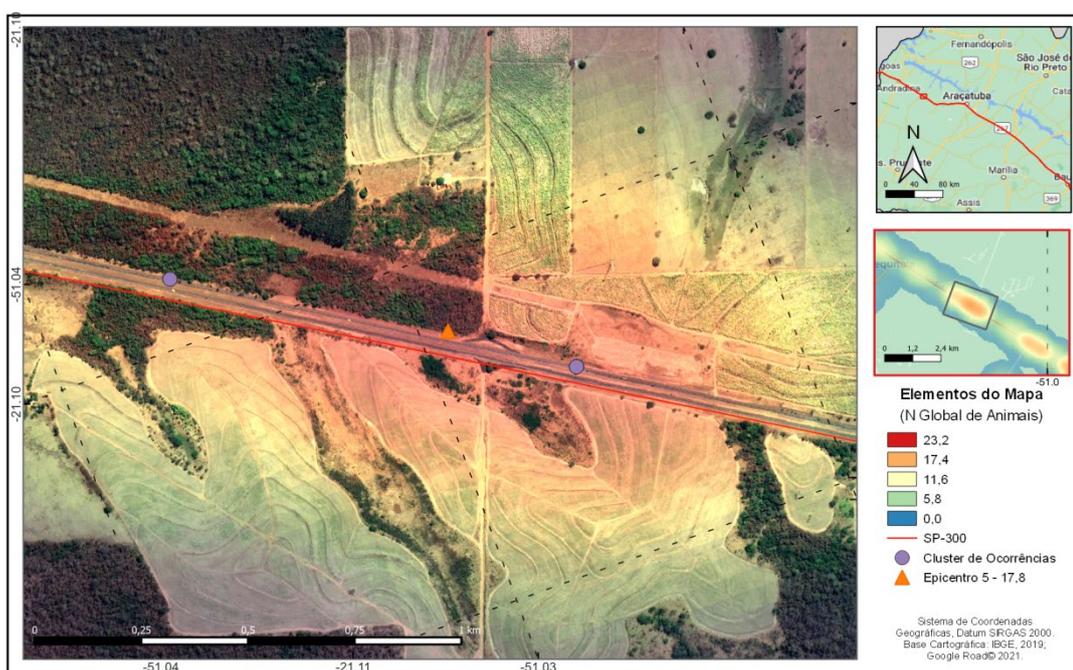
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 15 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5111603, long. -2105227, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



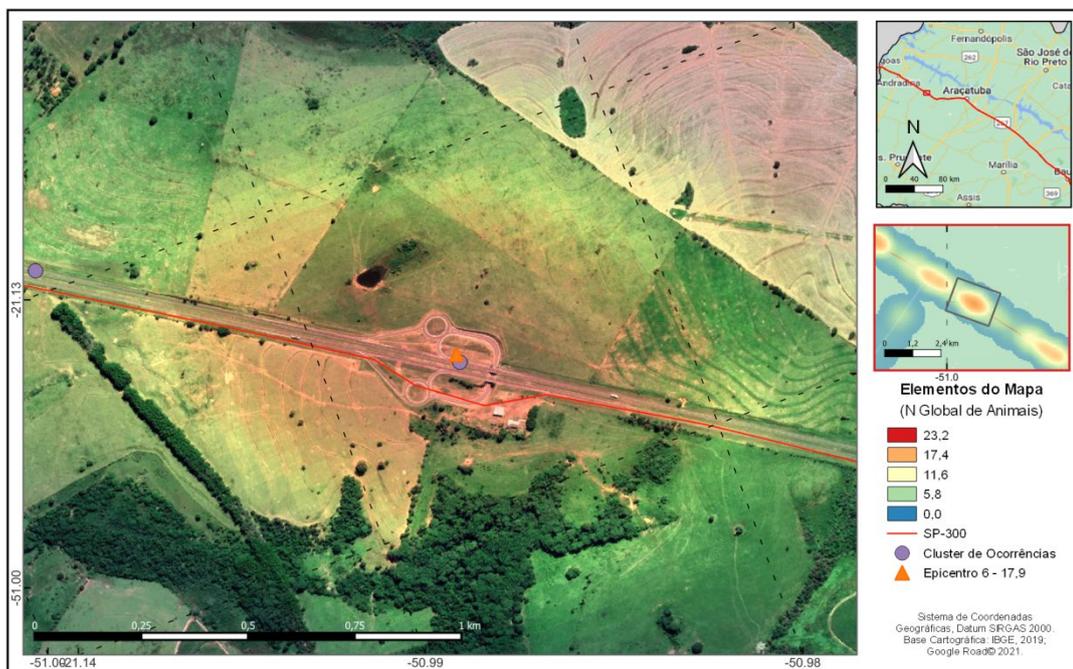
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 16 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5103136, long. -2110572, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 17 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -50989, long. -2113251, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



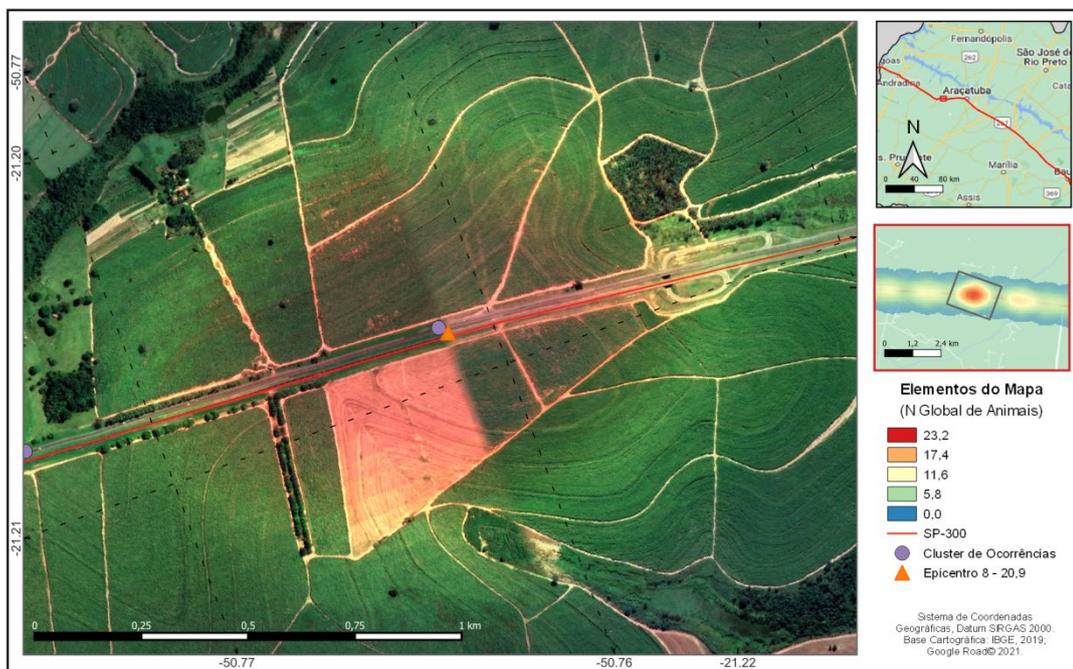
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 18 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -508762, long. -2120866, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



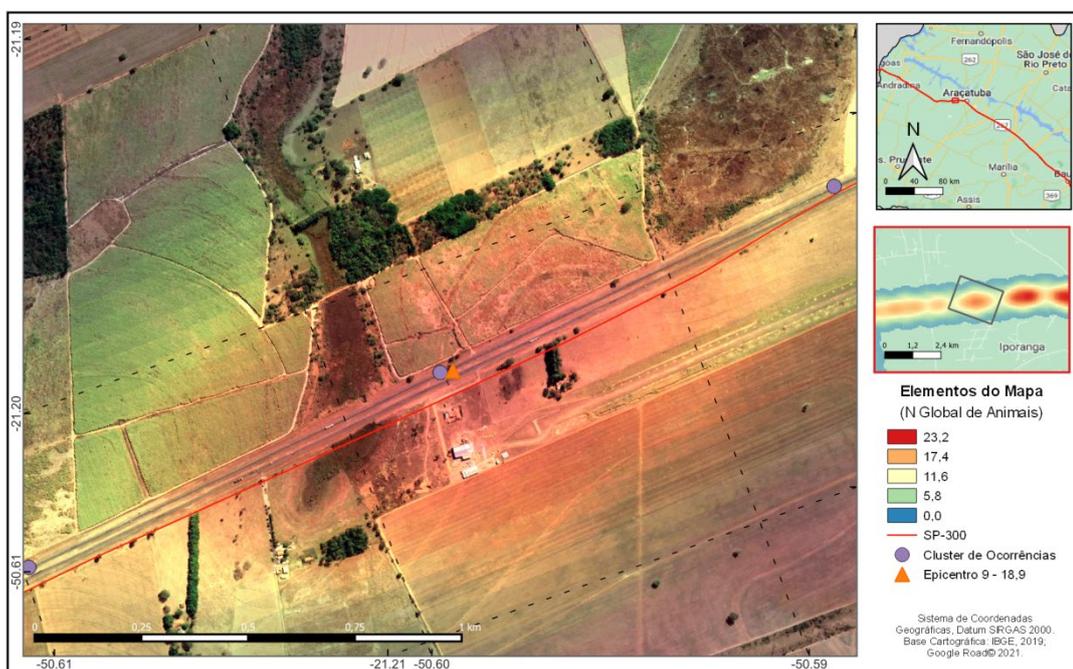
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 19 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5076102, long. -2120689, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



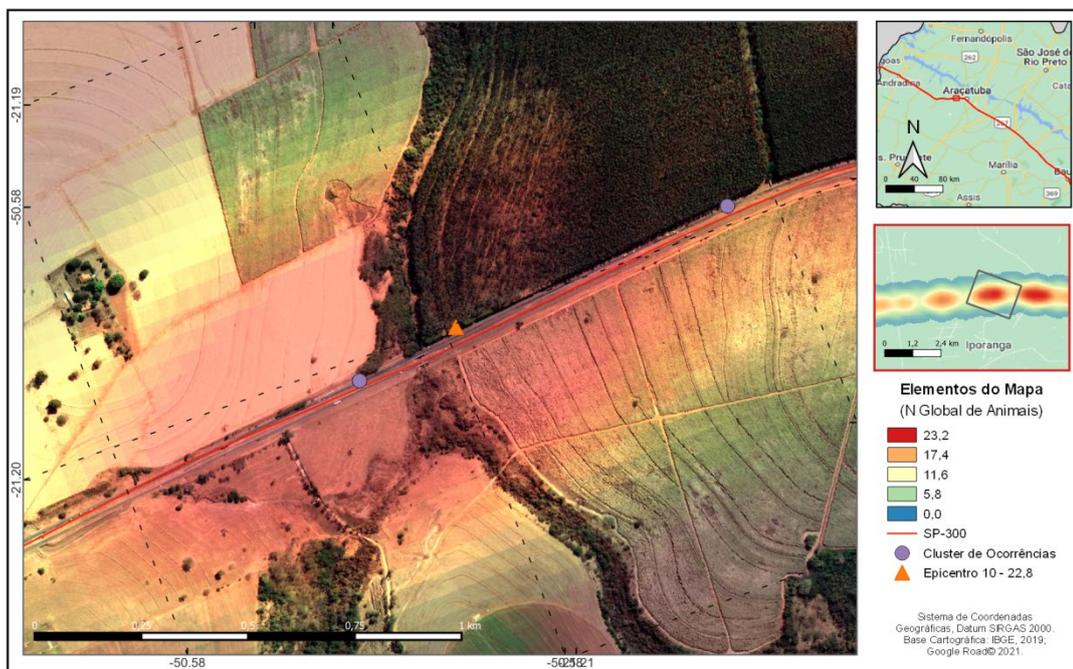
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 20 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5059733, long. -212024, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



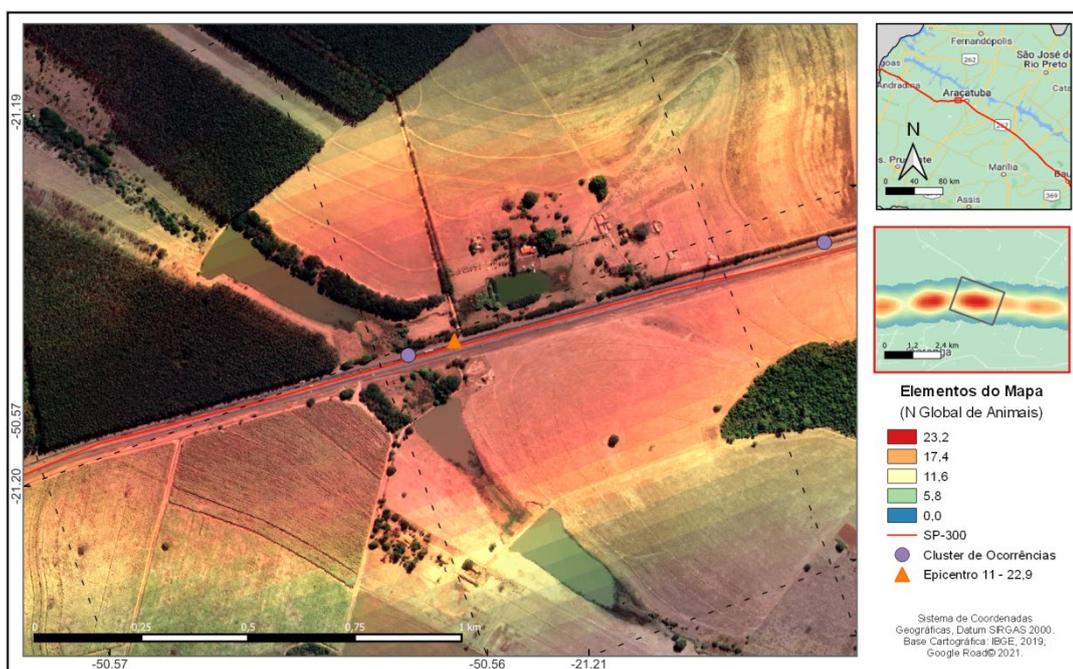
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 21 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5057576, long. -2120008, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 22 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5055824, long. -2120022, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



