



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS DA AMAZÔNIA-  
PPGRNA**

**LÍCIO MOTA DA ROCHA**

**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES EM UM TRECHO DA  
RODOVIA BR-163 NO OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

**Santarém – Pará  
Abril de 2021**

**LÍCIO MOTA DA ROCHA**

**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES EM UM TRECHO DA  
RODOVIA BR-163 NO OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Edson Varga Lopes

Coorientadora: Dr.<sup>a</sup> Clarissa Alves da Rosa

**Santarém – Pará  
Abril de 2021**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

- R672a Rocha, Lício Mota da  
Atropelamento de vertebrados silvestres em um trecho da rodovia BR-163 no Oeste do Pará, Amazônia, Brasil. / Lício Mota da Rocha. – Santarém, 2021.  
66 p. : il.  
Inclui bibliografias.
- Orientador: Edson Varga Lopes  
Coorientador: Clarissa Alves da Rosa  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia.
1. Ecologia de estradas. 2. Hotspots de mortalidade de fauna. 3. Conservação. I. Lopes, Edson Varga, *orient.* II. Rosa, Clarissa Alves da, *coorient.* III Título.

CDD: 23 ed. 577.5098115

**LÍCIO MOTA DA ROCHA**

**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS SILVESTRES EM UM TRECHO DA  
RODOVIA BR-163 NO OESTE DO PARÁ, AMAZÔNIA, BRASIL.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia da Universidade Federal do Oeste do Pará, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Recursos Naturais.

Conceito: 9,0

Data de aprovação: 23/04/2021



---

Prof. Dr. Edson Varga Lopes – Orientador  
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA



---

Dr.ª Clarissa Alves da Rosa - Coorientadora  
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA



---

Prof. Dr. Alfredo Pedroso dos Santos Junior  
Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA



---

Prof.ª Dr.ª Simone Rodrigues de Freitas  
Universidade Federal do ABC – UFAC



---

Prof. Dr. Helio Secco  
Instituto de Biodiversidade e Sustentabilidade, Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
NUPEM/UFRJ

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Oeste do Pará, que por meio do Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais da Amazônia permitiu que essa pesquisa fosse desenvolvida.

Ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelo apoio para a obtenção dos dados sobre atropelamentos da fauna silvestre.

Aos meus orientadores, Edson Varga Lopes e Clarissa Alves da Rosa pelo direcionamento durante a elaboração dessa pesquisa e por compartilharem comigo um pouco de suas experiências, contribuindo sobremaneira no meu processo de aprendizagem.

Ao Arlisson Bezerra de Castro, técnico do Laboratório de Ecologia e Conservação da Universidade Federal do Oeste do Pará, pelo apoio na coleta das informações de campo e pelas discussões que esclareceram muitas dúvidas sobre o desenvolvimento do estudo.

À Gabriela Batista, bolsista PIBIC/ICMBio pelo auxílio e compartilhamento de informações sobre a realização de monitoramento de fauna atropelada.

## RESUMO

O atropelamento da fauna silvestre é uma ameaça à biodiversidade. Na Amazônia vem ocorrendo nas últimas décadas um aumento da malha rodoviária, intensificando o fluxo de veículos e provavelmente contribuindo para um aumento nas taxas de atropelamento (TA) de fauna. Neste cenário, objetivamos caracterizar a fauna silvestre atropelada num trecho de 100 quilômetros da rodovia BR-163, no município de Belterra/PA, determinando quais grupos são mais atingidos e se há agregações espaciais (*hotspots*) e temporais, em relação a variações climáticas de precipitação e temperatura (*hotmoments*), de atropelamentos. Para isso, realizamos monitoramentos quinzenais utilizando um veículo motorizado a uma velocidade máxima de 40 km/h, sempre iniciando às 07:00 h. Registramos um total de 351 indivíduos e uma taxa média de atropelamento de 0.14 ind./km/dia. A classe com mais registros de atropelamentos foi a dos anfíbios (TA = 0.066 ind./km/dia), seguido por mamíferos (TA = 0.026 ind./km/dia), répteis (TA = 0.025 ind./km/dia) e aves (TA = 0.024 ind./km/dia). Identificamos diversos possíveis *hotspots* comuns para todas as classes, sendo que três locais foram *hotspots* para mais de uma classe. Os atropelamentos de anfíbios e répteis mostraram relação com a precipitação dos sete dias anteriores a cada monitoramento, temperatura média dos sete dias anteriores a cada monitoramento e com a temperatura média do dia anterior a cada monitoramento. As informações sobre locais e períodos com maior incidência de atropelamentos podem auxiliar no desenvolvimento de ações por parte das instâncias gestoras competentes, como a instalação de estruturas de passagem de fauna, visando a diminuição dos impactos sobre os vertebrados silvestres no trecho do estudo. Os resultados podem ainda subsidiar a realização localmente de futuros estudos para a ampliação de informações sobre a mortalidade da fauna em decorrência de atropelamentos.

**Palavras-chave:** Ecologia de Estradas. Hotspots de Mortalidade de Fauna. Conservação. Hotmoments de Mortalidade de Fauna.

## ABSTRACT

The trampling of wild fauna is a threat to biodiversity. In the Amazon, there has been an increase in the road network in recent decades, intensifying the flow of vehicles and probably contributing to an increase in the hit and run (TA) rates of fauna. In this scenario, we aim to characterize the wild fauna run over in a stretch of 100 kilometers of the BR-163 highway, in the municipality of Belterra/PA, determining which groups are most affected and whether there are spatial (*hotspots*) and temporal aggregations, in relation to climatic variations of precipitation and temperature (*hotmoments*), of being run over. For this, we carry out biweekly monitoring using a motorized vehicle at a maximum speed of 40 km/h, always starting at 07:00 h. We recorded a total of 351 individuals and an average run-over rate of 0.14 ind./km/day. The class with the most hit-and-run records was that of amphibians (TA = 0.066 ind./km/day), followed by mammals (TA = 0.026 ind./km/day), reptiles (TA = 0.025 ind./km/day) and birds (TA = 0.024 ind./km/day). We identified several possible common *hotspots* for all classes, with three locations being *hotspots* for more than one class. The trampling of amphibians and reptiles showed a relationship with the precipitation of the seven days preceding each monitoring, the average temperature of the seven days preceding each monitoring and with the average temperature of the day preceding each monitoring. Information on places and periods with the highest incidence of being run over can assist in the development of actions by the competent management bodies, such as the installation of fauna crossing structures, aiming at reducing the impacts on wild vertebrates in the study section. The results may also support the carrying out of future studies locally to expand information on fauna mortality due to pedestrians being run over.

**Keywords:** Road Ecology. Fauna Mortality Hotspots. Conservation. Fauna Mortality Hotmoments.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Dados climáticos utilizados nas análises de correlação com os vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. As análises foram realizadas para o total de animais e para cada classe separadamente. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019/2020).....38
- Tabela 2.** Lista de espécies de vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. N: número de indivíduos; TA: Taxa de atropelamento ind./km/dia. A nomenclatura e sequência taxonômica das espécies seguiu o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO), para aves (Piacentini et al. 2015), a lista de espécies da Sociedade Brasileira de Herpetologia (Costa e Bérnils 2018), para répteis, e a lista mais recente de verificação atualizada e comentada de mamíferos que ocorrem no Brasil (Quintela et al. 2020). Nenhuma das espécies identificadas consta como ameaçada de extinção pela International Union for Conservation of Nature (IUCN).....41
- Tabela 3.** Diferenças entre as taxas mensais dos atropelamentos do total de vertebrados registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. São apresentados os valores de p do teste de Student-Newman-Keuls de análises de diferenciação de médias comparando todos os meses entre si. Em negrito os valores significativos.....44
- Tabela 4.** Diferenças entre as taxas mensais dos atropelamentos dos anfíbios registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. São apresentados os valores de p do teste de Student-Newman-Keuls de análises de diferenciação de médias comparando todos os meses entre si. Em negrito os valores significativos. ....45
- Tabela 5.** Relação entre os atropelamentos de vertebrados registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020, total e separado por classe, e as variáveis climáticas. As quatro variáveis climáticas analisadas são (1) precipitação do dia anterior a cada amostragem, (2) precipitação acumulada dos sete dias anteriores a cada amostragem (3) temperatura média do dia anterior a cada amostragem e (4) temperatura média dos sete dias anteriores a cada amostragem. Os valores de rs representam o coeficiente de Spearman, e os valores de p, a significância ( $\alpha=0.05$ ).....50



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área de estudo, destacando a FLONA do Tapajós, no município de Belterra/PA, Brasil, onde se encontra o trecho da rodovia BR-163 em que foram realizadas as amostragens da fauna atropelada. .... 37
- Figura 2.** Total mensal de atropelamentos de anfíbios, mamíferos, répteis e aves registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. .... 45
- Figura 3.** Escalas com agrupamentos e dispersões significativas dos vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. Nos gráficos, (A) representa todos os vertebrados das coletas, (B) anfíbios, (C) mamíferos, (D) répteis e (E) aves. Em cada gráfico a linha contínua (L) representa a distribuição de animais e as linhas pontilhadas, os intervalos de confiança superior (UCL) e inferior (LCL). Os parâmetros utilizados foram raio inicial de 100 metros com incremento de raio de 400 metros em 1000 simulações e 95% de intervalo de confiança. .... 47
- Figura 4.** Gráficos das análises de hotspots para (A) o total de vertebrados, (B) anfíbios, (C), mamíferos, (D) répteis e (E) aves. Em cada gráfico as linhas contínuas (função N eventos – N simulados) representam a intensidade dos pontos de atropelamentos, e as linhas pontilhadas, os limites de confiança superior (UCL) e inferior (LCL). Os locais onde as linhas pretas ultrapassam a linha pontilhada superior (UCL) são as indicações dos *hotspots*. .... 48
- Figura 5.** Informações das variações climáticas mensais - precipitação mensal acumulada e temperatura média mensal – referente ao período de julho de 2019 a junho de 2020, município de Belterra/PA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019/2020). .... 49

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	10
<b>1.2 Impactos ambientais de rodovias</b> .....	10
<b>1.3 Atropelamento de fauna</b> .....	11
<b>1.4 Pontos quentes e momentos quentes</b> .....	14
<b>1.5 Estradas na Amazônia</b> .....	15
<b>1.6 BR-163 e a Floresta Nacional do Tapajós</b> .....	17
<b>2 REFERÊNCIAS</b> .....	19
<b>CAPÍTULO I</b> .....	29
Ocorrência de <i>hotspots</i> e influência climática sobre atropelamentos de vertebrados silvestres em um trecho da BR-163, na região amazônica, Brasil.....	30
<b>RESUMO</b> .....	30
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	32
<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	35
Área de trabalho.....	35
Coleta de dados.....	37
Análise de dados.....	39
<b>RESULTADOS</b> .....	40
<b>DISCUSSÃO</b> .....	50
<b>CONCLUSÕES</b> .....	56
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	57

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

Estradas e rodovias estão associadas ao desenvolvimento econômico da maioria dos países e são importantes para conectar regiões e pessoas. No Brasil, o modal rodoviário corresponde à principal matriz de infraestrutura de transportes (BORÇA JR.; QUARESMA, 2010). Nessa matriz, as estradas são essenciais à cadeia de apoio de atividades estratégicas ao desenvolvimento de todos os setores do país, sendo que por elas circula, por exemplo, grande parte da produção nacional (MOREIRA; JUNIOR; TOLOI, 2018). No entanto, o passivo ambiental da malha rodoviária pode ser alto, principalmente, quando ela não é bem planejada e utilizada, causando assim, alterações e impactos negativos significativos não só para populações humanas, como também para a biodiversidade (SILVA *et al.*, 2018; WANDERLEY *et al.*, 2015).