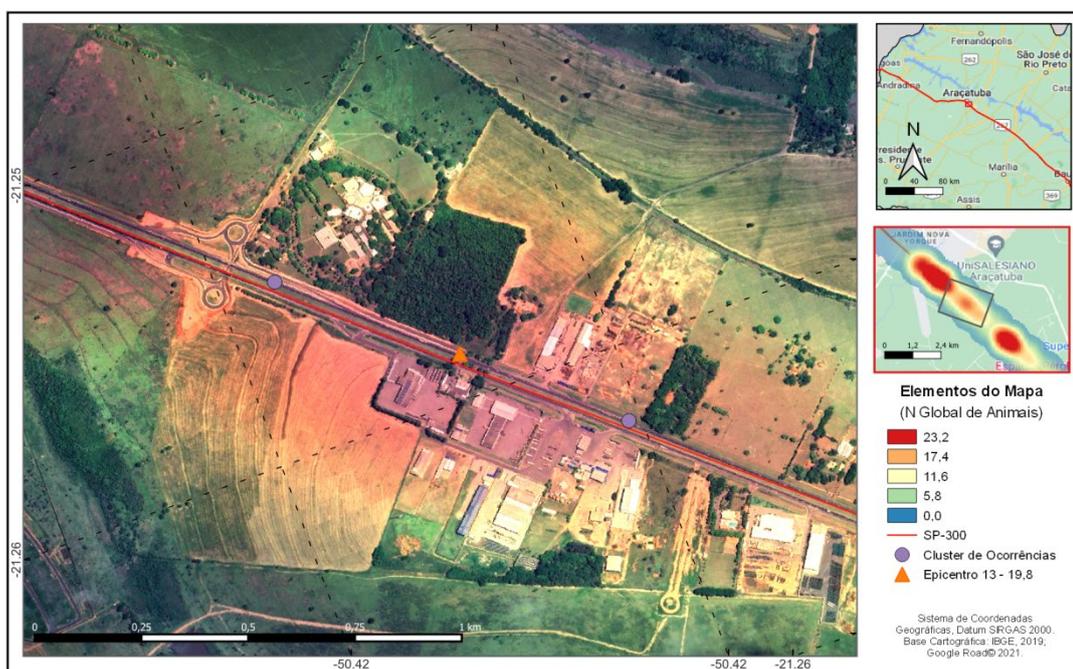
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 23 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon lat. -5053381, long. -212023, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



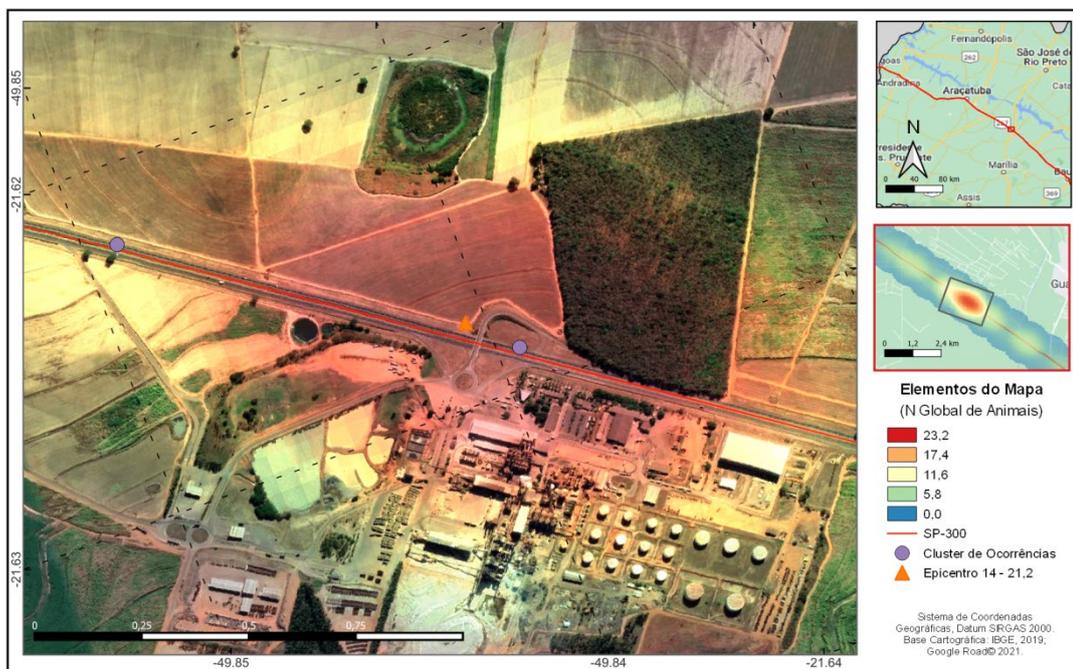
Fonte: Elaborado pela autora

Figura 24 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -5041934, long. -2125497, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 25 – Representação dos pontos de cuidado e seu entorno da Rodovia SP-300 (Rod. Marechal Rondon), lat. -4984045, long. -2163015, relevante para acidentes com atropelamento de mamíferos silvestres, definidos a partir de estudo de ocorrências realizado durante os anos de 2018 e 2021.



Fonte: Elaborado pela autora

A Figura 26 contém o panfleto educativo criativo ao final do estudo.

Figura 26 – Panfleto educativo contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista.

Impactos ambientais frente à construção de estradas:

- fragmentação de habitats
- dispersão de espécies
- acidentes fatais para animais e condutores

Medidas de mitigação (para minimizar os acidentes):

- passagem de fauna;
- cercas;
- corredores vegetais;
- placas de sinalização;
- redutores de velocidade.

Medidas preventivas realizadas pela ViaRondon:

- monitoramento das rodovias por meio de câmeras;
- instalação de telas ao longo da extensão do trecho administrado;
- construção e manutenção de passagens de animais;
- monitoramento dos acidentes com animais;
- treinamento das equipes de resgate;
- convênio com órgãos municipais, universitários e organizações não governamentais para atendimento aos animais resgatados.

Recomendações ao encontrar animais na pista:

- não utilize a buzina;
- respeite a placa com indicação de presença de animais;
- não incida luz sobre o animal
- após ultrapassar por um animal, sinalize para os motoristas que venham em direção oposta;
- se possível, ligue pra o 0800 do responsável pela rodovia e comunique a presença do animal na pista, informando quilômetro e sentido da rodovia (leste ou oeste).

Elaborado pela Médica Veterinária Gabriela Cortellini Ferreira Ramos, doutoranda em Ciência Animal e Orientadora Márcia Marinho - Faculdade de Medicina Veterinária UNESP, campus de Araçatuba.

Apoio:

Fonte: Elaborado pela autora

2.5 Discussão

O número de ocorrências foi inferior ao número de animais atropelados, pois algumas colisões entre animais e automóveis envolveram mais de um animal, sobretudo de espécies que têm por hábito andar em grupo, como a capivara. Em seu estudo, Freitas; Barszcz (2015) mapeou 125 ocorrências e o total de 135 animais silvestres e domésticos atropelados durante cinco anos de avaliação.

A redução acentuada ocorrida em 2020 esta, provavelmente, relacionada com o decréscimo da intensidade de tráfego devido à pandemia da Covid19, já que esta motivou a aplicação de várias medidas de confinamento e restrição de circulação, ao longo de vários períodos do ano (GARCIA, 2021).

A não identificação de espécies devido ao grau de deterioração das carcaças não é um empecilho encontrado somente nesse estudo. Cunha, Hartmann e Hartmann (2015) apresentaram dificuldade em identificar 25% do total do registro.

A divisão dos animais em grupos, classificando-os como solitário (1), par (2), grupo (3) e grupo (4) se deu para demonstrar que o número de ocorrências pode ser diferente do número de animais acometidos. As capivaras morrem em grupo por possuírem estrutura social que, em áreas pouco alteradas, os grupos variam de três a 14 indivíduos, diferentemente das áreas antropizadas, em que os grupos podem conter mais de 40 indivíduos adultos (FERRAZ; VERDADE, 2001). Os macacos-prego também são animais que vivem em bando, podendo ser encontrados com cerca de 6 a 30 indivíduos (LOPES; PAULA, 2019).

Características como comportamento alimentar, idade, sexo, densidade populacional, período de atividade e distância de dispersão, explicam, em parte, a variação na frequência de atropelamentos da fauna (JAARSMA; VAN LANGEVELDE; BOTMA, 2006), podendo, além do fato da maioria dos mamíferos aqui encontrados ser espécies de comportamento social solitário, explicar os resultados.

Quanto à riqueza de espécies, assim como Cunha, Hartmann e Hartmann (2015), os atropelamentos foram concentrados em poucas espécies dentro de cada grupo, sempre com frequências sensivelmente maior que as demais.

As vantagens mais óbvias do uso da taxa de atropelamento são: a comparação dos resultados de diferentes períodos e trechos, cálculos de médias e a comparação com outros estudos (BAGER, 2017).

O agrupamento em famílias também foi feito por Dupont e Lobo (2012), porém foram estudadas as classes Mammalia, Aves e Reptilia, onde as Aves foram as mais acometidas.

A avaliação do estado de conservação das espécies foi feito em três níveis (estadual, nacional e mundial), onde, foram encontradas 12 espécies com algum grau de preocupação em pelo menos um nível. O mesmo foi feito por Abra et al., (2021), que encontrou oito espécies ameaçadas de extinção em um dos três níveis.

Prada (2004) também encontrou um alto índice de ocorrências com tatus, atribuindo ao fato destes animais terem a visão pouco desenvolvida e a audição apenas medianamente acurada, executando grande parte da percepção do ambiente utilizando o olfato, além de terem movimentação lenta e pouco ágil, juntamente com o hábito necrófago, indo para a pista para se alimentarem de carcaças.

Com grandes áreas de vida, os canídeos são expostos a várias travessias de estradas, além de o hábito alimentar, predadores carniceiros, o que faz com que provavelmente usam as rodovias como áreas de alimentação (CAIRES et al., 2019), resultando em uma alta taxa de atropelamentos.

Dentre os canídeos atropelados temos o preá, um animal que utiliza os entornos das rodovias para fazer trilhas e reprodução (SANTANA, 2012), porém, a grande maioria dos registros foi com as capivaras, atribuindo-se ao fato de ser uma espécie generalista, localmente abundante, com grande capacidade de deslocamento e muito atraída pelos recursos ou características ambientais favoráveis (DEFFACI et al. 2016).

Preocupa-se o alto índice de envolvimento dos tamanduás. Tamanduás são insetívoros que podem viver em ambientes variados, terrestres ou arborícolas, com hábitos diurnos e noturnos, sendo o tamanduá-bandeira uma espécie em risco de extinção, já extinto em alguns estados brasileiros, como Rio de Janeiro e Espírito Santo (CURVO et al., 2021).

De acordo com as pesquisas de Curvo et al. (2020), as capivaras são os animais mais atropelados no Brasil e Abra et al. (2021) mostraram que as capivaras correspondem a mais de um terço de todos os atropelamentos registrados, enfatizando a urgência de ações de manejo que limitem o acesso dessa espécie às estradas.

Lebres e javalis participaram desse estudo por, apesar de serem espécies exóticas, representam riscos a fauna e flora locais, causam perdas econômicas (AXIMOFF et al., 2022) e apresentam riscos aos condutores de veículos em caso de atropelamento.

Apesar do que sugerem alguns estudos, onde a estação seca tem maior incidência de atropelamentos, indicando que os animais têm maior necessidade de locomoção pelo fato de existir escassez de recursos (SOUSA; MIRANDA, 2017), Rodrigues et al. (2002) também demonstraram um maior número de ocorrências no período de chuvas (outubro, novembro e dezembro), creditando a se tratar da época de reprodução de diversas espécies.

A hora do dia dos relatórios é influenciada pela capacidade da verificação das carcaças, fazendo com que, em alguns casos, o atropelamento pode ter ocorrido durante as horas escuras do dia, e não na hora do relato da carcaça, o que pode interferir nos resultados, acreditando-se que a hora do dia do atropelamento esteja relacionada ao período de atividade da espécie (a maioria noturna) e ao volume do tráfego (ABRA et al., 2021).

Em todos os *hotspots* identificados no mapa de densidade de Kernel, as áreas de entorno se apresentavam antropizadas (agricultura, pastagem ou cidade), porém, com alguns fragmentos de mata presentes, o mesmo fato também foi observado por Ribeiro, Mello e Valente (2020).

As matas ciliares são habitats de diversas espécies e cumprem a importante função de corredores para a fauna, pois permitem que animais silvestres possam deslocar-se de uma região para outra, tanto em busca de alimentos como para fins de acasalamento (WWFBRASIL, 2012). Caracterizam-se por ficar às margens de rios, igarapés, lagos, olhos d'água e represas. De acordo com a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, áreas de preservação permanente (APPs) são as florestas e demais formas de vegetação naturais situadas às margens de lagos ou rios (perenes ou não); nos altos de morros; nas restingas e manguezais; nas encostas com declividade acentuada e nas bordas de tabuleiros ou chapadas com inclinação maior que 45° e nas áreas em altitude superior a 1.800 metros, com qualquer cobertura vegetal (BRASIL, 1965).

As florestas de preservação permanentes existentes ao longo dos rios, assim consideradas pelo único efeito do que dispõe o Código Florestal, devem

existir obrigatoriamente nos locais indicados, sendo que o Poder Público não pode permitir sua destruição.

Os limites das APPs às margens dos cursos d'água variam entre 30 e 500 metros, dependendo da largura de curso, contados a partir do leito maior. Também devem ser mantidas APPs em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e “olhos d'água”, ainda que sequem em alguns períodos do ano (BRASIL, 2012), podendo explicar o porquê dos *hotspots* terem apresentado fragmentos de mata.

O estudo realizado por Lozano e Patiño-Siro (2020) sugere uma combinação de esforços multidisciplinares para redução de atropelamentos de animais selvagens e acidentes, combinando as estratégias de curvas bem marcadas, com sinais verticais e tratamentos de marcação de superfície que informam o motorista da necessidade de desacelerar antes de uma curva e a construção de curvas com maior raio, proporcionando mais espaço para manobra do veículo, associados com cruzamentos de vida selvagem multiespécies, barreiras rodoviárias para animais e a educação e o treinamento para motoristas.

Jötten e Camara (2017) enfatizam a relevância da relação entre design e educação ambiental e a importância do “design social” (ou socialmente responsável). Concordando com essa ideia, elaborou-se um panfleto educativo (Figura 26) com o intuito de conscientizar o condutor sobre a direção cuidadosa e responsável, além de orientar o usuário da rodovia sobre como proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista.

Estudos se fazem necessários a fim de se traçar estratégias de mitigação no sentido de preservação da fauna e da segurança da rodovia. Assim, a criação de corredores de fauna associados ao cercamento torna-se uma medida mais eficiente (HUIJSER et al., 2013).

Ressalta-se ainda que todas as bases de dados que serviram como fontes para o desenvolvimento da pesquisa estão preservadas por acordo de sigilo. Outrossim, que todos os dados compilados, analisados, assim como as conclusões e demais fundamentações do estudo são de responsabilidade única e exclusiva dos autores, não havendo conflito de interesse.

2.6 Conclusão

Neste trabalho foi realizada a observação da área do entorno, identificação dos *hotspots* e comportamento natural das espécies. Pelos resultados encontrados, podemos inferir que medidas de mitigação são necessárias como: A instalação de passagens de fauna, associados ao cercamento e a sinalização da rodovia, principalmente nos pontos de maior ocorrência, como também a criação de políticas públicas para a preservação da fauna e do meio ambiente.

2.7 Referências

ABRA, F. D.; GRANZIERA, B. M.; HUIJSER, M. P.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; HADDAD, C. M.; PAOLINO, R. M. Pay or prevent? Human safety, costs to society and legal perspectives on animal-vehicle collisions in São Paulo state, Brazil. **Plos One**, San Francisco, v. 14, n. 4, p. 1-22, 11 abr. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0215152>. Acesso em: 17 jun. 2022.

ABRA, F. D.; HUIJSER, M. P.; MAGIOLI, M.; BOVO, A. A. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, London, v. 7, n. 1, p. 1-12, jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06015>. Acesso em: 17 jun. 2022.

AGÊNCIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO - ARTESP. **Programa de concessões**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/Style%20Library/extranet/rodovias/programa-de-concessoes.aspx>. Acesso em: 17 jun. 2022.

AXIMOFF, I.; SANTOS, A. M.; TOLEDO, K. S.; FREITAS, A. C.; GUILLOBEL, H. C. R. Medium and large sized mammals in fragment at Cerrado, Minas Gerais, Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 1, p. 64-76, 16 mar. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2022.2601.08>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BAGER, A. **Ecologia de estradas**: tendências e pesquisas. Lavras: Empreendedor Acadêmico, 2017. 297 p.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 53, p. 31-38, abr. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.006>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil: contexto histórico e perspectivas. In: BAGER, A. **Ecologia de estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: Ed. do Autor, 2012. p. 12-33.

BALKENHOL, N.; WAITS, L. P. Molecular road ecology: exploring the potential of genetics for investigating transportation impacts on wildlife. **Molecular Ecology**, Chichester, v. 18, n. 20, p. 4151-4164, 1 set. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-294x.2009.04322.x>. Acesso em: 3 maio 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **Informações gerais**. Brasília, DF, 2022. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/informacoes-gerais>. Acesso em: 3 maio 2022.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte. **Anuário CNT do Transporte: estatísticas consolidadas**. Estatísticas Consolidadas. Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://anuariodotransporte.cnt.org.br/2021/Rodoviario/1-3-1-1-1-/Malha-rodoviária-total>. Acesso em: 3 maio 2022.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 jun. 2022.

CAIRES, H. S.; SOUZA, C. R.; LOBATO, D. N. C.; FERNANDES, M. N. S.; DAMASCENO, J. S. Roadkilled mammals in the northern Amazon region and comparisons with roadways in other regions of Brazil. **Iheringia, Série Zoologia**, Porto Alegre, v. 109, p. 1-9, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4766e2019036>. Acesso em: 17 jun. 2022 data de acesso.

CENTRO BRASILEIRO DE ECOLOGIA DE ESTRADAS - CBEE. **Atropelômetro**. Lavras: UFLA, 2022. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>. Acesso em: 17 jun. 2022.

CERQUEIRA, R.; BRANT, A.; NASCIMENTO, M. T.; PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (orgs.). **Fragmentação de ecossistemas**: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. 2. ed. Brasília: MMA/SBF, 2003. Cap. 1.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Decisão de Diretoria nº 217/2014/I**, de 6 de agosto de 2014. São Paulo: Cetesb, 8 ago. 2014.

CUNHA, G. G.; HARTMANN, M. T.; HARTMANN, P. A. Atropelamentos de vertebrados em uma área de Pampa no sul do Brasil. **Ambiência**, Guarapuava, v. 11, n. 2, p. 307-320, jan./abr. 2015.

CURVO, L. R. V.; ALENCAR, S. B. A.; KREUTZ, F. I.; BARBOSA, G. C. R.; COSTA, C. S.; FERREIRA, M. W. Atropelamento de fauna silvestre em uma Reserva da Biosfera no Brasil: ameaças à conservação do pantanal norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 12, n. 1, p. 114-125, 15 set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.001.0010>. Acesso em: 17 jun. 2022.

DEFFACI, A. C.; SILVA, V. P.; HARTMANN, M. T.; HARTMANN, P. A. Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1205, 28 set. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x22020>. Acesso em: 17 jun. 2022.

DIAS, C. D. C.; LOPES, S. M. C.; REIS, H. J. D. A. Levantamento de vertebrados silvestres mortos por atropelamento em rodovia estadual do Brasil. **Journal Of Biotechnology And Biodiversity**, Tocantinópolis, v. 9, n. 3, p. 229-238, 1 ago. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n3.dias>. Acesso em: 17 jun. 2022.

DULAC, J. **Global land transport infrastructure requirements**: estimating road and railway infrastructure capacity and costs to 2050. Paris: OECD/IEA, 2013. 54 p.

DUPONT, A.; LOBO, E. A. Levantamento da fauna silvestre atropelada na Avenida Felisberto Bandeira de Moraes, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa: Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 3, p. 71-81, 2012. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/3608>. Acesso em: 7 jun. 2022.

FERRAZ, K. M. P. M. B.; SANTOS-FILHO, R. M. F.; PIFFER, T. R. O.; VERDADE, L. M. Biologia e manejo da capivara: do controle de danos ao máximo rendimento sustentável. In: MATTOS, W. R. S. (ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 580-588.

FORMAN, R. T. T. Road ecology: a solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 3, n. 13, p. 3-5, 1998.

FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto, v. 29, n. 1, p. 207-231, nov. 1998. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207>. Acesso em: 17 jun. 2022.

FORMAN, R. T. T.; FRIEDMAN, D. S.; FITZHENRY, D.; MARTIN, J. D.; CHEN, A. S.; ALEXANDER, L. E. Ecological effects of roads: toward three summary indices and an overview for North America. In: CANTERS, K.; PIEPERS, A.; HENDRIKS-HEERSMA, D. (eds.). **Habitat fragmentation & infrastructure**. Delft: Ministry of Transport, 1997. p. 40-54.

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; CLEVINGER, A. P.; BISSONETTE, J. A. Flexibility in highway design. In: FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. (eds.). **Road ecology: science and solutions**. Washington, DC: Island Press, 2003. p. 46-48.

FREITAS, S. R.; BARSZCZ, L. B. A perspectiva da mídia online sobre os acidentes entre veículos e animais em rodovias brasileiras: uma questão de segurança? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 33, p. 261-276, 27 abr. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v33i0.36910>. Acesso em: 17 jun. 2022.

GARCIA, G. **Monitorização da mortalidade de fauna nas estradas da IP**: relatório síntese, 2020. [S. l.]: EA-Gam Gestão Ambiental, 2021. 70 p.

GOMES, L. P.; CAIXETA, F. F.; TORRES, R. R.; CASTRO, D. N.; THOMÉ, G. A.; LIMA, R. I. P.; SOUSA, A. C. P.; FRANÇA, R. M.; SILVA, L. L. Fauna run-over mitigation measures on Brazilian federal highway concessions. **Heringeriana**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 10-20, jun. 2019.

HENGEMUHLE, A.; CADEMARTORI, C. V. Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da estrada do mar (RS-389). **Biodiversidade Pampeana**, Uruguiana, v. 6, n. 2, p. 4-10, dez. 2008. Disponível em: <https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/biodiversidadepampeana/article/view/4610>. Acesso em: 1 jun. 2021.

HUIJSER, M. P.; ABRA, F. D.; DUFFIELD, J. W. Mammal road mortality and cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in São Paulo state, Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 129-146, mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.11>. Acesso em: 17 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Diretrizes referentes ao controle da capivara e o controle da Febre Maculosa Brasileira**. Brasília, DF, 2008. Disponível em: http://www.saude.campinas.sp.gov.br/saude/doencas/febremaculosa/Diretrizes_IBAMA_capivaras_e_FMB.pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

JAARSMA, C. F.; VAN LANGEVELDE, F.; BOTMA, H. Flattened fauna and mitigation: traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, Oxford, v. 11, n. 4, p. 264-276, jul. 2006. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trd.2006.05.001>. Acesso em: 17 jun. 2022.

JÖTTEN, M.; CAMARA, A. E. Kapi`wara: um jogo de tabuleiro cooperativo ecológico-pedagógico sobre o rio pinheiros e suas capivaras. **Design & Tecnologia: projetos**, São Paulo, v. 7, n. 13, p. 110-122, jun. 2017.

LINS, G. A.; BARBOSA, O. R.; ALMEIDA, J. R. Proposta de uma nova metodologia para análise do impacto ambiental do atropelamento de fauna. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 9, n. 8, p. 273-281, 14 maio 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2018.008.0024>. Acesso em: 17 jun. 2022.

LIVRO vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção: volume 1. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. 492 p.

LOPES, S. I. S. C.; PAULA, E. M. N. Aspectos gerais da biologia do macaco-prego (*Sapajus* sp.). In: COLÓQUIO ESTADUAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 4.; CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 2., 2019, Mineiros. **Anais [...]**. Mineiros: Unifimes, 2019. 2 p.

LOZANO, J. A.; PATIÑO-SIRO, D. Does the shape of the road influences wildlife roadkills? Evidence from a highway in Central Andes of Colombia. **European Journal of Ecology**, Presov, v. 6, n. 1, p. 58-70, 19 ago. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17161/euroj ecol.v6i1.13688>. Acesso em: 17 jun. 2022.

LUZ, C. C.; RATTON, E.; NASCIMENTO NETO, D. Procedimentos para avaliação ambiental e discussão no âmbito do PROFAS (Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis) em obras na rodovia BR-116. In: SEMINÁRIO SOCIOAMBIENTAL EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, 1., 2017, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, DF: Verbena, 2018. p. 195-218.

MEDICI, E. P.; TESTA-JOSÉ, C.; FERNANDES-SANTOS, R. C.; CANENA, A. C.; ABRA, F. D. **Impacto de atropelamentos de anta brasileira (*Tapirus terrestris*), entre 2013 e 2019, em rodovias estaduais e federais do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil.** [Nazaré Paulista]: Ipê, 2019. 34 p. Disponível em: <https://www.ipe.org.br/images/Impacto-de-Atropelamentos.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.

OLIVEIRA, B. L.; GOMES, P. C. B.; RIBEIRO, A. L.; RIBEIRO, G. M. F. Atropelamentos da fauna silvestre como uma consequência da fragmentação das paisagens e sua proximidade com rodovias e estradas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE, 6., 2018, João Pessoa. **Anais** [...]. João Pessoa: Ecogestão, 2018. p. 309-313. Disponível em: <http://eventos.ecogestaobrasil.net/congestas2018/anais2018.html>. Acesso em: 3 maio 2022.

PRADA, C. S. **Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada no nordeste do estado de São Paulo:** quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004. 147 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

RIBEIRO, M. P.; MELLO, K.; VALENTE, R. A. Avaliação da estrutura da paisagem visando à conservação da biodiversidade em paisagem urbanizada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 3, p. 819-834, 1 set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/1980509837683>. Acesso em: 3 maio 2022.

RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; REZENDE, L. M.; PEREIRA, C. S.; FIGUEIREDO, C. F.; LEITE, B. F.; FRANÇA, F. G. R. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO, 3., 2002, Fortaleza. **Anais** [...]. Fortaleza: Associação Caatinga, 2002. p. 585-593.

SAITO, E. N.; BALESTIERI, M. F. (orgs). **Manual de orientações técnicas para mitigação de colisões veiculares com fauna silvestre nas rodovias estaduais do Mato Grosso do Sul**. 1 ed. Campo Grande: SEINFRA, 2021. 63 p.

SANTANA, G. S. Fatores influentes sobre atropelamentos de vertebrados na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v. 7, n. 1, p. 26-40, 30 abr. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4013/nbc.2012.71.05>. Acesso em: 3 maio 2022.

SECRETARIA DE INFRAESTRUTURA E MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO - SIMA. **Mitigação de impactos ambientais**. São Paulo: Portal de Educação Ambiental, 2020. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleiraambiental/mitigacao-de-impactos-ambientais/>. Acesso em: 23 fev. 2022.

SMITH, D. J.; REE, R. V. D.; ROSELL, C. Wildlife crossing structures: an effective strategy to restore or maintain wildlife connectivity across roads. In: REE, R. V. D.; SMITH, D. J.; GRILO, C. (eds). **Handbook of road ecology**. Hoboken: John Wiley and Sons, 2015. Cap. 21, p. 172-183. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/9781118568170.ch21>.

SOMBRA JUNIOR, C. A. Ecologia de estradas: problemáticas e medidas de mitigação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1.; CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 3., 2019, Campina Grande. **Anais [...]**. Campina Grande: Realize, 2020. p. 182-196. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/65002>. Acesso em: 1 jun. 2021.

SOUSA, M. A. N.; MIRANDA, P. C. Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia BR- 230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. **BioFar Revista de Biologia e Farmácia**, Campina Grande, v. 4, n. 2, p. 72-82, 2010.

TEIXEIRA, F. Z.; GONÇALVES, L. O.; BIASOTTO, L. D.; NÓBREGA, R. A. A.; KINDEL, A. Ferramentas geográficas para análise e mitigação de impactos ambientais causados por infraestruturas viárias de transporte terrestre. In: SUTIL, T.; PEREIRA, J. R.; LADWIG, N. I.; ZOCHE, J. J.; PEREIRA, J. L. **Geoprocessamento na análise ambiental**. Criciúma: Unesc, 2020. Cap. 8. p. 217-251.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 14, n. 1, p. 18-30, fev. 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Acesso em: 3 maio 2022.