O código brasileiro de trânsito define as estradas como vias rurais não pavimentadas, enquanto as rodovias são vias rurais pavimentadas (BRASIL, 2008). Para fins de padronização utilizei a terminologia “estrada” tanto para as vias não pavimentadas quanto às pavimentadas e, onde houver necessidade de diferenciação, mencionarei especificamente os termos estradas e/ou rodovias.

Impulsionado principalmente pelo *lobby* da indústria automobilística, a partir da década de 1950 intensificou-se o uso do transporte rodoviário no Brasil, em detrimento de outros modais, como o ferroviário e o aquaviário (DE PAULA, 2010; MENELAU, 2012). Com isso, a malha rodoviária pavimentada aumentou de, aproximadamente, meros 2.000 km em 1955, para 50.000 km na década de 1970 e 130.000 km em 1990 (FERREIRA; DINIZ, 1995; MENELAU, 2012), sendo que em 2019 já são 213.453 km (CNT, 2019). Embora essa expansão rodoviária seja um avanço para setores econômicos, a estrutura associada a esse modal de transporte tem íntima relação com o desmatamento e todos seus impactos negativos, sociais e ambientais, relacionados (FEARNSIDE, 2006; MAXWELL *et al.*, 2016).

### 1.2 Impactos ambientais de rodovias

É possível identificar alguns impactos ambientais quando ocorre a implementação da malha rodoviária em determinado local. Tais impactos incluem alterações em fatores físicos, como hidrologia e geomorfologia, fatores químicos, como a emissão de poluentes, poeira, metais pesados e fatores biológicos como na distribuição e estrutura de populações silvestres (LAURANCE; GOOSEM; LAURANCE, 2009). Todos esses fatores afetam negativamente

a biodiversidade, sendo que os principais impactos são aqueles associados ao desmatamento que acarreta a fragmentação e a degradação de habitats (FAHRIG, 2003; FORMAN; ALEXANDER, 1998; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009; OLIVEIRA *et al.*, 2018; MMA, 2003).

As estradas podem produzir importantes efeitos que influenciam de forma específica a estrutura das populações de animais silvestres. Por exemplo, a perda de habitat interfere no sucesso reprodutivo, prejudica o forrageamento e diminui a abundância e o fluxo gênico (FAHRIG, 2003; JACKSON; FAHRIG, 2011; KURKI *et al.*, 2000), enquanto a fragmentação é altamente prejudicial para espécies que demandam grandes áreas, necessitam de habitats específicos ou são sensíveis aos efeitos de borda (CORRÊA; MOURA, 2011; FAHRIG, 2003; JORGE *et al.*, 2013; LAURANCE; VASCONCELOS, 2009; PIRES; FERNANDEZ; BARROS, 2006; TROMBULAK; FRISSEL, 2000).

Entre os efeitos, também há o ruído gerado pelo tráfego de veículos que pode prejudicar algumas espécies de aves (PALOMINO; CARRASCAL, 2007; BENÍTEZ-LOPEZ; ALKEMADE; VERWEIJ, 2010; OLIVEIRA, 2020) e de anfíbios anuros que utilizam a vocalização como principal forma de comunicação (GUERRA-FUENTES *et al.*, 2017; PARRIS; VELIK-LORD; NORTH, 2009). Para espécies cinegéticas o principal impacto está associado à facilitação de acesso às áreas até então relativamente livres da presença humana (OLIVEIRA *et al.*, 2018). A facilitação de acesso também aumenta a incidência de incêndios, a grilagem de terras e exploração ilegal de madeira e o contato entre fauna silvestre e doméstica (FEARNSIDE, 2007; FEARNSIDE; GRAÇA, 2009). Todos esses fatores geram distúrbios demográficos e genéticos para a fauna local (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Isso ocorre em variados níveis e pode vir a ser extremamente danoso, levando até mesmo a extinção local de espécies.

### **1.3 Atropelamento de fauna**

Apesar dos impactos negativos dos fatores citados acima, a morte causada por atropelamento por veículos automotores têm sido apontada como a principal causa direta de perda de biodiversidade decorrentes das estradas (DELGADO-VÉLEZ, 2014; JACKSON; FAHRIG, 2011; REE; GRILO; SMITH, 2015; SEILER, 2003; TROMBULAK; FRISSEL, 2000). Esse problema é quase tão antigo quanto à própria invenção do automóvel (STONER, 1925), no entanto, tem alcançado proporções catastróficas para a biodiversidade nas últimas décadas, com uma população humana que cresce exponencialmente e um

número cada vez maior de estradas e veículos automotores em circulação (GLISTA; DEVAULT; DEWOODY, 2007; SEILER; HELLDIN, 2006).

As estimativas de perda de fauna por atropelamentos são alarmantes no planeta todo. Erickson, Johnson e Young (2005) estimaram que mais de 80 milhões de aves morrem atropeladas por ano nas estradas dos Estados Unidos da América (USA – abreviação do inglês United States of America). Mais recentemente, também nos USA, Loss, Will e Marra (2014) projetaram que anualmente, esse número varia entre 89 e 340 milhões de aves. Bishop e Brogan (2013) calculam que 13,8 milhões de aves morrem todos os anos em função de atropelamentos no Canadá. Na Europa, Wembridge *et al.* (2016) estimaram que entre 167 mil e 335 mil ouriços terrestres (*Erinaceus europaeus*) são mortos nas estradas britânicas a cada ano. No Brasil, Dornas *et al.* (2012) estimaram uma taxa anual de 8,65 ( $\pm$  26,37) atropelamentos/km/ano de vertebrados silvestres, o que representa uma variação de cerca de 14,7 a 44,8 milhões de atropelamentos por ano, quando considerada toda a malha rodoviária brasileira de, aproximadamente, 1,7 milhões de quilômetros (CNT, 2019). Essa alta variação na estimativa proposta por Dornas *et al.* (2012) pode ter ocorrido em razão da diversidade de metodologias usadas nos estudos que foram analisados por estes autores. Mais recentemente, Abra *et al.* (2021) estimaram que 40 mil mamíferos, aproximadamente, são mortos por atropelamentos nas estradas pavimentadas do Estado de São Paulo. Ainda assim, ao que parece, no Brasil ainda é relativamente pequeno o número de estudos voltados para estimar a quantidade de vertebrados mortos por atropelamentos nas estradas diante da demanda existente. De todo modo, nota-se que são extremamente graves as consequências para as populações de animais silvestres expostas a este cenário comprometendo muitas populações em longo prazo.

Pesquisas sobre atropelamentos de fauna em estradas brasileiras têm se concentrado, principalmente, nas regiões sul e sudeste, destacando-se os Estados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais (BAGER; ROSA, 2010; COELHO, *et al.*, 2008; CORRÊA, *et al.*, 2013; DEFFACI, *et al.*, 2016; GONÇALVES *et al.*, 2018; GUIMARÃES; SILVA; PERIN, 2018; OLIVEIRA; SILVA, 2012; SANTOS *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2014; SÁSSI, *et al.*, 2013), seguido pelos Estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro (BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013; BUENO; ALMEIDA, 2010; FREITAS; SOUSA; BUENO, 2013; ORLANDIN *et al.*, 2015; SECCO *et al.*, 2017; ZOCHE, *et al.*, 2020) e, com menor frequência, Paraná, São Paulo e Espírito Santo (FREITAS *et al.*, 2015; SRBEK-ARAUJO; MENDES; CHIARELLO, 2015; SILVA *et al.*, 2007). Fora das regiões sul e sudeste há

estudos mais pontuais no Mato Grosso (VALADÃO; BASTOS; CASTRO, 2018), Mato Grosso do Sul (CÁCERES; CASELLA; GOULART, 2012; ASCENSÃO *et al.*, 2017), Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco (BARROS *et al.*, 2016; FERREIRA; SARAIVA; VALE, 2017), Bahia (BASTOS *et al.*, 2018) Rondônia (PARAGUASSU-CHAVES *et al.*, 2020; ZANDONADI *et al.*, 2014), Amazonas (OMENA JUNIOR *et al.*, 2012) e Pará (FREITAS *et al.*, 2017; GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009).

Segundo Dornas *et al.* (2012) a classe de vertebrados mais afetada é a das aves seguida de mamíferos, anfíbios e répteis, nessa ordem. Contudo, essa tendência pode variar entre regiões do Brasil. Estudos realizados no sul, sudeste e centro-oeste do Brasil indicaram que os grupos mais impactados por atropelamentos têm sido mamíferos, aves e répteis, respectivamente, mas com baixos registros de anfíbios (SILVA *et al.*, 2013; VALADÃO; BASTOS; CASTRO, 2018). Já no nordeste, as aves e os répteis são as classes mais impactadas (BASTOS *et al.*, 2018; FERREIRA; SARAIVA; VALE, 2017) e no norte, as pesquisas indicam uma alternância entre os grupos mais atropelados, sendo que anfíbios (TURCI; BERNARDE, 2009; ZANDONADI *et al.*, 2014), mamíferos (GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009; OMENA JUNIOR *et al.*, 2012) e répteis (PARAGUASSU-CHAVES *et al.*, 2020) se revezam quanto à classe mais registrada.

Há casos de estudos em que somente os mamíferos foram abordados (ABRA *et al.*, 2021; ASCENSÃO, *et al.*, 2017; PEREIRA; ANDRADE; FERNANDES, 2006; ZANZINI *et al.*, 2018) e em outros casos, anfíbios não receberam ênfase alguma (MULINARI *et al.*, 2013; SANTOS *et al.*, 2014; DEFFACI *et al.*, 2016), sendo que os anfíbios costumam ser uma das classes menos registrada nas pesquisas. Esta tendência pode estar vinculada aos métodos de amostragem, que geralmente são realizados em veículos com velocidades acima de 40 km/h, o que favorece a identificação dos animais de maior porte durante os monitoramentos (CATELLA; TOMÁS; MOURÃO, 2010). No entanto, há estudos em que os monitoramentos foram realizados em velocidades mais baixas (PARAGUASSU-CHAVES *et al.*, 2020) e até de bicicleta (BASTOS *et al.*, 2018; FERREIRA; SARAIVA; VALE, 2017), e mesmo nestes, anfíbios não foi o grupo mais encontrado. Curiosamente, fora do Brasil, em locais com clima menos favorável para anfíbios do que o Brasil, alguns autores, no entanto, encontraram animais desta classe como os mais impactados, como Carvalho e Mira (2010) em Portugal e Garrah *et al.* (2015) no Canadá, sendo que no primeiro caso as amostragens foram feitas de carro, mas a uma velocidade média de apenas 20 km/h, e no último, as amostragens foram realizadas de bicicleta.