VASCONCELOS, A. R. P.; SILVA, E. I.; CARVALHO, A. V. Avaliação dos atropelamentos de animais silvestres na BR-153, trecho Guaraf-Tabocão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v. 10, n. 15, p. 1-10, 01 dez. 2021.

WWF BRASIL. **O que são as matas ciliares?** Brasília, DF, 2013. Disponível em: http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/matatas_ciliares/. Acesso em: 18 maio 2022.

3 CAPÍTULO 2 – EVENTOS OPERACIONAIS DE TRÂNSITO ENVOLVENDO CAPIVARAS (*Hydrochoerus hydrochaeris*) NO TRECHO OESTA DA SP-300

3.1 Resumo

A capivara, maior roedor do mundo, ao envolver-se em acidentes de trânsito pode causar danos graves aos veículos e aos usuários da rodovia. Objetivou-se tabular os locais de ocorrência de sinistros envolvendo capivaras, criar um mapa de calor, identificar os hotspots e averiguar a necessidade de implementação de medidas de mitigação. A área analisada compreendeu um trecho concessionado da rodovia Marechal Rondon (SP-300), de janeiro de 2019 a dezembro de 2020. Considerou-se a quantidade de animais envolvidos e os pontos de maior concentração dos casos. Os dados paramétricos foram analisados utilizando-se o teste ANOVA one-way e teste T. A elaboração dos mapas de *hostspots* foi realizada a partir da densidade de Kernel (estudo de fenômenos pontuais), pelo programa QGIS 3.20. Foram envolvidas 946 capivaras, sendo 623 afugentadas e 323 em estado de óbito. Dez hotspots foram encontrados, concentrados em pontos com interferência em seus habitats, demonstrando a necessidade de implantação de medidas de mitigação.

Palavras-chave: Animais silvestres. Bem-estar animal. Efeitos ecológicos. Fauna de estrada. Impacto ambiental.

3.2 Abstract²

The capybara, the largest rodent in the world, when involved in traffic accidents can cause serious damage to vehicles and road users. The objective was to tabulate the places of occurrence of accidents involving capybaras, create a heat map, identify the hotspots and determine the need to implement mitigation measures. The analyzed area comprised a concessioned stretch of the Marechal Rondon highway (SP-300), from January 2019 to December 2020. The number of animals involved and the points of highest concentration of cases were considered. Parametric data were analyzed using the one-way ANOVA test and T test. The elaboration of the hotspots maps was carried out from the Kernel density (study of punctual phenomena), by the QGIS 3.20 program. A total of 946 capybaras were involved, 623 of which were scared away and 323 in a state of death. Ten hotspots were found, concentrated in points with interference in their habitats, demonstrating the need to implement mitigation measures.

Keywords: Wild animals. Animal welfare. Ecological effects. Road fauna. Environmental impact.

3.3 Introdução

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é membro da família *Caviidae*, ordem *Rodentia*, sendo um mamífero semiaquático e o maior roedor herbívoro do mundo (POLEGATTO; NASCIMENTO, 2019).

O nome genérico *Hydrochoerus* significa porco d'água e a designação vulgar "capivara" é de origem Tupi-guarani, onde caapi significa capim, e uaára, comer, ou seja, comedor de capim (PEREIRA; ESTON, 2007).

Espécie nativa da América do Sul (SOUZA et al., 2020), ocorrendo desde o Panamá até a bacia do rio Uruguai, no norte da Argentina (ALHO; CAMPOS; GONÇALVES, 1987). No Brasil, grandes populações de capivaras habitam o Pantanal, a ilha de Marajó e os estados de São Paulo e do Rio Grande do Sul (IBAMA, 2008).

O animal adulto tem de 1,00 a 1,20 m de comprimento e 0,50 a 0,60 m de altura (NOGUEIRA FILHO, 1996), podendo pesar até 100 kg, sendo seu peso médio

² Artigo de acordo com as normas da Revista Ambiente & Sociedade

de 50 kg para as fêmeas e 60 kg para os machos (DEUTSCH; PUGLIA, 1988). Suas patas anteriores possuem quatro dedos, e as posteriores três, todos unidos entre si por membranas natatórias, sendo dotados de unhas fortes e grossas, orelhas pequenas, arredondadas, sem pelos e móveis, propiciando audição aguçada, podendo captar ruídos a uma grande distância, olhos e orifícios nasais são situados em um mesmo plano na parte superior da cabeça, adaptadas ao *habitat* aquático (NOGUEIRA FILHO, 1996). O dimorfismo sexual se dá como caráter secundário, caracterizado por uma intumescência glandular na parte superior do focinho dos machos adultos, de forma oval, cor preta, brilhante e desprovida de pêlo, constituída por um aglomerado de glândulas sebáceas que, quando comprimidas, expõem ferormônios (ANTONUCCI; RIBEIRO, 2014). Não possui cauda e os órgãos sexuais são localizados internamente, recobertos por uma prega, sendo necessária sua exteriorização para realização da sexagem (NOGUEIRA FILHO, 1996).

Seu *habitat* compreende corpos d'água, campos ou pastos com vegetação arbustiva (IBAMA, 2008). Cada porção do *habitat* é utilizada para uma atividade específica, sendo os campos utilizados para o forrageio, as áreas de mata para o repouso, abrigo e parição dos filhotes e os corpos d'água para atividades reprodutivas, repouso, fuga de predadores e termorregulação (FERRAZ; VERDADE, 2001).

Quanto a sua estrutura social, possui hierarquia rígida formada por um macho dominante, alguns machos submissos, várias fêmeas e filhotes (BOVO et al., 2016). Em áreas pouco alteradas, os grupos variam de três a 14 indivíduos, diferentemente das áreas antropizadas, em que os grupos podem conter mais de 40 indivíduos adultos (FERRAZ; VERDADE, 2001).

Embora expresse comportamento social convivendo em bandos, existem alguns indivíduos que vivem isolados, geralmente machos que atingiram a maturidade sexual e foram expulsos do grupo pelos indivíduos dominantes, sendo chamados de animais satélites (NOGUEIRA et al., 2000).

O sistema de acasalamento é poligínico, com fêmeas submissas, sendo que o período de reprodução é influenciado pela sazonalidade da produção vegetal, com pico reprodutivo coincidente com a periodicidade das savanas inundáveis (FERRAZ; VERDADE, 2001). O período de gestação é de aproximadamente 150 dias, podendo parir até oito filhotes, sendo o herbívoro mais prolífico do mundo (NOGUEIRA FILHO, 1996).

Por se tratar de um herbívoro generalista, sua alimentação é composta por gramíneas e plantas aquáticas, apresentando grande plasticidade alimentar, adaptando-se facilmente a outros alimentos, como milho, cana-de-açúcar, arroz, feijão e soja, o que facilita a sua ocorrência em áreas antropizadas (FERRAZ; VERDADE, 2001).

Como parte da estratégia digestiva também realizam coprofagia e possuem microrganismos no trato digestório que auxiliam na digestão da maior parte do conteúdo vegetal (ANTONUCCI, 2014; MENDES et al., 2000).

Naturalmente são animais diurnos, concentrando suas atividades nos períodos vespertino e crepuscular, resumindo suas atividades em forragear nas primeiras horas da manhã, permanecer dentro d'água nas horas mais quentes da tarde e repousar em pequenos grupos ao anoitecer (FERRAZ; VERDADE, 2001). Porém, para evitar contato com humanos, esse comportamento pode ser substituído, tornando-se mais ativo em terra durante a noite e substituindo o forrageamento por coprofagia (FELIX et al., 2011).

A derrubada de matas nativas para a formação de pasto ou lavoura possibilita o aumento das populações de capivaras, fato que se agrava pela ausência de predadores naturais, pelo seu hábito alimentar e pelo seu potencial reprodutivo (VARGAS et al., 2007), sendo reportada como espécie-praga em vários estados (FERRAZ et al., 2001).

A implementação e operação de rodovias causam a fragmentação dos ambientes naturais e a disjunção das relações ecológicas entre ecossistemas, ocasionando atropelamentos e morte de animais silvestres, sendo um dos problemas mais evidentes na fauna (DIAS; LOPES; REIS, 2021).

Conforme Lima e Obara (2004), a grande incidência de animais mortos nas rodovias dá-se por dois motivos: em primeiro lugar, as estradas de rodagem cortam habitats e interferem diretamente no deslocamento natural das espécies; em segundo, há disponibilidade de alimentos ao longo da rodovia.

Milhões de animais silvestres morrem atropelados todos os anos no Brasil e diferentes grupos taxonômicos são afetados, incluindo anfíbios, répteis, aves e mamíferos (FERREIRA et al., 2014). Na região sudeste, os mamíferos corresponderam a 55% dos vertebrados atropelados, sendo as capivaras as principais vítimas (BUENO et al., 2012). Por seu tamanho e peso, essa espécie pode

causar danos graves aos veículos e ser uma ameaça para a segurança dos usuários da rodovia (HUIJSER et al., 2013).

Ressalta-se que as taxas de atropelamento são subestimadas, pois os animais que não morrem no momento da colisão podem deslocar-se para a vegetação adjacente, onde perecem sem serem contabilizados (SÁSSI et al., 2013).

As Empresas Concessionárias de Rodovias possuem um banco de dados chamado “Evento Operacional de Trânsito” (EOTr), o qual contém as informações técnicas das ocorrências e da interação da fauna, além dos eventos nos quais o animal é recolhido (PEDRA, 2021).

O tamanho do país, a heterogeneidade de sua paisagem e a diferença na diversidade de fauna de cada região dificulta encontrar padrões gerais, sendo necessárias amostragens locais ou regionais para o entendimento dos fatores responsáveis pelos atropelamentos em cada região (DEFFACI et al., 2016).

A instalação de estruturas visando facilitar o deslocamento transversal da fauna tem sido a medida padrão adotada, frequentemente associada a dispositivos que evitam o acesso a áreas de maior risco nas rodovias (BRASIL, 2012).

Existem mais de 40 tipos de medidas de mitigação destinadas a reduzir colisões com grandes mamíferos, sendo que a associação do uso da cerca com a passagem inferior de fauna é a mais sugerida para capivaras (HUIJSER et al., 2013).

De acordo com as pesquisas de Curvo et al. (2020), as capivaras são os animais mais atropelados no Brasil.

A ecologia de estradas ainda é um tema que desponta de maneira tímida no cenário nacional, sendo urgente a identificação dos trechos de maior ocorrência dos atropelamentos, como também de medidas de mitigação local que corroborem para reduzir o número de ocorrências envolvendo capivaras que por serem mamíferos de grande porte, oferecem alto risco para os usuários da rodovia, além de impactar na fauna silvestre. Para a tomada de decisões e a implantação de medidas de proteção à fauna, é fundamental determinar o diagnóstico espaço-temporal dos locais de atropelamentos, para posteriormente desenvolver projetos de mitigação de impactos (VALADÃO; BASTOS; CASTRO, 2018).

O presente estudo teve como objetivo tabular os dados de ocorrência de sinistros envolvendo capivaras no trecho da SP-300; criar um mapa de calor (representação gráfica de dados em que vários graus de uma única métrica são

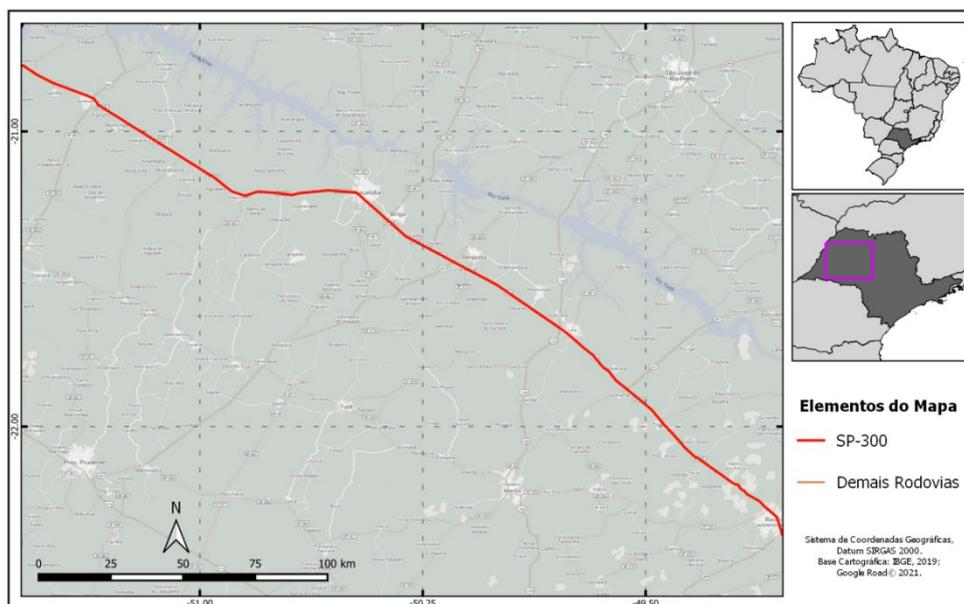
mostrados usando cores), identificar os *hotspots* (regiões que concentram altos níveis de biodiversidade e que são, ao mesmo tempo, áreas ameaçadas) e propor a implementação de medidas de mitigação, considerando a segurança dos usuários da rodovia e a reintegração do ecossistema.

3.4 Material e Métodos

A área de estudo compreendeu o trecho da rodovia Marechal Rondon (SP-300), do município de Bauru/SP, km 336,5, até o km 667,63, no município de Castilho/SP, totalizando 331,13 km (Figura 1). No presente trabalho foram analisadas as ocorrências com capivaras durante o período de 2019 e 2020.

Os dados foram fornecidos a partir de convênio firmado entre a Faculdade de Medicina Veterinária de Araçatuba – UNESP, a equipe responsável pelo banco de dados e a Associação Mata Ciliar.

Figura 1 – Mapa da extensão da SP-300 analisada neste estudo, iniciando no município de Bauru/SP, km 336,5 (canto inferior direito), até o km 667,63, no município de Castilho/SP (canto superior esquerdo).



Fonte: Elaborado pela autora

O monitoramento foi realizado pela equipe, por período integral de 24 horas, com auxílio de carro de suporte e pelo registro das ocorrências, as quais continham as coordenadas geográficas, fuso, características da via, do entorno, o número da ocorrência, data, hora, rodovia, km, sentido, classificação, nome popular

e científico do animal, grupo, porte, quantidade e destinação. Os dados apresentados foram fornecidos mensalmente à equipe de pesquisa e tabulados em planilhas no formato *Microsoft Office Excel*.

Para análise de dados considerou-se a quantidade de ocorrências, número de animais envolvidos por ocorrência, a área ao entorno, o destino dado ao animal (sepultado na faixa de domínio ou afugentado), a estação do ano e período do dia da ocorrência. Foram utilizadas, como critérios de exclusão, as ocorrências sem coordenadas geográficas ou com coordenadas erradas e ocorrências com dados incompletos, como data, hora e destino final do animal.

Foi utilizado o método da estatística descritiva, onde os dados foram analisados utilizando-se o teste ANOVA one-way e teste T por meio do software GraphPad Prism 9®. Após a identificação dos *hotspots* através da densidade de Kernel, prosseguiu-se a análise e caracterização do entorno para compreender os possíveis fatores de risco para atropelamentos de fauna, observando-se a existência da interação e/ou interferência humana nos pontos com maior densidade de ocorrências. Para os cálculos de densidade de Kernel, foi utilizado o software QGIS 3.20, o Sistema de Coordenadas Geográficas Datum SIRGAS 2000, e as imagens de referência com a Base Cartográfica do IBGE (2019), Google Road© (2021) e Google Satellite© (2021) para a criação das figuras contendo o mapa de calor e áreas de entorno.

Como estratégia de mitigação confeccionou-se um panfleto educativo, a fim de conscientizar sobre a direção cuidadosa e responsável, contendo orientações e informações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista.

3.5 Resultados

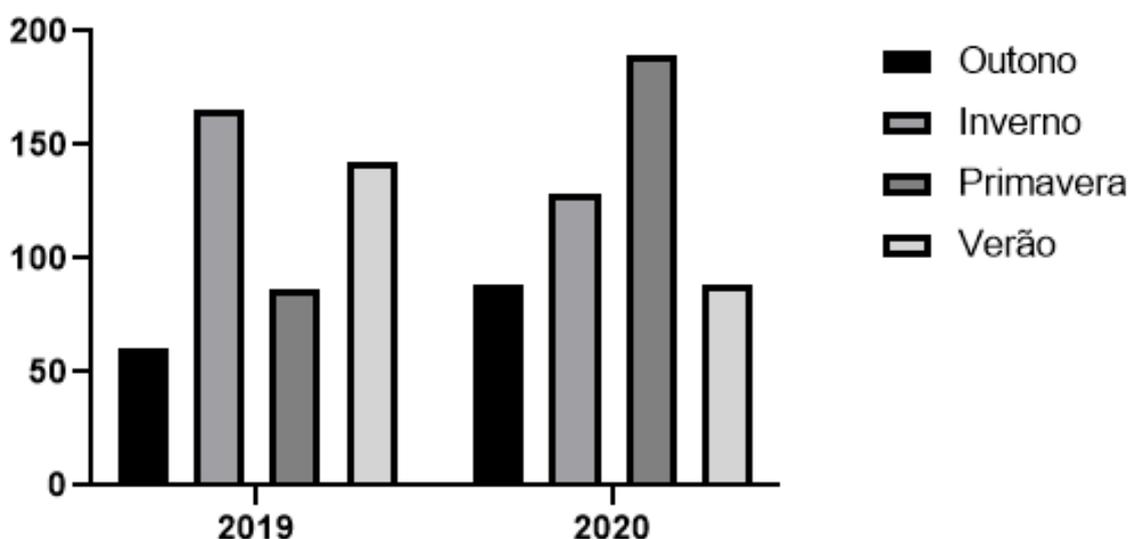
No período do estudo foram registradas 414 ocorrências, envolvendo 946 capivaras, sendo 47,89% (n = 453) relatadas no ano de 2019 e 52,11% (n = 493) no ano de 2020. Desse total, 623 animais foram afugentados e 323 vieram a óbito, sendo enterrados na faixa de domínio.

Das capivaras envolvidas nas ocorrências, 29,22% (n = 277) se encontravam solitárias, 8,65% (n = 82) estavam em pares, 37,24% (n = 353) em grupos de 3 a 9 indivíduos e 24,89% (n = 36) eram famílias com mais de 10 animais.

Considerando todas as capivaras envolvidas nas ocorrências, a taxa de eventos foi de 0,04 capivaras/km/dia, e a taxa de mortalidade foi de 0,001 capivaras/km/dia, podendo concluir que a cada 2,5 notificações, uma capivara morre.

A análise estatística se revelou significativa para as estações do ano e período do dia ($p < 0,05$), observando-se que na primavera de 2020 e no inverno do ano de 2019 houve a maior quantidade de ocorrências, seguidas do verão e outono (Figura 2).

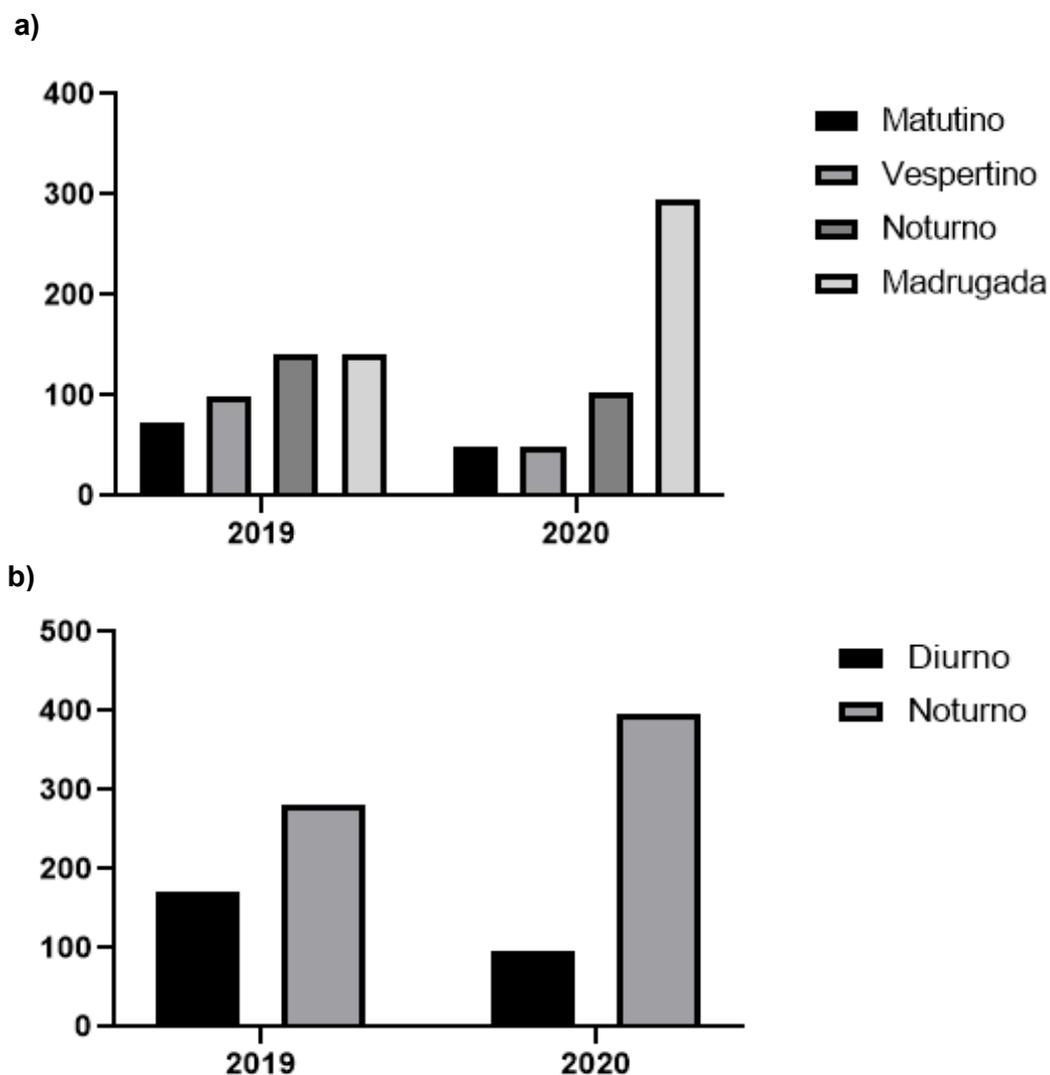
Figura 2 - Quantidade de capivaras envolvidas em ocorrências, de acordo com a estação do ano (2019 e 2020).



Fonte: Elaborado pela autora

Os períodos noturno e madrugada, entre as 00h00min às 05h59min, foram os intervalos de maior ocorrência nos dois anos analisados, sendo o pico de ocorrências na madrugada no ano de 2020, conforme apresentados na Figura 3.

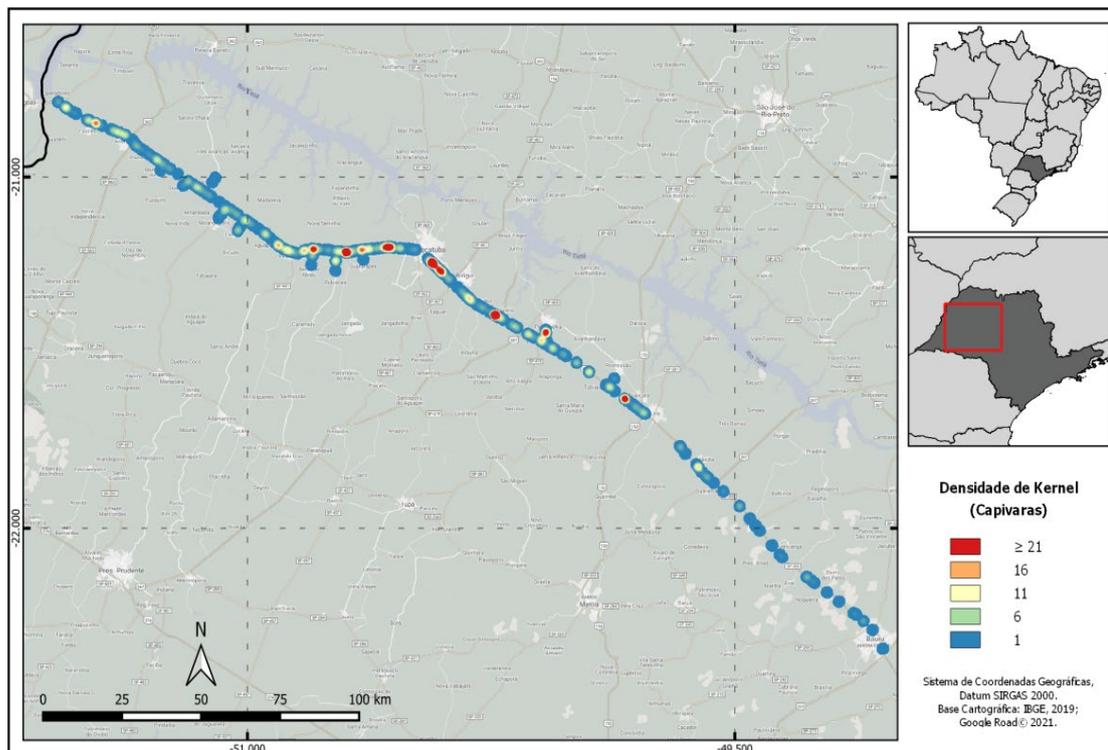
Figura 3 – Quantidade de capivaras envolvidas em ocorrências de acordo com o período do dia: a) Matutino 06h00min-11h59min horas, Vespertino 12h00min-17h59min, Noturno 18h00min-23h59min e Madrugada 00h00min-05h59min, nos anos de 2019 e 2020 e b) período resumido.



Fonte: Elaborado pela autora

Na rodovia SP-300 ocorreram 90,17% das ocorrências, e em suas vicinias destacou-se a SPA-486 com 6,87%, seguidas pelas SPA-561, SPA-615, SPA-568, SPA-553 e SPA-501 com baixo índice de eventos 1,16%, 0,63%, 0,42%, 0,32% e 0,21%, respectivamente, sendo as SPA-483 e SPA-516 com menores ocorrências (0,11%).

Figura 4 - Mapa de densidade de Kernel do número global de capivaras envolvidas em ocorrências, nos anos de 2019-2020.



Fonte: Elaborado pela autora

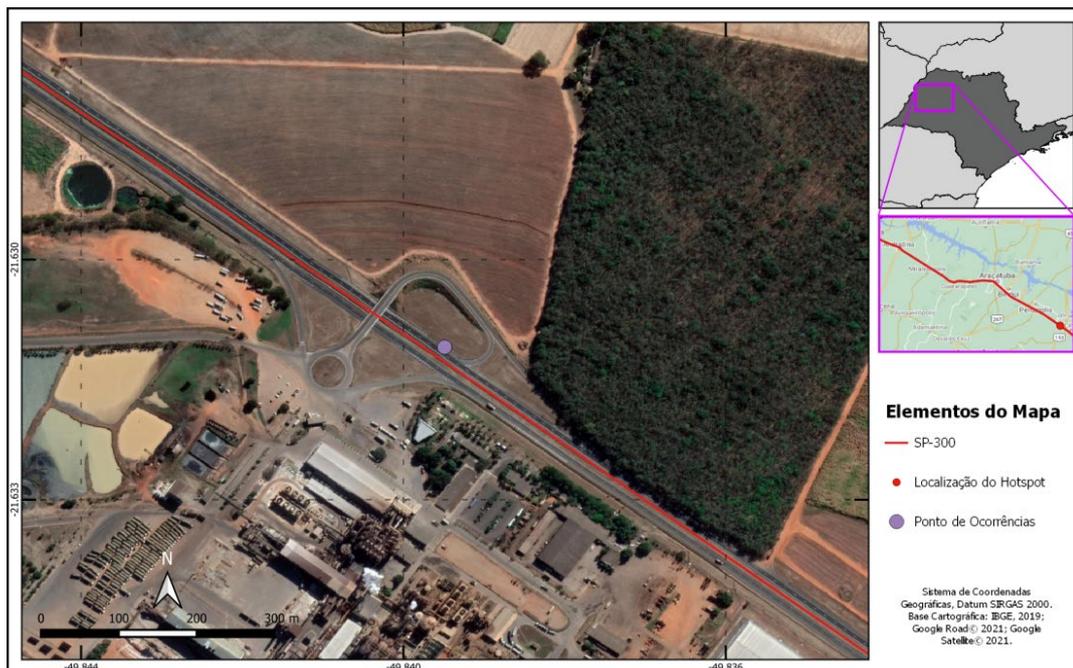
O mapa de Kernel é uma alternativa para análise geográfica do comportamento de padrões. No mapa é plotado, por meio de métodos de interpolação, a intensidade pontual de um fenômeno na região estudada.