#### 1.4 Pontos quentes e momentos quentes

Os atropelamentos de fauna silvestres nas estradas muitas vezes não ocorrem de forma aleatória. Diversos fatores podem causar agrupamento de atropelamentos em determinados locais, formando os chamados *hotspots* ou pontos quentes, que são locais com índice de mortalidade acima da média da estrada (GOMES *et al.*, 2009; GUNSON; TEIXEIRA, 2015; MALO; SUÁREZ; DÍEZ, 2004). As causas desses agrupamentos espaciais tendem a variar amplamente (especialmente quando pequenas escalas espaciais são consideradas) entre diferentes grupos taxonômicos por influência de características específicas dos animais como o tamanho corporal, o tipo de locomoção e horários de atividades (CLEVENGER; CHRUSZCZ; GUNSON, 2003; TEIXEIRA *et al.*, 2013). Além disso, a composição da paisagem adjacente às estradas pode interferir na taxa de atropelamentos à medida que distintos elementos da paisagem possuem diferentes capacidades de suporte de populações animais, interferindo no deslocamento e comportamento da fauna silvestre (CÁCERES; CASELLA; GOULART, 2012; BUENO; FAUSTINO; FREITAS, 2013).

Patrick *et al.* (2012) observaram que espécies especializadas em habitats específicos são mais fáceis de terem seus pontos quentes de atropelamentos identificados, em relação às mais generalistas. Glista *et al.* (2007) identificaram que variações entre tipos de habitats para anfíbios e répteis, como a presença de corpos d'água e florestas influenciam fortemente a ocorrência de *hotspots*. Segundo Bueno e Almeida (2010), animais de maior porte que se locomovem por grandes áreas atravessam as estradas com mais frequência, principalmente em locais com escassez de alimentos, o que representa um cenário de aumento no número de atropelamentos dessas espécies em tais ocasiões. Os *hotspots* podem ocorrer ainda em função do histórico de uso da estrada, como a intensidade de tráfego e velocidade dos veículos (CLEVENGER *et al.*, 2003; KLÖCKER *et al.*, 2006; PATRICK *et al.*, 2012; SECCO *et al.*, 2017; TEIXEIRA *et al.*, 2017), ou especificidades das estradas, como presença de curvas e estruturas de drenagem e qualidade do pavimento (MASCHIO *et al.*, 2016).

Quando os atropelamentos se agrupam temporalmente caracterizam os momentos quentes (*hotmoments*) de atropelamento de fauna (GARRAH *et al.*, 2015). A magnitude desses *hotmoments* pode ser medida em diferentes escalas de amostragem, tais como 1) horário de maior fluxo de veículos, 2) estações do ano, 3) horas/período do dia ou ainda em função de características ecológicas e biológicas das espécies, como, período de maior atividade, estação reprodutiva, entre outros (BEAUDRY; DEMAYNADIER; HUNTER,

2010; BUENO; ALMEIDA, 2010; CARVALHO; MIRA, 2011; CRAWFORD *et al.*, 2014; RAMP *et al.*, 2005). Além disso, esses agrupamentos temporais podem relacionar-se diretamente a variações climáticas de temperatura e precipitação, especialmente para as classes de animais ectotérmicos (COELHO *et al.*, 2012; DEFFACI *et al.*, 2016).

Medidas de mitigação dos impactos negativos advindos do atropelamento de fauna silvestre são importantíssimas. Tais medidas incluem, por exemplo, viadutos, passagens subterrâneas, cercas, redutores de velocidade, placas de sinalização, campanhas de conscientização, entre outros. Contudo, essas medidas são muitas vezes negligenciadas por serem consideradas economicamente inviáveis, especialmente considerando toda a extensão das estradas, (GLISTA; DEVAULT; DEWOODY, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2013). Torna-se necessário, portanto, buscar soluções que aperfeiçoem o emprego dessas medidas. Direcioná-las àqueles pontos em que os atropelamentos causam maiores danos à conservação da fauna ajuda a reduzir custos e aumentar a efetividade das medidas. Neste contexto, é essencial a obtenção de informações sobre a concentração espacial e temporal dos atropelamentos, identificando *hotspots* e *hotmoments*, onde a implantação dos métodos de mitigação poderão ter mais eficácia e eficiência (CRAWFORD *et al.*, 2014; GOMES *et al.*, 2009; GUNSON; TEIXEIRA, 2015; MOHAMMADI *et al.*, 2018) otimizando a relação custo-benefício.

### **1.5 Estradas na Amazônia**

A Amazônia é a região com menos estradas e população humana por unidade de área no Brasil, mas este cenário vem mudando relativamente rápido a partir das últimas décadas. A construção das estradas foi estimulada pelas políticas de desenvolvimento econômico durante as décadas de 1960 e 1970 (NETO, 2019) e a partir de então se observou um aumento exponencial nas taxas de desmatamento ocasionado pela instalação de assentamentos humanos, fazendas agropecuárias e extração madeireira (FEARNSIDE, 2020). A extensão da malha rodoviária amazônica, contudo, ainda é pequena e com baixa circulação de veículos se comparado a outras regiões do país, principalmente, em relação às regiões sul e sudeste. Isso se deve ao fato de grande parte das estradas ainda não estar pavimentada e com precária manutenção. No entanto, partir do ano 2000, diversas obras foram retomadas, incluindo o asfaltamento de trechos das rodovias BR-230 (Transamazônica), 319 (Manaus-Porto Velho) e 163 (Cuiabá-Santarém) (NETO; NOGUEIRA, 2015). A pavimentação favorece o aumento da velocidade e do fluxo de



veículos e estabelecimento de assentamentos humanos ao longo das estradas, sendo importante e urgente a adoção de medidas, como o zoneamento ecológico-econômico e aumento dos níveis de governança para implementar as medidas necessárias visando a diminuição dos impactos negativos da malha viária (FEARNSIDE; GRAÇA, 2009).

As estradas da Amazônia possibilitam a instalação de acessos secundários ou vicinais transversais formando um padrão específico, conhecido como efeito “espinha de peixe”, comumente utilizado em processos de ocupação e colonização, principalmente em áreas de influência das grandes rodovias na Amazônia, como a BR-230 – Transamazônica (BROWN *et al.*, 2001; PFAFF *et al.*, 2009), por exemplo, e cujo desenho espacial assemelha-se a componentes do endoesqueleto de peixes ósseos. Este modelo pode apresentar baixos níveis de fragmentação nas fases iniciais de ocupação, no entanto, com o avanço do desmatamento sobre a floresta, essas manchas florestais são subdivididas em áreas cada vez menores. Trata-se de um modelo que afeta drasticamente a estrutura da paisagem introduzindo processos de fragmentação da floresta (BATISTELLA; ROBESON; MORAN, 2003). As estradas e rodovias têm um importante papel nesse processo por permitir ou facilitar o acesso humano a áreas mais intocadas da floresta.

Relativamente poucos estudos têm investigado a mortalidade da fauna silvestre em função de atropelamentos nessa região. Possivelmente isso decorra do baixo número de estradas e de pesquisadores atuando neste campo na região. Pesquisas sobre esse tema na Amazônia apontam pequenas variações nos resultados em relação à ocorrência da classe de vertebrados mais impactada, sendo que os mamíferos (COSTA, 2016; GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009; MEDEIROS, 2019; OMENA JUNIOR *et al.*, 2012), répteis (PARAGUASSU-CHAVES *et al.*, 2020; PINHEIRO; TURCI, 2013) e anfíbios (TURCI; BERNARDE, 2009; ZANDONADI *et al.*, 2015) têm se alternado quanto ao grupo mais registrado, e, por último, as aves (SOUZA, 2014). Alguns estudos consideraram apenas um grupo em suas análises, como répteis (MASCHIO; SANTOS-COSTA; PRUDENTE, 2016) ou mamíferos (PEREIRA; ANDRADE; FERNANDES, 2006). Os métodos amostrais em todas essas pesquisas levaram em conta a utilização de veículos (carros ou motos) com velocidades entre 30 e 60 km/h.

Dentre os estudos mencionados no parágrafo acima alguns avaliaram agregações espaciais e temporais dos atropelamentos. Maschio, Santos-Costa e Prudente (2016) avaliaram a existência de *hotspots* relacionados à intensidade do tráfego em uma estrada no Estado do Amazonas. Medeiros (2019) e Omena Junior *et al.* (2012) associaram a

ocorrência de *hotspots* à alta velocidade e fluxo de veículos na BR- 174 no Amazonas, e Turci e Pinheiro (2009), em pesquisa realizada no Estado do Acre, verificaram que todos os grupos (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) tiveram mais registros de atropelamentos na estação seca, enquanto Paraguassu-Chaves *et al.* (2020), em Rondônia, registraram os picos de mortalidade por atropelamentos no período mais chuvoso. Já Gumier-Costa e Sperber (2009) analisaram a frequência dos atropelamentos em função da precipitação e concluíram que não houve correlação mensal entre essas duas variáveis.

### **1.6 BR-163 e a Floresta Nacional do Tapajós**

A rodovia BR-163, Cuiabá-Santarém, possui 1.780 km de extensão, sendo uma das principais da Amazônia. Ela atravessa uma região com paisagem variada, desde seu início, em Cuiabá, onde ocorre uma paisagem originalmente savânica, passando por uma zona de transição entre Cerrado e Amazônia e por fim, mais de 1000 quilômetros de floresta ombrófila densa amazônica. Esta rodovia cruza uma das regiões com maior potencial agroeconômico do Brasil, mas também com alta diversidade biológica, étnica e cultural (MARGARIT, 2013). A pressão de ocupação e o escoamento da produção de grãos produzidos no centro-oeste brasileiro para países da Europa e Ásia tornou o asfaltamento da BR-163 uma obra estratégica para a economia do país (BRASIL, 2006), mesmo com prognósticos negativos para a biodiversidade e populações socialmente fragilizadas de sua área de influência (FEARNSIDE, 2007; COY; KLINGER, 2014).

No Estado do Pará, a BR-163 tangencia três unidades de conservação (UC): Reserva Biológica Nascentes da Serra do Cachimbo, próximo ao limite com o Estado do Mato Grosso, Parque Nacional do Jamaxim, nos municípios de Itaituba e Trairão, sendo que neste caso o segmento da BR corta ao meio a área do Parque, e, no seu trecho final, próximo ao município de Santarém, esta rodovia é o limite leste da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós), margeando-a por 148 quilômetros, dos quais 77 estão incluídos neste estudo. Esta UC foi criada em 1974 e possui atualmente uma área de 527.319 hectares (ICMBio, 2020), com parte do seu território habitado por povos tradicionais, como ribeirinhos e indígenas. A FLONA também abriga uma importante amostra da biodiversidade amazônica (e. g. ANDRADE *et al.*, 2007; LESS *et al.*, 2013; SAMPAIO *et al.*, 2010). Do outro lado da rodovia, ou seja, em frente à FLONA do Tapajós, vêm ocorrendo, especialmente nas últimas décadas, intensas mudanças relacionadas ao uso e

ocupação do solo, com destaque para a exploração madeireira e desmatamento com o aumento da área destinada ao agronegócio (BARBOSA; MOREIRA, 2017).