Os pontos com maior densidade de calor foram observados nos trechos das rodovias entre as cidades de Bento de Abreu e Guaiçara (Figura 4).

Estimativa da densidade de Kernel é a forma não paramétrica para estimar a função densidade de probabilidade de uma variável.

A partir da densidade de Kernel, foi realizada a identificação dos *hotspots*, para observar a interação e ou interferência humana. A Figura 5 apresenta os 10 pontos de concentração, sendo que o entorno nº 6 possui dois epicentros de calor.

Figura 5 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -49,839037, -21,631727.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 6 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,082647, -21,442313.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 7 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,237290, -21,393035.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 8 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,407624, -21,265564.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 9 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,430158, -21,245596.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 10 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,559701, -21,200233 e -50,576478, -21,200562.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 11 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,647303, -21,207355.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 12 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,695396, -21,214723.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -50,796205, -21,204986.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 14 – Área de entorno dos hotspots, sentido Bauru – Castilho, e as coordenadas dos seus pontos centrais (latitude e longitude): -51,464680, -20,847031.



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 15 – Panfleto educativo contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista.

Impactos ambientais frente à construção de estradas:

- fragmentação de habitats
- dispersão de espécies
- acidentes fatais para animais e condutores

Medidas preventivas realizadas pela ViaRondon:

- monitoramento das rodovias por meio de câmeras;
- instalação de telas ao longo da extensão do trecho administrado;
- construção e manutenção de passagens de animais;
- monitoramento dos acidentes com animais;
- treinamento das equipes de resgate;
- convênio com órgãos municipais, universitários e organizações não governamentais para atendimento aos animais resgatados.

Recomendações ao encontrar animais na pista:

- não utilize a buzina;
- respeite a placa com indicação de presença de animais;
- não incida luz sobre o animal
- após ultrapassar por um animal, sinalize para os motoristas que venham em direção oposta;
- se possível, ligue pra o **0800** do responsável pela rodovia e comunique a presença do animal na pista, informando quilômetro e sentido da rodovia (leste ou oeste).

Medidas de mitigação (para minimizar os acidentes):

- passagem de fauna;
- cercas;
- corredores vegetais;
- placas de sinalização;
- redutores de velocidade.

Elaborado pela Médica Veterinária Gabriela Cortellini Ferreira Ramos, doutoranda em Ciência Animal e Orientadora Márcia Marinho - Faculdade de Medicina Veterinária UNESP, campus de Araçatuba.

Apoio:

Associação MataCiliar unesp
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"SÉCULO DE BRASÃO DE ARMAS"

Fonte: Elaborado pela autora

3.6 Discussão

Os resultados mostram alta taxa de eventos envolvendo as capivaras, evidenciando o fato de ser uma espécie generalista, localmente abundante, com grande capacidade de deslocamento e muito atraídas pelos recursos ou características ambientais favoráveis, o mesmo observado por Deffaci et al. (2016).

A taxa de ocorrências é alta, comparado com o que encontrou Bueno, Faustino e Freitas (2013), no qual estudou as capivaras em um trecho de 180,4km, entre Rio de Janeiro e Juiz de Fora, durante quatro anos e encontrou 51 atropelamentos.

Huijser e colaboradores (2013), Freitas e Barszcz (2015) observaram em seus estudos, que dentre os acidentes envolvendo animais, a maior ocorrência de óbito do condutor se dá com colisões envolvendo capivaras, atribuindo a gravidade do acidente ao fato da espécie viver em bandos de três a nove animais, além de seu tamanho e peso. Este dado também foi observado nos resultados encontrados no

presente trabalho, onde a maioria dos animais se encontrava em grupos de três a nove animais.

O número de animais afugentados foi maior que o número de animais sepultados na faixa de domínio, porém os registros podem estar subestimados, pois uma parcela dos animais atropelados pode não morrer de imediato, vindo a óbito fora da área de monitoramento (SÁSSI et al., 2013).

Quanto ao período do ano, Huijser et al. (2013) observou que a maior taxa de capivaras mortas foi registrada entre os meses de novembro e maio, diferentemente do que foi apresentado neste estudo, com maior ocorrência no inverno, entre os meses de junho a agosto, seguido pela primavera, entre setembro a novembro, semelhante aos resultados encontrados por Turci e Bernarde (2009) que atribui o fato ao período de seca, sugerindo que durante esse período houvesse a necessidade de migração para o forrageamento das capivaras em busca de água e alimento.

Em relação ao período do dia, a maior quantidade de eventos ocorrerem no período da noite, inferindo ao fato dos animais adentrarem, devido a maior dificuldade de visualização pelo condutor (JARDIM et al., 2017). Corroborando com esses dados, no estudo realizado por Nievas (2019), foi observado que as áreas antrópicas possuíam uma baixa atividade de capivaras no período diurno, quando as temperaturas são elevadas, e maior deslocamento no crepúsculo e no período noturno, podendo estar ligado à maior atividade nos períodos menos quentes.

Um relatório realizado pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal (BRASIL, 2013), demonstra que as pistas pavimentadas e duplicadas, além de aumentarem a área de extensão a serem atravessadas pelos animais, propiciam um aumento na média de velocidade dos veículos, o que explica a maior concentração de ocorrências na SP-300, quando comparada com suas vicinais.

Em todos os *hotspots* identificados no mapa de densidade de *Kernel*, as áreas de entorno se apresentavam antropizadas, com fragmentos de matas e proximidade de rio ou lagos, o mesmo fato também foi observado por Curvo et al. (2020), que ainda correlaciona tais áreas aos hábitos semiaquáticos das capivaras.

As matas ciliares são aquelas que ficam às margens de rios, igarapés, lagos, olhos d'água e represas, sendo um importante *habitat* para as capivaras. De acordo com a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, áreas de preservação

permanente (APPs) são as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, desde a borda da calha do leito regular; as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais; as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais; as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes (raio de 50 metros); as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°; as restingas; os manguezais (extensão total); as bordas dos tabuleiros ou chapadas, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais; e o topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25° além das áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros e veredas. (BRASIL, 2012)

As florestas de preservação permanentes existentes ao longo dos rios, assim consideradas pelo único efeito do que dispõe o Código Florestal, devem existir obrigatoriamente nos locais indicados, sendo que o Poder Público não pode permitir sua destruição.

De acordo com o jornal “Em Discussão” (BRASIL, 2011), do Senado Federal, os limites das APPs às margens dos cursos d'água variam entre 30 e 500 metros, dependendo da largura de curso, contados a partir do leito maior. Também devem ser mantidas APPs em um raio de 50 metros ao redor das nascentes e “olhos d'água”, ainda que sequem em alguns períodos do ano, podendo explicar o porquê dos *hotspots* terem apresentado fragmentos de mata.

Estudos se fazem necessários a fim de se traçar estratégias de mitigação no sentido de preservação da fauna e da segurança da rodovia. Segundo Abra (2012), a diminuição de atropelamentos de capivaras de 33% para 25,3% nos anos de 2009 e 2010 ocorridos na rodovia SP-225, decorreu-se da instalação de passagens de fauna. Huijser et al. (2013) ainda ressaltam que a criação de corredores de fauna associados ao cercamento torna-se uma medida mais eficiente.

O estudo realizado por Lozano e Patiño-Siro (2020) sugere uma combinação de esforços multidisciplinares para redução de atropelamentos de animais selvagens e acidentes, combinando as estratégias de curvas bem marcadas, com sinais verticais e tratamentos de marcação de superfície que informam o motorista da necessidade de desacelerar antes de uma curva e a construção de curvas com maior raio, proporcionando mais espaço para manobra do

veículo, associados com cruzamentos de vida selvagem multiespécies, barreiras rodoviárias para animais e a educação e o treinamento para motoristas.

Jötten e Camara (2017) enfatizam a relevância da relação entre design e educação ambiental e a importância do “design social” (ou socialmente responsável), concordando com essa ideia, o panfleto educativo, a fim de conscientizar sobre a direção cuidadosa e responsável, contendo orientações úteis sobre como o condutor deve proceder no caso de atropelamento ou avistamento de um animal na pista foi criado.

Abra et al. (2021) mostraram que as capivaras correspondem a mais de um terço de todos os atropelamentos registrados, enfatizando a urgência de ações de manejo que limitem o acesso dessa espécie às estradas. Ressalta-se ainda a evidente presença de áreas de degradação ambiental e antropização no entorno dos trechos observados neste estudo, indicando claramente a necessidade de políticas ambientais que visem à proteção do meio ambiente.

Ressalta-se ainda que todas as bases de dados que serviram como fontes para o desenvolvimento da pesquisa estão preservadas por acordo de sigilo. Outrossim, que todos os dados compilados, analisados, assim como as conclusões e demais fundamentações do estudo são de responsabilidade única e exclusiva dos autores, não havendo conflito de interesse.

3.7 Conclusão

Neste trabalho foi realizada a caracterização da área do entorno, identificação dos *hotspots* e entornos. Levando em consideração o comportamento natural das capivaras, que necessitam de grandes áreas para realizar o forrageamento, podemos inferir a necessidade de medidas de mitigação e a instalação de passagens de fauna, associados ao cercamento e a sinalização da rodovia, sendo também necessária à educação continuada no trânsito, à conscientização dos motoristas e a criação de políticas públicas para a preservação da fauna e do meio ambiente.

3.8 Referências

ABRA, F. D. **Monitoramento e avaliação das passagens inferiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo**. 2012. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos e Terrestres) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

ABRA, F. D.; HUIJSER, M. P.; MAGIOLI, M.; BOVO, A. A. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, London, v. 7, n. 1, p. 1-12, jan. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06015>. Acesso em: 25 jun. 2022.

ALHO, C. J. R.; CAMPOS, Z.; GONÇALVES, H. C. Ecologia de capivara *Hydrochoerus hydrochaeris* do Pantanal, I. Habitats, densidades e tamanho de grupo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 47, n. 1, p. 87-97, maio 1987.

ANTONUCCI, A. M.; RIBEIRO, T. S. Criação comercial de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no Brasil. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 63, n. 241, p. 189-198, 28 jan. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21071/az.v63i241.598>. Acesso em: 25 jun. 2022.

BOVO, A. A. A.; FERRAZ, K. M. P. M. B.; VERDADE, L. M.; MOREIRA, J. R. Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in anthropogenic environments: challenges and conflicts. In: GHELIER-COSTA, C.; LYRA-JORGE, M. C.; VERDADE, L. M. **Biodiversity in agricultural landscapes of southeastern Brazil**. Poland: De Gruyter Open Poland, 2016. Cap. 11, p. 178-189. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1515/9783110480849-013>. Acesso em: 25 jun. 2022.

BONNET, B.; CUNHA, H. **Monitoramento e mitigação de atropelamento de fauna**. Brasília, DF: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2012. 64 p. (Coleção Estrada Verde).

BRASIL. Governo do Distrito Federal. **Projeto RODOFAUNA**: diagnóstico e proposição de medidas mitigadoras para atropelamento de fauna. Brasília, DF: Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal, 2013. 88 p.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 jun. 2022.

BRASIL. Senado Federal. Rios e áreas sensíveis protegidos de degradação. **Em Discussão!**: revista de audiências públicas do Senado Federal, Brasília, DF, v. 2, n. 9, p. 55-59, dez. 2011.

BUENO, C. F.; COUTINHO, B. H.; CRUZ, J. H. O.; CASTRO JUNIOR, E. A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: estudo de caso da rodovia BR-040. In: BAGER, A. **Ecologia de estradas**: tendências e pesquisas. Lavras: Ufla, 2012. p. 167-178.

BUENO, C.; FAUSTINO, M. T.; FREITAS, S. R. Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 320-327, jun. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1702.11>. Acesso em: 25 jun. 2022.

CURVO, L. R. V.; ALENCAR, S. B. A.; KREUTZ, F. I.; BARBOSA, G. C. R.; COSTA, C. S.; FERREIRA, M. W. Atropelamento de fauna silvestre em uma Reserva da Biosfera no Brasil: ameaças à conservação do pantanal norte do Brasil. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, Aquidabã, v. 12, n. 1, p. 114-125, 15 set. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.6008/cbpc2179-6858.2021.001.0010>. Acesso em: 25 jun. 2022.

DEFFACI, A. C.; SILVA, V. P.; HARTMANN, M. T.; HARTMANN, P. A. Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1205, 28 set. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5902/2179460x22020>. Acesso em: 25 jun. 2022.

DEUTSCH, L. A.; PUGLIA, L. R. R. **Os animais silvestres: proteção, doenças e manejo**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1988. 191 p. (Coleção do Agricultor. Ecologia).

DIAS, C. D. C.; LOPES, S. M. C.; REIS, H. J. D. A. Levantamento de vertebrados silvestres mortos por atropelamento em rodovia estadual do Brasil. **Journal Of Biotechnology And Biodiversity**, Tocantinópolis, v. 9, n. 3, p. 229-238, 1 ago. 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v9n3.dias>. Acesso em: 25 jun. 2022.

FELIX, G. A.; PAZ, I. C. L. A.; NÄÄS, I. A.; GARCIA, R. G.; MOI, M.; CALDARA, F. R.; SANTI, F. M.; COSTA JUNIOR, R. G. *Hydrochoerus hydrochaeris*: ecologia e potencial da espécie para produção - uma revisão. **Bioeng**, Tupã, v. 5, n. 1, p. 47-56, 2011.

FERRAZ, K. M. P. M. B.; SANTOS-FILHO, R. M. F.; PIFFER, T. R. O.; VERDADE, L. M. Biologia e manejo da capivara: do controle de danos ao máximo rendimento sustentável. In: MATTOS, W. R. S. (ed.). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 580-588.

FERREIRA, C. M. M.; RIBAS, A. C. A.; CASELLA, J.; MENDES, S. L. Variação espacial de atropelamentos de mamíferos em área de restinga no estado do Espírito Santo, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo, v. 9, n. 3, p. 125-133, 25 ago. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4013/nbc.2014.93.02>. Acesso em: 25 jun. 2022.

FREITAS, S. R.; BARSZCZ, L. B. A perspectiva da mídia online sobre os acidentes entre veículos e animais em rodovias brasileiras: uma questão de segurança? **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 33, p. 261-276, 27 abr.

2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/dma.v33i0.36910>. Acesso em: 25 jun. 2022.

HUIJSER, M. P.; ABRA, F. D.; DUFFIELD, J. W. Mammal road mortality and cost-benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) in São Paulo state, Brazil. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 129-146, mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.11>. Acesso em: 22 out. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Diretrizes referentes ao controle da capivara e o controle da Febre Maculosa Brasileira**. Brasília, DF, 2008. Disponível em: http://www.saude.campinas.sp.gov.br/saude/doencas/febremaculosa/Diretrizes_IBAMA_capivaras_e_FMB.pdf. Acesso em: 22 out. 2021.

JARDIM, J. M. M.; SILVA JÚNIOR, R. A.; PASCOAL, I. C.; OLIVEIRA, A. A. F.; PINHEIRO JUNIOR, J. W. Análise dos acidentes de trânsito ocasionados por animais nas rodovias federais do estado de Pernambuco, Brasil. **Medicina Veterinária (Ufrpe)**, Recife, v. 11, n. 1, p. 76-84, 5 set. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.26605/medvet-n1-1628>. Acesso em: 22 out. 2021.

JÖTTEN, M.; CAMARA, A. E. Kapi`wara: um jogo de tabuleiro cooperativo ecológico-pedagógico sobre o rio pinheiros e suas capivaras. **Design & Tecnologia: projetos**, São Paulo, v. 7, n. 13, p. 110-122, jun. 2017.

LIMA, S. F.; OBARA, A. T. Levantamento de animais silvestres atropelados na BR-277 às margens do Parque Nacional do Iguaçu: subsídios ao programa multidisciplinar de proteção à fauna. In: SEMANA DE ARTES DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, 7., 2004, Maringá. **Anais** [...]. Maringá: UEM, 2004. 7 p.

LOZANO, J. A.; PATIÑO-SIRO, D. Does the shape of the road influences wildlife roadkills? Evidence from a highway in Central Andes of Colombia. **European Journal of Ecology**, Presov, v. 6, n. 1, p. 58-70, 19 ago. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17161/euroj ecol.v6i1.13688>. Acesso em: 22 out. 2021.

MENDES, A.; NOGUEIRA, S. S. C.; LAVORENTI, A.; NOGUEIRA-FILHO, S. L. G. A note on the cecotrophy behavior in capybara (*Hydrochaeris hydrochaeris*). **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 66, n. 1-2, p. 161-167, fev. 2000. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1591\(99\)00080-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0168-1591(99)00080-5). Acesso em: 22 out. 2021.

NIEVAS, A. M. **Ecologia comportamental de capivaras (*Hydrochoerus Hydrochaeris*) em ambientes antrópicos**. 2019. 121 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2019.

NOGUEIRA FILHO, Sérgio Luiz Gama. **Criação de capivara**. Viçosa: CPT, 1996. 50 p.

NOGUEIRA, S. S. C.; OTTA, E.; DIAS, C. T. S.; NOGUEIRA-FILHO, S. L. G. Alloparental behavior in the capybara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). **Revista de Etologia**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 17-21, 2000.

PEDRA, J. M. **Eventos Operacionais de Trânsito – EOTr(s) envolvendo capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no quilômetro 207 da Rodovia Anhanguera, SP-330**. 2021. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

PEREIRA, H. F. A.; ESTON, M. R. Biologia e manejo de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no parque estadual Alberto Lofgren, São Paulo, Brasil. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 55-64, jun. 2007.

POLEGATTO, C. M.; NASCIMENTO, E. A. **A fauna de mamíferos e aves da mata Santa Tereza**: Estação Ecológica de Ribeirão Preto, SP. 2. ed. [Ribeirão Preto: Polegatto Editora e Serviços Ambientais], 2019. 281 p.

SÁSSI, C. M.; NASCIMENTO, A. A. T.; MIRANDA, R. F. P.; CARVALHO, G. D. Levantamento de animais silvestres atropelados em trecho da rodovia

BR482. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 65, n. 6, p. 1883-1886, jun. 2013.

SOUZA, D. S.; YANG, S. G. N. S.; ALVES, A. C. A.; PONTES, R. M.; CARVALHO, C. C. D.; SOARES, P. C.; OLIVEIRA, J. B. Perfil hematológico e bioquímico sérico de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) de vida livre nos biomas Mata Atlântica e Caatinga. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 72, n. 2, p. 461-470, abr. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-11163>. Acesso em: 2 out. 2021.

TURCI, L. C. B.; BERNARDE, P. S. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 121-127, mar. 2009.

VALADÃO, R. M.; BASTOS, L. F.; CASTRO, C. P. Atropelamentos de vertebrados silvestres em quatro rodovias no cerrado, Mato Grosso, Brasil. **Multi-Science Journal**, Urutaí, v. 1, n. 12, p. 62-74, 1 maio 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.33837/msj.v1i12.447>. Disponível em: <https://periodicos.ifgoiano.edu.br/index.php/multiscience/article/view/447>. Acesso em: 22 out. 2021.

VARGAS, F. C.; VARGAS, S. C.; MORO, M. E. G.; SILVA, V.; CARRER, C. R. O. Monitoramento populacional de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris* Linnaeus, 1766) em Pirassununga, SP, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1104-1108, jul. 2007.

APÊNDICE A - REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

AHERN, J.; JENNINGS, L.; FENSTERMACHER, B.; WARREN, P.; CHARNEY, N.; JACKSON, S.; MULLIN, J.; KOTVAL, Z.; BRENA, S.; CIVJAN, S. Issues and Methods for Transdisciplinary Planning of Combined Wildlife and Pedestrian Highway Crossings. **Transportation Research Record**, Thousand Oaks, v. 2123, n. 1, p. 129-136, jan. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3141/2123-14>. Acesso em: 7 jun. 2022.

ARROYAVE, M. P.; GÓMEZ, C.; GUTIÉRREZ, M. E.; MÖNERA, D. P.; ZAPATA, P. A.; VERGARA, I. C.; ANDRADE, L. M.; RAMOS, K. C. Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. **Revista Eia**, Medellín, v. 5, p. 45-57, jun. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n5/n5a04.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2021.

AGÊNCIA DE TRANSPORTES DO ESTADO DE SÃO - ARTESP. **Programa de concessões**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.artesp.sp.gov.br/Style%20Library/extranet/rodovias/programa-de-concessoes.aspx>. Acesso em: 17 jun. 2022.

BAGER, A. **Ecologia de estradas**: tendências e pesquisas. Lavras: Empreendedor Acadêmico, 2017. 297 p.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 53, p. 31-38, abr. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.01.006>. Acesso em: 7 jun. 2022.

BAGER, A.; PIEDRAS, S. R. N.; MARTIN, T. S.; HÓBUS, Q. Fauna selvagem e atropelamento - diagnóstico do conhecimento brasileiro. In: BAGER, A. **Áreas protegidas**: repensando as escalas de atuação. Porto Alegre: Armazém Digital, 2007. Cap. 3. p. 49-62.

BANDEIRA, C.; FLORIANO, E. P. **Avaliação de impacto ambiental de rodovias**. Santa Rosa: Anorgs, 2004. 68 p. (Caderno didático).

BANK, F. G.; IRWIN, C. L.; EVINK, G. L.; GRAY, M. E.; HAGOOD, S.; KINAR, J. R.; LEVY, A.; PAULSON, D.; RUEDIGER, B.; SAUVAJOT, R. M.; SCOTT, D. J.; WHITE, P. **Wildlife habitat connectivity across european highways**. Washington, DC: Office of International Programs; FHWA/US DOT, 2002. 48 p.

BATISTA, M. O.; AMARAL, R. R. T.; ARRUDA, F. S. O panorama da regularização ambiental das rodovias federais concedidas no Brasil. In: CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO PARA O PLANEJAMENTO URBANO, REGIONAL, INTEGRADO E SUSTENTÁVEL, 8., 2018, Coimbra. **Anais** [...]. Coimbra: Pluris, 2018. p. 1379-1392.

BECKMANN, J. P.; CLEVINGER, A. P.; HUIJSER, M. P.; HILTY, J. A. **Safe passages: highways, wildlife and habitat connectivity**. Washington: Island Press, 2010. 396 p.

BELLIA, V.; BIDONE, E. D. **Rodovias, recursos naturais e meio ambiente**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Universitária, 1993. 360 p. (Geoquímica ambiental).

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **Concessões rodoviárias federais**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://portal.antt.gov.br/informacoes-gerais>. Acesso em: 7 jun. 2022.

BRASIL. Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT. **Guia de licenciamento ambiental de empreendimentos rodoviários**. Brasília, DF, 2019. 149 p.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte - CNT. **Funset: por que remediar se podemos prevenir?** Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://cdn.cnt.org.br/diretorioVirtualPrd/fac652d2-09f5-4e61-9831-bf51d2000db5.pdf>. Acesso em: 2 jun. 2021.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte - CNT. **Pesquisa CNT de rodovias**. Brasília, DF: SEST SENAT, 2021. 231 p.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito. **Manual brasileiro de sinalização de trânsito**: sinalização temporária. Brasília, DF: Denatran, 2017. 224 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de sinalização rodoviária**. 3. ed. Rio de Janeiro: IPR. 2010. 412 p.

BRASIL. **Lei nº 10.233**, de 05 de junho de 2001. Dispõe sobre a reestruturação dos transportes aquaviário e terrestre, cria o Conselho Nacional de Integração de Políticas de Transporte, a Agência Nacional de Transportes Terrestres, a Agência Nacional de Transportes Aquaviários e o Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10233.htm. Acesso em: 6 jun. 2022.

BRASIL. **Portaria Interministerial Mma/Mt nº 288**, de 16 de julho de 2013. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <https://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=130344>. Acesso em: 6 jun. 2022.

BRASIL. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. **Projeto Rodofauna**: diagnóstico e proposição de medidas mitigadoras para atropelamento de fauna. Brasília, DF: Ibram, 2013. 88 p.

CACERES, N. C. Biological characteristics influence mammal road kill in an Atlantic Forest–Cerrado interface in south-western Brazil. **Italian Journal Of Zoology**, Oxfordshire, v. 78, n. 3, p. 379-389, set. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/11250003.2011.566226>. Acesso em: 7 jun. 2022..

CAIN, A. T.; TUOVILA, V. R.; HEWITT, D. G.; TEWES, M. E. Effects of a highway and mitigation projects on bobcats in Southern Texas. **Biological Conservation**,

Amsterdam, v. 114, n. 2, p. 189-197, dez. 2003. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0006-3207\(03\)00023-5](http://dx.doi.org/10.1016/s0006-3207(03)00023-5). Acesso em: 7 jun. 2022.

CARVALHO, C. F.; CUSTÓDIO, A. E. I.; MARÇAL JÚNIOR, O. Influence of climate variables on roadkill rates of wild vertebrates in the cerrado biome, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 33, n. 6, p. 1632-1641, nov./dez. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/bj-v33n6a2017-39538>. Acesso em: 7 jun. 2022.

CASTRO, É. P.; BAGER, A. Sistema Urubu: a ciência cidadã em prol da conservação da biodiversidade. **Revista Brasileira de Tecnologias Sociais**, São Paulo, v. 6, n. 2, p. 111, 11 out. 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14210/rbts.v6n2.p111-130>. Acesso em: 7 jun. 2022.

CIOCHETI, G.; ABRA, F. Taxas de atropelamento de mamíferos de médio e grande porte e relações com a estrutura da paisagem nas rodovias SP 225 e SP 310, São Paulo, SP. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais [...]**. São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009. 4 p.

CLEVINGER, A. P.; HUIJSER, M. P. **Wildlife crossing structure handbook: design and evaluation in North America**. Washington: Federal Highway Administration, 2011. 224 p.

CLEVINGER, A. P.; KOCIOLEK, A. V. **Highway median impacts on wildlife movement and mortality: state of the practice survey and gap analysis**. Sacramento: State of California Department of Transportation, 2006. 116 p.

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. **Journal Of Transport Geography**, Amsterdam, v. 15, n. 5, p. 396-406, set. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006>. Acesso em: 7 jun. 2022.

DORNAS, R.; KINDEL, A.; BAGGER, A.; FREITAS, S. R. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: BAGGER, A. **Ecologia de estradas: tendências e pesquisas**. Lavras: Empreendedor Acadêmico, 2017. Cap. 3. p. 139-152.

DUPONT, A.; LOBO, E. A. Levantamento da fauna silvestre atropelada na Avenida Felisberto Bandeira de Moraes, Santa Cruz do Sul, RS, Brasil. **Caderno de Pesquisa: Série Biologia**, Santa Cruz do Sul, v. 24, n. 3, p. 71-81, 2012. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/cadpesquisa/article/view/3608>. Acesso em: 7 jun. 2022.

ECOVIAS. **Grupo Ecovias**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.ecovias.com.br/>. Acesso em: 4 jun. 2021.

FORMAN, R. T. T. **Land mosaics: the ecology of landscapes and regions**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

FORMAN, R. T. T. Road ecology: a solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 3, n. 13, p. 3-5, 1998.

FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; CLEVINGER, A. P.; BISSONETTE, J. A. Flexibility in highway design. In: FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T.; WINTER, T. C. (eds.). **Road ecology: science and solutions**. Washington, DC: Island Press, 2003. p. 46-48.

FORMAN, R. T. T.; COLLINGE, S. K. Nature conserved in changing landscapes with and without spatial planning. **Landscape And Urban Planning**, Amsterdam, v. 37, n. 1-2, p. 129-135, jun. 1997. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0169-2046\(96\)00378-7](http://dx.doi.org/10.1016/s0169-2046(96)00378-7). Acesso em: 7 jun. 2022.