Neste cenário, torna-se importante e urgente compreender melhor os efeitos da BR-163 sobre a biodiversidade. Desta forma, nesse estudo me proponho a avaliar os impactos dos atropelamentos de fauna de vertebrados em uma das principais rodovias da Amazônia, a BR-163, incluindo um trecho em que ela margeia a FLONA do Tapajós, área com alto grau de conservação, e de outro lado, há um ambiente com diversos processos antrópicos. Pretendo caracterizar a fauna silvestre atropelada, determinando assim quais grupos são mais afetados. Também investigarei se há variações nas taxas de atropelamentos espacialmente e temporalmente, ao longo de um ciclo sazonal, e em relação a variáveis climáticas. Buscarei assim identificar a ocorrência de *hotspots* e *hotmoments* de atropelamento de fauna no trecho estudado da BR-163. Espero que meus resultados tragam informações indicando locais e períodos que demandem mais atenção voltada a ações mitigatórias visando a redução dos impactos negativos dos atropelamentos sobre a biodiversidade.

## 2 REFERÊNCIAS

ABRA, Fernanda Delborgo; HUIJSER, Marcel Pieter; MAGIOLI, Marcelo; BOVO, Alex Augusto Abreu; FERRAZ, Katia Maria M. B. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. **Heliyon**, v. 7, n. 1, 2021.

ANDRADE, Pécio Scavone. **Estudos populacionais dos primatas em duas florestas nacionais do oeste do Pará, Brasil**. 2007. 353 f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

ASCENSÃO, Fernando; DESBIEZ, Arnaud L. Jean; MEDICI, Emilia Patrícia; BAGER, Alex. Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Wildlife Research**, v. 44, n. 2, p. 135-146, 2017.

BAGER, Alex; ROSA, Clarissa Alves. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. **Biota Neotropical**, v. 10, n. 4, p. 149-153, 2010. ISSN: 1676-0611.

BASTOS, Deivson Fraga de Oliveira; SOUZA, Ricardo Alves Teixeira; ZINA, Juliana; ROSA, Clarissa Alves. Seasonal and spatial variation of road-killed vertebrates on BR-330, Southwest Bahia, Brazil. **Oecologia Australis**, v. 23, n. 3, 2018.

BARBOSA, J. A.; MOREIRA, E. C. P. Impactos socioambientais da expansão do agronegócio da soja na região de Santarém-Pa e a crise dos instrumentos de governança ambiental. **R. Jur. UN17**, Fortaleza, v. 14, n. 1, p. 73-87, 2017.

BARROS, Thiago Oliveira; ALVARES, Guilherme Farjado R.; CARDOSO, Flávio Henrique M.D.; FREITAS, Mariana Vaini de; ARAÚJO, Lya Mayer de; GALBIATT, Camila Gava. Monitoramento da fauna silvestre atropelada na BR – 101/RN/PB/PE, João Pessoa. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. v. 4: Congestas, p. 178-189. 2016. ISSN 2318-7603.

BATISTELLA, Mateus; ROBESON, Scott; MORAN, Emilio F. Settlement desing, forest fragmentation, and landscape change in Rondônia, Amazônia. **Photogrammetric Engineering e Remote Sensing**, v. 69, n. 7, p. 805-812, 2003.

BEAUDRY, Frederic; DEMAYNADIER, Phillip G.; HUNTER, JR. Malcolm L. Identifying hot moments in road-mortality risk for Freshwater Turtles. **Journal of Wildlife Management**, v. 74, p. 152-159, 2010.

BENÍTEZ-LÓPEZ, A.; ALKEMADE, R.; VERWEIJ, P.A., The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: A meta-analysis. **Biological Conservation**, v. 143, n. 6, p. 1307-1316, 2010.

BISHOP, Christine A.; BROGAN, Jason M.. Estimates of avian mortality attributed to vehicle collisions in Canada. **Avian Conservation and Ecology**, v. 8, n. 2. 2013.

BORÇA JR., Gilberto; QUARESMA, Pedro. Perspectivas de investimento na infraestrutura 2010-2013. BNDES. **Visão do Desenvolvimento**, Rio de Janeiro, n. 77, fev. 2010

BRASIL. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Plano de Desenvolvimento Sustentável para a Região de Influência da Rodovia BR-163 (Plano Cuiabá-Santarém Sustentável)**. Brasília, 2006.

BROWN, I.F., BRILHANTE, S.H., MENDOZA, E., OLIVEIRA, I.D.. Estrada de Rio Branco, Acre, Brasil aos Portos do Pacífico: como maximizar os benefícios e minimizar os prejuízos para o desenvolvimento sustentável da Amazônia Sul-Occidental. **Encuentro Internacional de Integración Regional–Bolivia, Brasil y Peru**. 2002

BUENO, Cecília; ALMEIDA, Paulo José A.L. de. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro–Juíz de Fora). **Revista Brasileira de Zoociências**, v. 12, n. 3, p. 219-226, 2010.

BUENO, Cecília; FAUSTINO, Mariana T.; FREITAS, Simone R., Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 2, p. 320-327, jun. 2013.

DE PAULA, D. A. Estado, sociedade civil e hegemonia do rodoviarismo no Brasil, **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 3, n. 2, p. 142-156, 2010.

CÁCERES, Nilton. C.; CASELLA, Janaina; GOULAR, Charla S. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no Bioma Cerrado, rodovia BR 262, Sudeste do Brasil. **Mastozoologia Neotropical**, v. 19, n. 1, p. 21-33, jan/jun. 2012. ISSN 0327-9383.

CARVALHO, Filipe; MIRA, António. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. **European Journal of Wildlife Research**, v. 57, p. 157-174, 2011.

CATELLA, Agostinho C.; TOMÁS, Walfrido M.; MOURÃO, Guilherme M. BR-262 no Pantanal: cenário de encontros entre homens e animais silvestres. **Embrapa Pantanal-Documentos (INFOTECA-E)**, Corumbá, MS, dez. 2010. ISSN 1981-7223.

CLEVENGER, Anthony P.; CHRUSZCZ, Bryan; GUNSON, Kari. Spatial patterns factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. **Biological Conservation**, v. 109, p. 15-26, 2003.

CNT - Confederação Nacional de transporte. **Relatório da pesquisa de rodovias da Confederação Nacional de Transporte**. Brasília. 2019. Disponível em: <<https://pesquisarodovias.cnt.org.br/relatorio-gerencia>>. Acesso em: 22 de out 2020.

COELHO, Igor Pfeifer; KINDEL, Andreas; COELHO, Artur Vicente Pfeifer. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve southern Brazil. **Eur. Jour. Will. Res.**, v. 54, p. 689-699, 2008.

COELHO, Igor Pfeifer; TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann; PATRICK, Colombo; COELHO, Artur Vicente Pfeifer; KINDEL, Andreas. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v. 112, p. 17-26, 2012.

- CORRÊA, B.S.; MOURA, A.S. Relação entre o comportamento de aves, a conformação da paisagem fragmentada e a estrutura das populações de plantas. **Revista Agroambiental**, v. 3, n. 2, p. 109-118, agos. 2011.
- COSTA, S. S.; SANTOS, A. O.; JUNIOR, J. M. B. O. 2016. Vertebrados silvestres atropelados em dois trechos de rodovias no município de Santarém-PA, Brasil. In: **Anais do VII Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Campina Grande/PA, 21 a 24 de nov.
- COY, M.; KLINGER, M. Frentes pioneiras em transformação: o eixo da BR-163 e os desafios socioambientais. **Revista Territórios e Fronteiras**. v. 7, n. 1. Cuiabá, abr. 2014.
- CRAWFORD, Brian A.; MAERZ, John C.; NIBBELINK, Nathan P.; BUHLMANN, Kurt A.; NORTON, Terry M.; ALBEKE, Shannon E. Hotspots and hot moments of diamondback terrapin road-crossing activity. **Journal of Applied Ecology**, v. 51, p. 367-375, 2014.
- DEFFACI, Angela Camila; SILVA, Vânia Patrícia; HARTMANN, Marília Teresina; HARTMANN, Paulo Afonso. 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. 1205-1216, 2016.
- DELGADO-VÉLEZ, Carlos André. Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía de El Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. **Revista EIA**, Envigado, Colômbia, v. 11, Ed. 22, p. 147-153 jul./dez. 2014. Semestral. ISSN 1794-1237.
- DORNAS, R. A. P.; KINDEL, A.; BAGER, A.; FREITAS, S. R. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: **Ecologia de estradas: tendências e pesquisas / editor, Alex Bager**. – Lavras: Ed. UFLA, 2012. p. 139-152.
- ERICKSON, Wallace P.; JOHNSON, Gregory D.; YOUNG Jr, David P. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. **Tech Rep PSW-GTR-191. US Dept. of Agriculture**. p. 1929-1042. 2005.
- FAHRIG, Lenore. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Rev. Ecol. Evol. Syst**, n. 34, p. 487-515, 2003.
- FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta amazônica**, v. 36, n. 3, p.395-400. 2006.
- FEARNSIDE, Philip M. Brazil's Cuiabá- Santarém (BR-163) Highway: The Environmental Cost of Paving a Soybean Corridor Through the Amazon. **Environmental Management**, v. 39, p. 601-614, mar. 2007.
- FEARNSIDE, Philip M.; GRAÇA, P.M.L.A.; BR 319: A Rodovia Manaus-Porto Velho e o Impacto Potencial de Conectar o Arco de Desmatamento á Amazônia Central. **Novos Cadernos NAEA**. v. 12, n. 1, p. 19-50, junho de 2009. ISSN 1516-6481.
- FEARNSIDE, Philip M. BR-163: a rodovia Santarém-Cuiabá e o custo ambiental de asfaltar um corredor de soja na Amazônia. In: FEARNSIDE, Philip M. (Ed.). **Destruição e conservação da floresta amazônica**, Manaus, v. 1, p. 245-263, 2020 (no prelo).

FERREIRA, Afonso Henriques Borges; DINIZ, Clélio Campolina. Convergência entre as rendas *per capita* estaduais no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 15, n. 4, p. 38-56, 1995.

FERREIRA, Jefferson Jerônimo; SARAIVA, Ana Luiza Bezerra da Costa; VALE, Cláudia Câmara do. Atropelamentos de animais silvestres no semiárido nordestino: estudo de caso da zona rural do município de Assú/RN. In: **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, I Congresso Nacional de Geografia Física**, Instituto de Geociências, Unicamp, Campinas/SP, 28 jun. a 02 de jul. de 2017.