GALLINA, A. G.; MIHART, M. G. H.; CALVA, V. C. Conservation implications for jaguars and other neotropical mammals using highway underpasses. **Plos One**, San

Francisco, v. 13, n. 11, p. 1-20, 6 nov. 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0206614>. Acesso em: 7 jun. 2022.

GOMES, L. P.; CAIXETA, F. F.; TORRES, R. R.; CASTRO, D. N.; THOMÉ, G. A.; LIMA, R. I. P.; SOUSA, A. C. P.; FRANÇA, R. M.; SILVA, L. L. Fauna run-over mitigation measures on Brazilian federal highway concessions. **Heringeriana**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 10-20, jun. 2019.

GRILO, C.; BISSONETTE, J. A.; CRAMER, P. C. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: JONES, S. R. **Highways**: construction, management, and maintenance. Nova York: Nova Science Publishers, 2010. Cap. 5. p. 73-114.

GRILO, C.; KOROLEVA, E.; ANDRÁLIK, R.; BÍL, M.; GONZÁLEZ-SUÁREZ, M. Roadkill risk and population vulnerability in European birds and mammals. **Frontiers in Ecology and the Environment**, Hoboken, v. 18, n. 6, p. 323-328, 8 jun. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1002/fee.2216>. Acesso em: 7 jun. 2022.

HARDY, A.; CLEVINGER, A. P.; HUIJSER, M.; NEALE, G. An overview of methods and approaches for evaluating the effectiveness of wildlife crossing structures: emphasizing the science in applied science. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECOLOGY AND TRANSPORTATION, 2003., Raleigh. **Proceedings** [...]. Raleigh: North Carolina State University, 2003. p. 319-330. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/8gj3x1dc>. Acesso em: 1 jun. 2021.

HUIJSER, M. P.; DUFFIELD, J. W.; CLEVINGER, A. P.; AMENT, R. J.; MCGOWEN, P. T. Cost–benefit analyses of mitigation measures aimed at reducing collisions with large ungulates in the United States and Canada: a decision support tool. **Ecology and Society**, Hoboken, v. 14, n. 2, p. 1-26, 2009. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art15/>. Acesso em: 7 jun. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. **Empreendimento licenciado pelo Ibama instala primeiro viaduto para travessia de fauna do país**. Brasília, DF, 2017. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/noticias/422-2017/1084-empreendimento-licenciado-pelo->

ibama-instala-primeiro-viaduto-para-travessia-de-fauna-do-pais. Acesso em: 9 jun. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA. **Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA**. Brasília, DF, 2015. 20 p. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriospesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf. Acesso em: 8 jun. 2022.

IUELL, B.; BEKKER, G. J.; CUPERUS, R.; DUFEK, J.; FRY, G.; HICKS, C.; HLAVAC, V.; KELLER, V. B.; ROSELL, C.; SANGWINE, T.; TØRSLØV, N.; WANDALL, B.; LE MAIRE, B. **Wildlife and traffic: a european handbook for identifying conflicts and designing solutions**. Brussels: KNNV Publicshers, 2003. 172 p.

JACOBSON, S. L. Mitigation measures for highway-caused impacts to birds. In: RALPH, C. J.; RICH, T. D. **Bird conservation implementation and integration in the americas: proceedings of the Third International Partners in Flight Conference**. Albany: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 2005. p. 1043-1050.

KHALIL, L. A. S.; SANTOS, D. M. C. Licenciamento ambiental no Brasil: um breve panorama pós-política nacional de meio ambiente. **Ciência Atual**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p. 96-110, 2020.

KINDEL, A.; LAUXEN, M. S. **Conecte**: guia de procedimentos para mitigação de impactos de rodovia sobre a fauna. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.conecte.bio.br/>. Acesso em: 2 jun. 2021.

LAMBRECHTS, J.; BOERS, K.; KEULEMANS, G.; JACOBS, M.; MOENS, L.; RENDERS, M.; WILLEMS, W. **Monitoring ecoduct 'De Warande' over de N25 in het Meerdaalwoud (Bierbeek)**. Mechelen: **Natuurpunt Studie**, 2012. 91 p.

LANGEN, T. A.; OGDEN, K. M.; SCHWARTING, L. L. Predicting hot spots of herpetofauna road mortality along highway networks. **The Journal of Wildlife Management**, Hoboken, v. 73, n. 1, p. 104-114, jan. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2193/2008-017>. Acesso em: 8 jun. 2022.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends In Ecology & Evolution**, Oxford, v. 24, n. 12, p. 659-669, dez. 2009. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2009.06.009>. Acesso em: 8 jun. 2022.

LIMA, L. H.; MAGRINI, A. The brazilian audit tribunal's role in improving the federal environmental licensing process. **Environmental Impact Assessment Review**, Philadelphia, v. 30, n. 2, p. 108-115, fev. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eiar.2009.08.005>. Acesso em: 8 jun. 2022.

LUZ, C. C.; RATTON, E.; NASCIMENTO NETO, D. Procedimentos para avaliação ambiental e discussão no âmbito do PROFAS (Programa de Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis) em obras na rodovia BR-116. In: SEMINÁRIO SOCIOAMBIENTAL EM INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE, 1., 2017, Brasília. **Anais [...]**. Brasília, DF: Verbena, 2018. p. 195-218.

MATTOS, C.; FISCHER, W. **Proteção da fauna vulnerável a empreendimentos de alto risco**. São Paulo, 2021. Disponível em: <http://www.brasil-economia-governo.org.br/2021/09/25/protecao-da-fauna-vulneravel-a-empreendimentos-de-alto-risco/>. Acesso em: 8 jun. 2022.

MEDICI, E. P.; TESTA-JOSÉ, C.; FERNANDES-SANTOS, R. C.; CANENA, A. C.; ABRA, F. D. **Impacto de atropelamentos de anta brasileira (Tapirus terrestris), entre 2013 e 2019, em rodovias estaduais e federais do estado do Mato Grosso do Sul, Brasil: relatório técnico**. [Nazaré Paulista]: Ipê, 2019. 34 p. Disponível em: <https://www.ipe.org.br/images/Impacto-de-Atropelamentos.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2022.

OLIVEIRA, S. L.; BASTOS, R. P.; LACERDA, K. A. P.; LACERDA, S. E. A. E. Ecologia de estradas: estado da arte no Brasil e no mundo/ecology of roads. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 12, p. 98546-98573, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv6n12-371>. Acesso em: 8 jun. 2022.

OMENA JUNIOR, R. O.; LIMA, J. P.; SANTOS, A. L. W.; RIBEIRO, G. A. A.; ARIDE, P. H. R. Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR 174, Amazonas, Brasil. **Revista Colombiana de Ciência Animal**, Sucre, v. 4, n. 2, p. 291-307, set. 2012.

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 28, n. 3, p. 237-241, 2006.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Planta, 2001. 328 p.

ROMANINI, P. U. Atropelamento de fauna silvestre: medidas de mitigação. In: SEMINÁRIO "ATROPELAMENTO DE FAUNA SELVAGEM E RODOVIAS SUSTENTÁVEIS", 1., 2016, São Paulo: MPSP, 2016. 16 slides, color.

ROMIN, L. A.; BISSONETTE, J. A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. **Wildlife Society Bulletin**, Hoboken, v. 24, n. 2, p. 276-283, 1996.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020. 485 p.

SANTOS, C. R.; SILVA, R. V. Passagem inferior de fauna e cerca guia como forma de mitigação dos impactos ambientais. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, p. 74-95, 17 dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.12957/ric.2015.19647>. Acesso em: 8 jun. 2022.

SEILER, A. **Ecological effects of roads: a review**. Uppsala: Department of Conservation Biology, 2001. (Introductory Research Essay, 9).

SOMBRA JUNIOR, C. A. Ecologia de estradas: problemáticas e medidas de mitigação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE, 1.; CONGRESSO INTERNACIONAL DA DIVERSIDADE DO SEMIÁRIDO, 3., 2019, Campina Grande. **Anais** [...]. Campina Grande: Realize, 2020. p. 182-196. Disponível em: <https://www.editorarealize.com.br/index.php/artigo/visualizar/65002>. Acesso em: 1 jun. 2021.

TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, I. P.; ESPERANDIO, I. B.; OLIVEIRA, N. R.; PETER, F. P.; DORNELLES, S. S.; DELAZERI, N. R.; TAVARES, M.; MARTINS, M. B.; KINDEL, A. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 36-47, mar. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.04>. Acesso em: 8 jun. 2022.

TEIXEIRA, F. Z.; GONÇALVES, L. O.; BIASOTTO, L. D.; NÓBREGA, R. A. A.; KINDEL, A. Ferramentas geográficas para análise e mitigação de impactos ambientais causados por infraestruturas viárias de transporte terrestre. In: SUTIL, T.; PEREIRA, J. R.; LADWIG, N. I.; ZOCHE, J. J.; PEREIRA, J. L. **Geoprocessamento na análise ambiental**. Criciúma: Unesc, 2020. Cap. 8. p. 217-251.

TROCMÉ, M. Habitat fragmentation due to linear transportation infrastructure: an overview of mitigation measures in Switzerland. In: SWISS TRANSPORT RESEARCH CONFERENCE, 6., 2006, Ascona. **Proceedings** [...]. Ascona: STRC, 2006.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, Hoboken, v. 14, n. 1, p. 18-30, fev. 2000. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>. Acesso em: 8 jun. 2022.

TUMELEIRO, L. K.; KOENEMANN, J.; ÁVILA, M. C. N.; PANDOLFO, F. R.; OLIVEIRA, É. V. Notas sobre mamíferos da região de Uruguaiana: estudo de indivíduos atropelados com informações sobre a dieta e conservação. **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 4, n. 1, p. 38-41, 2006.

WEISS, L. P.; VIANNA, V. O. Levantamento do impacto das rodovias BR-376, BR-373 e BR-277, trecho de Apucarana a Curitiba, Paraná, no atropelamento de animais silvestres. **Publicatio UEPG: Ciências Biológicas e da Saúde**, Ponta Grossa, v. 18, n. 2, p. 121-133, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5212/publ.biologicas.v.18i2.0007>. Acesso em: 8 jun. 2022.

ANEXO A – NORMAS PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA AMBIENTE & SOCIEDADE

Sistema de submissão e acompanhamento de artigos

A Revista Ambiente & Sociedade migrou para a plataforma de submissão *Scielo ScholarOne* e espera com isso otimizar todo o processo da submissão à publicação do periódico. Para enviar artigos acesse: <https://mc04.manuscriptcentral.com/asoc-scielo>.

Pedimos aos autores que leiam com atenção todos os requisitos do processo de submissão abaixo.

O Sistema *ScholarOne* exige que os autores, no momento da submissão, indiquem o seu código ORCID. O preenchimento deste código no sistema só pode ser feito pelo próprio autor ou coautor do manuscrito

O contato com a revista é feito único e exclusivamente via e-mail: revistaambienteesociedade@gmail.com.

Formato do manuscrito

Na redação do artigo os autores deverão observar as seguintes orientações:

Os manuscritos devem ser classificados como "Original Article" na etapa de submissão "Step 1: Type, Title & Abstract".

O número máximo de autores e coautores, por manuscrito submetido, deverá ser de sete pessoas.

O manuscrito deve ser estruturado da seguinte forma: Título em português, Resumo, Palavras-chave, Título em inglês, Abstract, Key-words, Título em espanhol, Resumen, Palabras-clave, introdução, desenvolvimento do texto, referências. Notas de rodapé são opcionais.

Para a avaliação, o texto pode ser redigido nos idiomas: português, espanhol ou inglês.

O documento deve ser submetido em formato doc. ou docx. Fonte Arial 12 e espaçamento 1,5 (um e meio) entre linhas. Todas as folhas do manuscrito devem trazer o seu número sequencial de página.

O arquivo todo do manuscrito deverá ter o mínimo de 35.000 e máximo de 50.000 caracteres, considerados os espaços e incluídas as referências.

Título do artigo deve ter, no máximo, 15 palavras.

O Resumo, abstract e resumen, devem conter cada, de 100 a 150 palavras. Não deve ser redigido em primeira pessoa e deve incluir tema geral, problema de pesquisa, objetivos, métodos e principais conclusões.

As Palavras-chave, keyword e palabra clave devem ser no mínimo 5 e no máximo 8, nas três línguas.

Agradecimentos (opcionais) devem ser citados em nota de rodapé junto ao título. Eles não podem conter referências, diretas ou indiretas, à autoria.

Elementos gráficos (Tabelas, quadros e figuras) são permitidos apenas o total de cinco elementos, numerados em algarismos arábicos na sequência em que aparecerem no texto. Devem estar em formato original que permita sua edição e devem ser incluídos no corpo do texto. Todos os elementos gráficos devem possuir fonte, incluídos aqueles elaborados pelos autores. Quadros e tabelas não podem ultrapassar de uma página. Observar as normas da ABNT para referências e inserção de legendas e fontes em cada elemento. Consulte um guia rápido, caso tenha dúvidas no link: http://www.biblioteca.fsp.usp.br/~biblioteca/guia/i_cap_04.htm.

Imagens coloridas e em preto e branco, digitalizadas eletronicamente em .jpg com resolução a partir de 300 dpi, apresentadas em dimensões que permitam a sua ampliação ou redução mantendo a legibilidade.

As notas rodapé são de caráter explicativo e devem ser evitadas. Utilizadas apenas como exceção, quando estritamente necessárias para a compreensão do texto e com, no máximo, três linhas. As notas terão numeração consecutiva, em arábicos, na ordem em que aparecem no texto.

As citações no corpo do texto e as referências deverão obedecer às normas da ABNT e, opcionalmente, Vancouver para autores filiados a universidades estrangeiras. Consulte um guia rápido, caso tenha dúvidas no link http://www.biblioteca.fsp.usp.br/~biblioteca/guia/i_modelos.htm

Avaliação cega: Ao submeter o artigo pelo sistema eletrônico, o autor deve suprimir todas as identificações de autoria (diretas e indiretas) do texto que seguirá para as avaliações cegas de avaliadores externos. As informações autorais ficarão registradas no sistema. Ao salvar o documento, retire os metadados do Word (autor; última modificação por), de modo que não conste a identificação o

autor. Manuscritos com informações autorais de qualquer tipo não serão aceitos e retornarão ao autor para adequações necessárias.