FORMAN, Richard T.T.; ALEXANDER, Lauren E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 29, p. 207-231, 1998.

FREITAS, Simone R.; SOUSA, Claudia O. M.; BUENO, Cecília. Effects of landscape characteristics on roadkill of mammals, birds and reptiles in a highway crossing the Atlantic forest in Southeastern Brazil. In: **Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013)**. Scottsdale, Arizona, Estados Unidos. Jun. 2013.

FREITAS, Simone Rodrigues; OLIVEIRA, Adriana Nepomuceno; CIOCHETI, Giordano; VIEIRA, Marcus Vinícius; MATOS, Dalva Maria da Silva. How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian savanna? **Oecologia Australis**, v. 18, p. 35-45, 2015.

FREITAS, Marco A.; PRINTES, Rodrigo C.; MOTOYAMA, Eric K.; FUCKS, Assor E.; VERISSIMO, Diogo. Roadkill records of Lowland Tapir *Tapirus terrestris* (Mammalia: Perissodactyla: Tapiridae) between kilometers 06 and 76 of highway BR-163, state of Pará, Brazil. **Journal of Threatened Taxa**, v. 9, n. 11, p. 10948–10952. 2017.

GARRAH, Evelyn, DANBY, Ryan K.; EBERHARDT, Ewen; CUNNINGTON, Glenn M.; MITCHELL, Scott. Hotspots and hot moments: Wildlife road mortality in a regional corridor. **Environmental Management**, v. 56, p. 874-889, 2015.

GLISTA, David J.; DEVAULT, Travis L.; DEWOODY, J. Andrew. Vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 3, p. 77-87, 2007.

GLISTA, David J.; DVAULT, Travis L.; DEWOODY, Andrew J. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, v. 91, p. 1-7, 2009.

GOMES, Luís; GRILO, Clara; SILVA, Clara; MIRA, Antônio. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. **Ecological Research**, v. 24, n. 2, p. 355-370, 2009.

GONÇALVES, Larissa Oliveira; ALVARES, Diego Janisch; TEIXEIRA, Fernanda Zimmemann; SCHUCK, Gabriela; COELHO, Igor Pfeifer; ESPERANDIO, Isadora Beraldi; ANZA, Juan; BEDUSCHI, Júlia; BASTAZINI, Vinicius Augusto Galvão; KINDEL, Andreas. Reptile road-kills in Southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots. **Science of the Total Environment**, v. 615, p. 1438-1445, 2018.

GUERRA-FUENTES, R. A.; KATO, K.; GHELLERE, J. M. B.; DIXO, M. Numa selva de pedra uma ilha de mata atlântica: A herpetofauna da Reserva Biológica Tamboré, Santana de Parnaíba, SP. *Oecologia Australis*, v. 21, n. 3, p. 292-301, 2017.

GUIMARÃES, Juliane Fernandes; SILVA, Claudionor Ribeiro; PERIN, Marcos Aurélio A. Atropelamentos e influência da paisagem na sobrevivência de mamíferos silvestres de médio e grande porte. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.9, n.2, p.54-70, 2018. Disponível em: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.002.0006>. Acesso em: Dez. 2020.

GUMIER-COSTA, Fabiano; SPERBER, Carlos. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 39, n. 2, p. 459-466, 2009.

GUNSON, Kari.; TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann., 2015. Road-wildlife mitigation planning can be improved by identifying the patterns and processes associated. In: REE, Rodney Van Der; SMITH, Daniel J. ; GRILO, Clara (Ed). **Handbook of Road Ecology and Ecology**. John Wiley & Sons, Ltd., v.101, cap. 13, p. 101-109, 2015.

ICMBio, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Floresta Nacional do Tapajós**, 2020. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/flonatapajos/>. Acesso em: 23 de dezembro de 2020.

JACKSON, Nathan D.; FAHRIG, Lenore. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity *Biological Conservation*, n.144, p. 3143 – 3148, 2011.

JORGE, R. P. S.; BEISIEGEL, B.M.; LIMA, E.S.; LEITE-PITMAN, M.R.P.; PAULA, R.C. Avaliação do estado de conservação do cachorro-vinagre *Speothos venaticus* (Lund, 1842) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, n. 1, p. 179-190, 2013.

LOSS, Scott R.; WILL, Tom; MARRA, Peter P. Estimation of bird-vehicle collision mortality on U.S. roads. *The Journal of Wildlife Management*, v. 78, n. 5, p. 763-771, 2014.

LAURANCE, William F.; VASCONCELOS, Heraldo L. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. *Oecologia Brasiliensis*, v. 13, n. 3, p. 434-451, 2009.

LAURANCE, William F.; GOOSEM, Miriam.; LAURANCE, Susan. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology & Evolution*, Amsterdam, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

LESS, Alexander C; MOURA, Nargela G.; ANDRETTI, Christian B.; DAVIS, Bradley J.W.; LOPES, Edson Varga; HENRIQUES, L. M. P.; ALEIXO, Alexandre; BARLOW, Jos; FERREIRA, Joice; GARDNER, Toby A. One hundred and thirty-five years of avifaunal surveys around Santarém, central Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Ornitologia*, v. 21, n.1, p. 16-57. KLÖCKER, Ulrike; CROFT, David Benjamin; RAMP, Daniel. Frequency and causes of kangaroo-vehicle collisions on an Australian outback highway. *Wildlife Research*, v. 33, p. 5-15, 2006.



KURKI, Sami; NIKULA, Ari; HELLE, Pekka; LNDÉN, Harto. Landscape fragmentation and forest composition effects on grouse breeding success in boreal forests. **Ecology**, Ed. 7, v. 81, p. 1985-1997, 2000.

MALO, Juan E.; SUÁREZ, Francisco; DÍEZ, Alberto. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? **Journal of Applied Ecology**, v. 41, p. 701-710, 2004.

MARGARIT, Eduardo. O Processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: Uma leitura a partir do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o Governo Militar. **Geografia em Questão**. v. 6, n. 1, p. 12-31, 2013. ISSN 2178-0234.

MASCHIO, Gleomar Fabiano; SANTOS-COSTA, Maria Cristina dos; PRUDENTE, Ana L. C. Road-Kills of snakes in a tropical rainforest in the Central Amazon Basin, Brasil. **South American Journal of Herpetology**, v. 11, n. 1, p. 46-53, 2016.

MAXWELL, Sean L.; FULLER, Richard A.; BROOKS, Thomas M.; WATSON, James E.M. Biodiversity: The ravages of guns, nets and bulldozers. **Nature**, v. 536, p. 143-145, 2016.

MEDEIROS, Aline Souza de Menezes. **Vertebrados atropelados na Amazônia: Monitoramento em longo prazo, influência do fluxo de veículos e alternância de hotspots em um trecho da rodovia BR-174, Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus, 2019.

MENELAU, B.G.S.; **Infraestrutura de transporte: impactos sobre o setor produtivo, com ênfase nos modais rodoviário e ferroviário**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

MOHAMMADI, Alireza; ALMASIEH, Kamran; CLEVINGER, Anthony P.; FATEMIZADEH, Faezeh; REZAEI, Ali; JOWKAR, Houman; Kaboli, Mohammad. Road expansion: A challenge to conservation of mammals, with particular emphasis on the endangered Asiatic cheetah in Iran. **Journal for Nature Conservation**, v. 43, p. 8-18, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio Laurelli; JUNIOR, Moacir de Freitas; TOLOI, Rodrigo Carlo. O transporte rodoviário no Brasil e suas deficiências. **Revista Fatec Zona Sul**, v. 4, n. 4, 2018. ISSN: 2359-182X.

MULINARI, Jéssica; LUZZI, Siane C; KOLCENTI, Cassiane; REZZADORI, Tiago; HARTMANN, Paulo A. Distribuição espaço-temporal dos atropelamentos de fauna em rodovias no norte do Rio Grande do Sul. In: **Anais do II SEPE – Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal da Fronteira Sul – UFFS**. 2013.

NETO, Thiago Oliveira.; NOGUEIRA, Ricardo José Batista; A Geopolítica rodoviária na Amazônia: BR-163/Santarém-Cuiabá. **Revista de Geopolítica**, Natal, v.6, n. 2, p. 1-21, jul./dez. 2015.

NETO, Thiago Oliveira. As rodovias na Amazônia: uma discussão geopolítica. **Confins**, n. 501, 2019. Disponível em: <http://journals.openedition.org/confins/21176>. Acesso em: 18 de dezembro de 2020.

OLIVEIRA, Daniela Silva; SILVA, Valeska Martins. Vertebrados silvestres atropelados na BR 158, RS, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 4, p. 229-235, set. 2012. ISSN 2175-7925.

OLIVEIRA, B.L., GOMES, Priscila C.B., RIBEIRO, Alan L., FREITAS RIBEIRO, Gláucia M. Atropelamento da fauna silvestre como uma consequência da fragmentação das paisagens e sua proximidade com rodovias e estradas. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**. João Pessoa, 2018. v. 6, p. 309-313. ISSN 2318-7603.

OLIVEIRA, E. C. **Efeitos da poluição sonora em comunidades de aves do Cerrado: o impacto das rodovias**. 2020. 41 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2020.

OMENA JUNIOR, Reynier; JACKSON, Pantoja-Lima; SANTOS, André Luis Wendt; RIBEIRO, Gyovanni Augusto Aguiar. Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR-174, Amazonas, Brasil. **Rev. Colombiana Cienc. Animal**, v. 4, n. 2, p. 291-307, 2012.

ORLANDIN, Elton; PIOVESAN, Mônica; FAVRETTO, Mário Arthur; D'AGOSTINI, Fernanda Maures. Mamíferos de médio e grande porte atropelados no oeste de Santa Catarina, BRASIL. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 5, n. 4, p. 125-130, dez. 2015. ISSN 2179-5746.

PALOMINO, David; CARRASCAL, Luis M. Threshold distances to nearby cities and roads influence the bird community of a mosaic landscape. **Biological Conservation**, v. 140, p. 100-109, 2007.

PARAGUASSU-CHAVES, Carlos Alberto; IZIDORIO, Adilton de Oliveira; JÚNIOR, Nelson Pereira da Silva; FILHO, Allan Kardec Duailibe Barros; PEREIRA, Leonardo Silva; ALMEIDA, Fabrício Moraes de; NETO, João Viana Fonseca; BARATA, Charlles da Silva; CAVALCANTE, Fábio Robson Casara; CASARA, Hamilton Nobre. Monitoring of wildlife mortality on a State road in Rondônia, western Amazon. **International Journal of Advanced Engineering Research and science**, v. 7. n. 8, p. 2456-1908, 2020.

PARRIS, Kirsten M.; VELIK-LORD, Meah; NORTH, Joanne M. A. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. **Ecology and Society**, v. 14, n. 1, p. 25, 2009.

PATRICK, David A.; GIBBS, James P.; POPESCU, Viorel D.; NELSON, Debra A. Multi-scale habitat-resistance models for predicting road mortality “hotspots” for Turtles and Amphibians. **Herpetological Conservation and Biology**, v. 7, n. 3, p. 407-426, 2012.

PFAFF, Alexander; BARBIERI, Alisson; LUDEWIGS, Thomas; MERRY, Frank; PERZ, Stephen; REIS, Eustáqui. Impactos de estradas na Amazônia Brasileira. In: KELLER, M.; GASH, J.C.H.; Dias, P.S. **Amazônia e Mudança Global**. Washington, DC: American Geophysical Union. 2009. P. 101-116, 2009.

PEREIRA, Ana Paula Fernanda Guimarães; ANDRADE, Fernanda Atanaena Gonçalves; FERNANDES, Marcus Emanuel Barroncas. Dois anos de monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará. **Bol. Mus. Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, Belém, v. 1, n. 3, p. 77-83, 2006.

PINHEIRO, Bismarque F.; TURCI, Luiz Carlos B. Vertebrados atropelados na estrada da Variante (BR-307), Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Natureza online**, v. 11, n.2, p. 68-78, 2013. ISSN: 1806-7409.

PIRES, Alexandra; FERNANDEZ, Fernando Antônio S; BARROS, Camila S. Vivendo em um mundo em Pedacos: Efeitos da fragmentação florestal sobre comunidades e populações animais. In: **Biologia da Conservação: essências**, Chapter: Vivendo em um mundo em Pedacos: Efeitos da Fragmentação Florestal sobre comunidades e populações animais, RiMa, Editors: Rocha CFD, Bergallo HG, Sluys M.V., Alves M.A.S. Rio de Janeiro. Cap. 10, p. 232-260, jan. 2006.

RAMP, Daniel; CALDWELL, Joanne; EDWARDS, Kathryn A.; WARTON, David; CROFT, David B. Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. **Biological Conservation**, v. 126, p. 474-490, 2005.

REE, Rodney van der; SMITH, Daniel J.; GRILO, Clara. The ecological effects of linear infrastructure and traffic: challenges and opportunities of rapid global growth In: REE, R. V. D.; SMITH, D.J.; GRILO, C. (Ed.) **Handbook of road ecology**, cap. 1, p. 1-9, 2015.

SAMPAIO, Ricardo; LIMA, Albertina P; MAGNUSSON, Willian E; PERES, Carlos A. Long-term Persistence of Midsized to Large-bodied Mammals in Amazonian Landscapes Under Varying Contexts of Forest Cover. **Biodiversity Conservation**. v. 19, p. 2421-2439, 2010.

SANTOS, André Luís P.G.; ROSA, Clarissa Alves da.; BAGER, Alex. Variação sazonal da fauna selvagem na Rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Revista Biotemas**, v. 25, n. 1, mar. 2012. ISSN 2175-7925.

SANTOS, C.M.; MARTINELLI, A.G.; FONSECA, P.H.M.; CARDOSO, G.C.; SOARES, M.H.; SANTOS, E.A.; CAVELLANI, C.L.; TEIXEIRA, V.P.A.; FERRAZ, M.L.F. Levantamento das espécies vítimas de atropelamento em um trecho da rodovia BR-262, trajeto Uberaba-Peirópolis-Ponte Alta (MG). **Revista Ceciliana**, v. 6, n. 2, p. 4-6, 2014. ISSN 2175-7224.

SÁSSI, Carla Maria; NASCIMENTO, Arthur A. T.; MIRANDA, Rosiane Ferreira P.; CARVALHO, Gabriel D. Levantamento de animais silvestres atropelados em trecho da rodovia BR 482. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.6, p.1883-1886, 2013.

SECCO, Helio; GOMES, Luís Augusto; LEMOS, Hudson; MAYER, Felipe; MACHADO, Thiago; GUERREIRO, Marcello; GREGORIN, Renato. Road and landscape features that affect bat roadkills in southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, v. 21, n. 3, p. 326-336, 2017.

SEILER Andreas. **The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden**, 2003. 48 f. Tese (Doutorado) - Department of Conservation Biology Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suecia. 2003.

SEILER, Andreas; HELLDIN, J. Mortality in wildlife due to transportation. In: DAVENPORT, J; DAVENPORT, J L. (Ed.) **The ecology of transportation: managing mobility for the environments**. University College Cork, Ireland, p.165-190, 2006.

SILVA, Mitzi Oliveira; OLIVEIRA, Igor Soares; CARDOSO, Manoela Woitovicz; GRAF, Vinalto. Road kills impact over the herpetofauna of Atlantic Forest (PR-340, Antonina, Paraná). **Acta Biol.**, Curitiba, v. 36, p. 103-112, 2007.

SILVA, Darliane Evangelho; CORRÊA, Luiz Liberato Costa; OLIVEIRA, Stefan Vilges; CAPPELLARI, Lize Helena. Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias na região central do Rio Grande do Sul – Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**. v. 7, n. 1. Canoas, jul. 2013. ISSN: 1981-8858.

SILVA, Amanda Cristine G.; ARENAS, Flávia Cristina; LUZ, Cristhyano C.; PASSINI, Larissa B. Influência dos parâmetros de suscetibilidade à erosão nos passivos ambientais rodoviários limítrofes à BR-116/MG. In: 32º ANPET Congresso de Pesquisa e ensino em Transporte, Gramado, RS. **Anais [...]**, p. 588-599, 2018.

SOUZA, André Santos de. Atropelamento de fauna silvestre entre Marabá e Parauapebas: BR-155 e PA-275. In: **Anais do XI congresso nacional de meio ambiente de Poços de Caldas**, Poços de Caldas/MG, 21 a 23 de maio de 2014.

SRBEK-ARAUJO, Ana Carolina; MENDES, Sérgio; CHIARELLO, Adriano. Jaguar (*Panthera onca* Linnaeus, 1758) roadkill in Brazilian Atlantic Forest and implications for species conservation. **Brazilian journal of biology**, vol. 75, n. 3, p. 581-586. 2015.

STONER, Dayton. (1925). The toll of the automobile. **Science**, v. 61, p. 56-57.

TEIXEIRA, Fernanda, Z.; COELHO, Igor, P.; ESPERANDIO, Isadora, B.; OLIVEIRA, Nicole Rosa; PETER, Flávia Porto; DORNELLES, Sidnei S.; DELAZERI, Natália Rosa; TAVARES, Maurício; MARTINS, Márcio Borges; KINDEL, Andreas. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, v. 17, n. 1, p. 36-47, 2013.

TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann; KINDEL, Andreas; HARTZ, Sandra Maria; MITCHELL, Scott; FAHRIG, Lenore. When road-kill hotspots do not indicate the best sites for road-kill mitigation. **Journal of Applied Ecology**, v. 54, p. 1544-1551, 2017.

TROMBULAK, Stephen C.; FRISSEL, Christopher A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p. 18-30, 2000.

TURCI, Luiz Carlos Batista; BERNARDE, Paulo Sérgio. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. **Biotemas**, v. 22, n. 1, p. 121-127, mar.2009. ISSN 0103-1643.

VALADÃO, Martins; BASTOS, Lilian Freitas; CASTRO, Carolina Pötter. Atropelamento de vertebrados silvestres em quatro rodovias no Cerrado, Mato Grosso, Brasil. **Multi-Science Journal**, v.1, n. 12, p. 62-74, 2018.

WANDERLEY, Valter Vinícius S.; SILVA, Francisco Assis; PEREIRA, Danillo R.; BARBOSA, Ricardo L.; GALLIS, Rodrigo Bezerra A. Sistema para apoio na produção de laudo de passivo ambiental em rodovias com imagens terrestres tridimensionais, *Colloquium Exactarum*, v. 7, n. 2, p. 142-160, 2015.

WEMBRIDGE, David E.; NEWMAN, Martin R.; BRIGHT, Paul W.; MORRIS, Pat A. An estimate of the annual number of hedgehog (*Erinaceus europaeus*) road casualties in Great Britain, London. **Mammal Communications**, v. 2, p. 8-14, 2016. ISSN: 2056-872X.

ZANDONADI, Angélica Pancieri; BRUNAILDI, Fernanda Gonçalves; MENEGUELLI, Alexandre Zandonadi; ARAÚJO, Ronilda Maria Gonçalves. Vertebrados atropelados na BR-429 eixo alvora d'oeste – São Miguel do Guaporé, Rondônia, Brasil. **Revista Científica da UNESC**, v. 12, n. 15, 2014.

ZANZINI, Antonio Carlos da Silva; MACHADO, Felipe Santana; OLIVEIRA, José Everaldo de; OLIVEIRA, Ellen Cristina Mões. Roadkills of Medium and large-sized mammals on highway BR-242, midwest Brazil: a proposal of new indexes for evaluating animal roadkill rates. **Oecologia Australis**, v. 22, n. 3, p. 248-257, 2018.

ZOCCHÉ, Jairo José; COSTA, Samuel; ZOCCHÉ-DE-SOUZA; Polliana, VIANA, Ivan Réus; MATTIA, Denise Lidório de; SCUSSEL, Cristiane, ZOCCHÉ, Caroline Magagnin; PEREIRA, Jader Lima; CAVALHO, Fernando. **Vertebrados silvestres atropelados em rodovias do sul de Santa Catarina, Brasil**. In: SUTIL, Thaise; PEREIRA, Jori Ramos; LADWIG, Nilzo Ivo; ZOCCHÉ, Jairo José; PEREIRA, Jader Lima (org.). Geoprocessamento na análise ambiental. Criciúma (SC): Unesc, 2020. Cap. 9.

**CAPÍTULO I<sup>1</sup>****OCORRÊNCIA DE *HOTSPOTS* E INFLUÊNCIA CLIMÁTICA SOBRE  
ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS SILVESTRES EM UM TRECHO DA BR-  
163, NA REGIÃO AMAZÔNICA, BRASIL**

---

<sup>1</sup> Este capítulo será submetido para a revista *Acta Amazonica* e as normas de formatação estão anexadas no final do capítulo

## Ocorrência de *hotspots* e influência climática sobre atropelamentos de vertebrados silvestres em um trecho da BR-163, na região amazônica, Brasil

Lício Mota da ROCHA<sup>1\*</sup>, Clarissa ROSA<sup>2</sup>, Edson Varga LOPES<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, 68040-225, Santarém, Pará, Brasil

<sup>2</sup> Coordenação de Biodiversidade, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Av. André Araújo 2936, 69011-970, Manaus, AM, Brasil

<sup>3</sup> Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais da Amazônia, Universidade Federal do Oeste do Pará, Laboratório de Ecologia e Conservação, Instituto de Biodiversidade e Florestas da Universidade Federal do Oeste do Pará, Rua Vera Paz, s/n, Bairro Salé, 68040-225, Santarém, Pará, Brasil

Autor para correspondência: liciorocha@hotmail.com

### RESUMO

O atropelamento da fauna silvestre vem se tornando uma ameaça ao bioma Amazônia em função da abertura de grandes rodovias nas últimas décadas. Neste estudo objetivamos caracterizar a fauna silvestre atropelada num trecho de 100 quilômetros da rodovia BR-163, no oeste do Pará, determinando quais grupos são mais atingidos e se há agregações espaciais (*hotspots*) e temporais, em relação à precipitação e temperatura (*hotmoments*), de atropelamentos. De julho de 2019 a junho de 2020 realizamos 25 monitoramentos com intervalos de 15 dias, a partir de um veículo a uma velocidade máxima de 40 km/h. Analisamos a distribuição espacial com auxílio da função K de Ripley-2D para análise de *hotspot* do software SIRIEMA 2.0, e as variações dos atropelamentos em função dos fatores climáticos foi determinada por meio da correlação de Spearman. No total registramos 351 indivíduos e uma taxa de 0.14 ind./km/dia. A classe com mais registros de atropelamentos foi a dos anfíbios (0.066 ind./km/dia), seguido por mamíferos (0.026 ind./km/dia), répteis (0.025 ind./km/dia) e por último, aves (0.024 ind./km/dia). Os resultados indicaram diversos *hotspots* ao longo do trecho do estudo para todas as classes de fauna e em alguns locais

houve sobreposição entre as classes. O atropelamento de anfíbios e répteis mostrou relação positiva com precipitação e negativa com temperatura. As informações sobre locais e períodos com maior incidência de atropelamentos podem subsidiar, inicialmente, ações, como a instalação de estruturas de passagem de fauna, visando a diminuição dos impactos sobre vertebrados silvestres no trecho do estudo. Além disso, os resultados apresentados podem ser utilizados em pesquisas futuras para o incremento de informações sobre a fauna local.

**Palavras-chave:** Amazônia. Ecologia de Estradas. Conservação. *Hotmoments* de Mortalidade de Fauna.

## **ABSTRACT**

The trampling of wild fauna has become a threat to the Amazon biome due to the opening of major highways in recent decades. In this study we aim to characterize the wild fauna run over a stretch of 100 kilometers of the BR-163 highway, in western Pará, determining which groups are most affected and whether there are spatial (*hotspots*) and temporal aggregations, in relation to precipitation and temperature (*hotmoments*), of being run over. From July 2019 to June 2020, we performed 25 monitoring sessions with 15-day intervals, from a vehicle at a maximum speed of 40 km/h. We analysed the spatial distribution with the aid of the Ripley-2D K function for *hotspot* analysis of the SIRIEMA 2.0 software, and the variations in pedestrian accidents as a result of climatic factors were determined using Spearman's correlation. In total, we registered 351 individuals and a rate of 0.14 ind./km/day. The class with the most hit records was that of amphibians (0.066 ind./km/day), followed by mammals (0.026 ind./km/day), reptiles (0.025 ind./km/day) and lastly, birds (0.024 ind./km/day). The results indicated several hotspots along the stretch of the study for all classes of fauna and in



some places there was overlap between classes. The trampling of amphibians and reptiles showed a positive relationship with precipitation and a negative relationship with temperature. Information on places and periods with the highest incidence of accidents can initially support actions, such as the installation of fauna crossing structures, aiming at reducing the impacts on wild vertebrates in the study section. In addition, the results presented can be used in future research to increase information about the local fauna.

**Keywords:** Amazon. Road Ecology. Conservation. Fauna Mortality *Hotmoments*.

## INTRODUÇÃO

Estradas são estruturas lineares que conectam localidades e são fundamentais ao desenvolvimento social e econômico em praticamente todos os países (Rezende e Coelho 2015). Contudo, a dinâmica dos ecossistemas naturais é alterada com a implantação, utilização e manutenção deste tipo de infraestrutura, podendo ocasionar efeitos negativos à biodiversidade (Forman e Alexander 1998; Trombulak e Frissel 2000; Becker 2005). O mais direto e deletério deles é a morte de animais silvestres por atropelamento de veículos (Seiler 2003; Coffin 2007; Fahrig e Jackson 2011; Delgado-Vélez 2014; Ree *et al.* 2015). No Brasil, por exemplo, em uma malha rodoviária de, aproximadamente, 1,7 milhões de quilômetros, Dornas *et al.* (2012), em uma estimativa conservadora, calcularam que até 44,8 milhões de vertebrados silvestres podem ser mortos anualmente.

Alguns fatores podem potencializar o número de atropelamento de animais silvestres. Por isso, muitas vezes as colisões entre veículos e animais não ocorrem de forma aleatória, tendendo a se agrupar espacialmente ou temporalmente. Os agrupamentos espaciais geram zonas críticas ou *hotspots* de atropelamentos (Malo *et al.* 2004; Teixeira *et al.* 2013; Secco *et al.* 2017) que podem diferir entre os grupos taxonômicos (Teixeira *et al.* 2013). Geralmente os *hotspots* estão relacionados à interação entre três grupos de fatores: 1)

características de cada rodovia, como presença de curvas, estruturas de drenagem, intensidade de fluxo de tráfego, velocidade permitida, etc. (Klocker *et al.* 2006; Maschio *et al.* 2016; Medeiros 2019); 2) atributos da paisagem adjacente como tipo de vegetação, presença de corpos d'água (Hengemühle e Cademartori 2008; Gumier-Costa e Sperber 2009) e de cultivos agrícolas (Gonçalves 2018); e 3) aspectos da biologia/ecologia dos animais (Clevenger *et al.* 2003), como tamanho corporal e nível de especialização em habitats. Quando os agrupamentos variam diariamente, sazonalmente ou em função de algum evento isolado como chuvas, geram momentos e períodos críticos ou *hotmoments* de atropelamentos (Klöcker *et al.* 2006; Beaudry *et al.* 2010; Bueno e Almeida 2010; Santos *et al.* 2011; Garrah *et al.* 2015; Gonçalves *et al.* 2018;). *Hotmoments* tendem a ocorrer principalmente em função de variações climáticas, como a precipitação e temperatura, por exemplo, que podem influenciar determinadas características ecológicas e biológicas dos animais, como períodos de maior atividade ou de reprodução (Clevenger *et al.* 2003; Ramp *et al.* 2005; Deffaci 2015).

A identificação de *hotspots* e *hotmoments* de atropelamentos de fauna pode aprimorar a conservação na medida em que direcionam as ações e, conseqüentemente, reduzem os custos de instalação de medidas mitigatórias. No Brasil diversos estudos têm investigado a ocorrência de *hotspots* e *hotmoments*. Alguns deles já identificaram, por exemplo, que atributos da paisagem, como a proximidade de áreas alagadas ou com maior cobertura florestal, ou ainda peculiaridades da estrada, como intensidade de tráfego, são variáveis normalmente associadas à formação de *hotspots* (Coelho *et al.* 2008; Cáceres *et al.* 2012). Bueno e Almeida (2010) registraram picos de atropelamentos de mamíferos na estação mais seca, enquanto outros estudos detectaram *hotmoments* em função da variação da temperatura ou dos períodos com maiores volumes de chuvas (Coelho *et al.* 2012; Gonçalves *et al.* 2018). Especificamente na região amazônica, onde a biodiversidade é elevada e a

sazonalidade gera duas estações bem distintas, ainda poucos estudos investigaram a existência de *hotspots* e *hotmoments*. De modo geral, os autores detectaram que os *hotspots* foram fortemente relacionados à intensidade do tráfego de veículos (Turci e Bernarde 2009; Omena Junior *et al.* 2012), enquanto os *hotmoments* têm se associado às estações do ano e a variáveis climáticas mais específicas, como a precipitação (Paraguassu-Chaves *et al.* 2020).

É possível que haja variações nos padrões de fauna atropelada dentro da região amazônica em função de sua dimensão espacial e da heterogeneidade ambiental. A ecologia de estradas ainda é relativamente pouco conhecida na Amazônia (Paraguassu-Chaves *et al.* 2020), no entanto, as informações que já existem indicam a necessidade urgente de ocupar e utilizar a região com governança face às recorrentes ondas de ocupação e exploração de recursos (Fearnside e Graça 2009)), especialmente em áreas como as que estão sob influência da BR-163 (Coy e Klinger 2014). Para otimizar custos e resultados é essencial a identificação de locais e períodos com maiores concentrações de atropelamentos nas estradas dessa região. Isso pode contribuir diferenciadamente para a redução dos impactos decorrentes dos atropelamentos de fauna.

Visando contribuir nesse processo, buscamos no presente estudo, caracterizar a fauna de vertebrados silvestres atropelada ao longo de 100 quilômetros da BR-163 na região oeste do Pará. Cabe destacar que em 77% do trecho estudado a rodovia margeia uma Unidade de Conservação com alta diversidade de vertebrados terrestres (Henriques *et al.* 2003; Sampaio *et al.* 2010; Andrade 2017) em uma margem e na outra margem há franca expansão agropecuária. Buscamos também identificar pontos de concentração de atropelamentos da fauna (*hotspots*) e entender a relação das colisões com precipitação, temperatura e sazonalidade (meses do ano) a fim de identificar possíveis agregações temporais (*hotmoments*) nos atropelamentos. Com isso, esperamos contribuir para direcionar melhor as ações, minimizando custos e otimizando resultados voltados a diminuir o número de

atropelamentos de animais silvestres no trecho estudado e compreender melhor a ecologia das estradas na Amazônia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

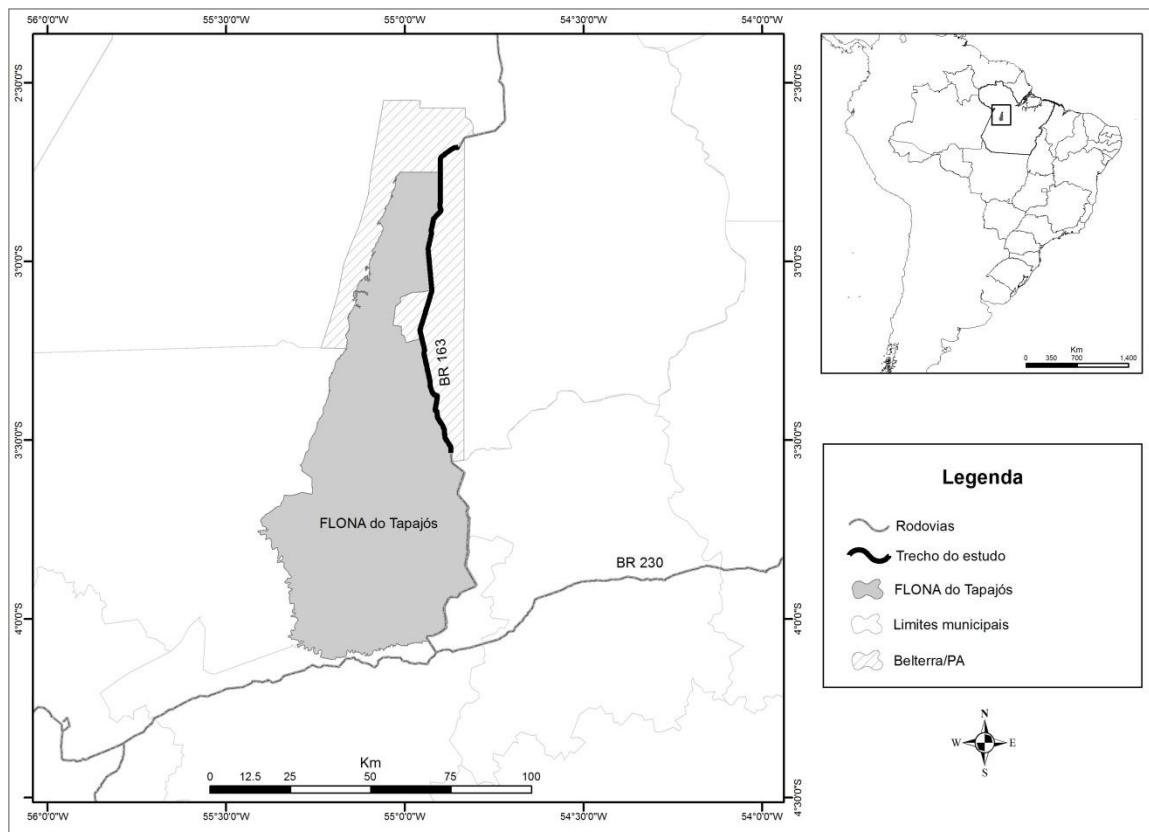
### **Área de trabalho**

Coletamos os dados na rodovia BR-163. Esta rodovia vai da cidade de Cuiabá no sul do Estado do Mato Grosso até Santarém no oeste do Estado do Pará. Em sua totalidade a rodovia possui 1.780 quilômetros de extensão e nosso estudo foi desenvolvido entre os km 40 (02°40'47,17"S; 54°50'54,90"O) e 140 (03°32'08,09"S; 54°52'13,90"O), no sentido Santarém-Cuiabá, sendo que todo o trecho percorrido pertence ao município de Belterra. Neste trecho a rodovia apresenta pouca variação topográfica (Gonçalves e Santos 2008) e há predominância de segmentos retilíneos. A rodovia apresenta pista única, mão dupla e está pavimentada, mas com acostamento precário, o qual que não recebe manutenção periódica e por isso em alguns pontos está parcialmente coberto por vegetação baixa. Considerando os acostamentos, a pista possui 11 metros de largura. De acordo com o Plano Nacional de Contagem de Tráfego do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (disponível em <http://servicos.dnit.gov.br/dadospnct>), em 2019 o fluxo médio diário nesse trecho da rodovia - na altura do km 40 - foi de 1.258 veículos. Esse número é relativamente baixo se comparado a rodovias de outras regiões do país, principalmente, sul e sudeste, como a BR-116 em seu trecho no Estado do Paraná, por exemplo, onde o fluxo médio de tráfego pode superar 30.000 veículos por dia (DNIT, 2019).

A classificação climática da região é do tipo Am no sistema Köpen, clima tropical úmido (Ruschel 2008), e a temperatura média anual é de 25,6° C com precipitação média anual de 1.886 mm (INMET, 2020) e dois períodos sazonais distintos, um mais chuvoso e com menor temperatura (janeiro a junho) e outro menos chuvoso e mais quente (julho a dezembro) (Espírito-Santo *et al.* 2005).

A paisagem original predominante ao longo do trecho amostrado é composta por floresta ombrófila densa, (Espírito-Santo *et al.* 2005). Dentre as espécies arbóreas representativas desta vegetação podemos citar a castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), angelim (*Hymenolobium excelsum* Ducke), maçaranduba (*Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier), ipês (*Tabebuia* spp.) entre outras (Silva *et al.* 1985; Andrade *et al.* 2015). Dos 100 quilômetros da BR-163 abrangidos no estudo, 77 margeiam a Floresta Nacional do Tapajós (Figura 1). Neste trecho, a rodovia possui uma unidade de paisagem florestal ombrófila densa contínua em uma de suas margens, enquanto do outro lado da rodovia, a paisagem é um mosaico composto por fragmentos de floresta primária e secundária, pastagens e monoculturas, principalmente soja e milho. Os outros 23 km estão divididos em dois segmentos, sendo que o primeiro vai do km 0 ao 10 do trecho de estudo, onde há uma maior densidade populacional devido a proximidade com a zona urbana do município de Belterra. O outro segmento está localizado entre os km 48 e 61 do trajeto estudado e faz parte de uma área que foi desmembrada da FLONA do Tapajós no ano de 2012 (fazia parte da área da FLONA até 2012) e possui algumas comunidades rurais que desenvolvem atividades agropecuárias.

A fauna de vertebrados que ocorre na região se mostra bastante diversificada, como em outras regiões da Amazônia. Para mamíferos, por exemplo, Sampaio *et al.* (2010), registraram 38 espécies de médio e grande porte, enquanto Andrade (2007) identificou seis espécies de primatas. Pelo menos 583 espécies de aves ocorrem na região de Belterra, Mojuí dos Campos e Santarém (Less *et al.* 2013), das quais 342 já foram registradas no interior da FLONA Tapajós (Henriques *et al.* 2003). Há registros de 20 espécies de lagartos (Oliveira *et al.* 2015; Oliveira *et al.* 2016) e 55 espécies de serpentes (Chalkidis *et al.* 2014). Ao menos 30 espécies de anfíbios anuros já foram registradas nesta Unidade de Conservação (Gonçalves 2013).



**Figura 1.** Área de estudo, destacando a FLONA do Tapajós, no município de Belterra/PA, Brasil, onde se encontra o trecho da rodovia BR-163 em que foram realizadas as amostragens da fauna atropelada.

### Coleta de dados

Nossas amostragens foram realizadas quinzenalmente entre julho de 2019 e junho de 2020, totalizando 2.500 quilômetros percorridos em 25 amostragens. Utilizamos um veículo motorizado (caminhonete) que percorreu o trecho do estudo a uma velocidade não superior a 40 km/h, sempre com um observador, além do motorista. Uma vez que o trecho amostrado é relativamente longo, o início das amostragens foi alternado entre as extremidades do transecto, com uma amostragem iniciando no km 40 e finalizando no km 140 e a próxima iniciando no km 140 e finalizando no km 40, sempre com início às 7:00 horas e finalizando cerca de 11:00 horas. Durante as amostragens consideramos os dois lados da pista, incluindo o acostamento, ou seja, uma faixa de 11 metros de largura, aproximadamente, por 100 quilômetros de comprimento.

Com a ajuda de especialistas, identificamos cada animal detectado ao menor nível taxonômico possível e anotamos as coordenadas geográficas de cada registro com auxílio de aparelho GPS (*Garmin 62sc*). Fotografamos os animais encontrados no local e, após o registro, retiramos a carcaça da rodovia para evitar recontagens e atropelamento de animais carniceros.

Obtivemos informações sobre as seguintes variáveis climáticas: 1) precipitação do dia anterior a cada amostragem, 2) precipitação acumulada dos sete dias anteriores a cada amostragem, 3) temperatura média do dia anterior a cada amostragem e 4) temperatura média dos sete dias anteriores a cada amostragem (Tabela 1). Conseguimos esses dados a partir dos registros da estação meteorológica convencional (estação nº 82246) localizada no município de Belterra/PA e disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET (disponível em <https://portal.inmet.gov.br>).

**Tabela 1.** Dados climáticos utilizados nas análises de correlação com os vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. As análises foram realizadas para o total de animais e para cada classe separadamente. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019/2020).

Mês	Amostra	Precipitação do dia anterior (mm)	Precipitação acumulada dos 7 dias anteriores (mm)	Temperatura média do dia anterior (°C)	Temperatura média dos 7 dias anteriores (°C)
Julho	1	0.00	14.70	26.90	28.00
Julho	2	0.00	7.50	27.43	27.89
Agosto	3	3.50	37.50	27.06	27.28
Agosto	4	0.00	15.90	28.67	27.86
Setembro	5	0.00	0.00	28.77	27.47
Setembro	6	0.00	1.00	29.30	29.17
Outubro	7	0.00	27.90	28.93	27.99
Outubro	8	5.60	5.60	28.03	28.55
Outubro	9	0.00	0.00	28.27	27.05
Novembro	10	0.00	7.60	29.13	28.23
Novembro	11	0.00	1.60	28.03	27.64
Dezembro	12	0.00	39.10	28.23	27.83
Dezembro	13	0.00	8.00	27.63	27.91
Janeiro	14	0.00	108.80	27.30	26.32
Janeiro	15	0.00	12.20	26.53	27.07
Fevereiro	16	31.70	72.30	26.90	26.96
Fevereiro	17	10.30	69.40	27.10	26.72
Março	18	0.00	43.60	26.13	26.38
Março	19	0.00	107.40	26.97	26.96
Abril	20	1.30	43.60	25.93	27.58

Abril	21	8.40	142.80	24.97	26.13
Maio	22	13.30	60.10	27.47	26.78
Maio	23	0.00	73.50	26.73	26.42
Junho	24	0.00	39.20	28.10	27.10
Junho	25	7.80	29.40	27.20	27.68

### **Análise de dados**

Para determinar o número de atropelamentos por quilômetro em função dos dias amostrados, calculamos a taxa de atropelamento (TA) para todos os grupos de vertebrados e separadamente para cada classe (mamíferos, aves, anfíbios e répteis). Para isso, dividimos primeiramente o número de indivíduos atropelados pelo total de quilômetros do trecho (100 km) e depois pelo total de dias amostrados (25 dias) (ind./km/dia).

Antes da realização das análises estatísticas, verificamos a normalidade dos dados por meio do teste de Shapiro-Wilk. Nos casos em que esse pressuposto foi atendido utilizamos uma ANOVA e quando os dados não apresentaram normalidade utilizamos o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Investigamos a existência de diferenças significativas entre as taxas mensais de atropelamento, tanto para o total de vertebrados em conjunto, quanto para as classes separadamente.

Também examinamos a ocorrência de diferenças significativas entre as taxas das quatro classes (anfíbios, mamíferos, répteis e aves) e, por fim, analisamos a presença de diferenças significativas das taxas de atropelamento entre as estações do ano (período seco e chuvoso), tanto para o total de vertebrados, quanto para as quatro classes separadamente. Para os casos em que houve diferenças significativas, utilizamos, posteriormente, o teste Tukey (dados paramétricos) ou Student Newman Keuls - SNK - (não paramétricos) para comparação das médias. As análises foram realizadas com o auxílio do Software BioEstat 5.3 (Ayres *et al.* 2007) e em todas as averiguações consideramos um nível de significância de 95% ( $\alpha=0,05$ ).

Para investigar a distribuição espacial dos atropelamentos na rodovia e identificar possíveis *hotspots* utilizamos o software SIRIEMA 2.0 (Coelho *et al.* 2014), para definição



do tamanho de raio e mapear os *hotspots* na rodovia em seguida, considerando o total de animais atropelados e cada classe separadamente, com intervalos de confiança de 95% ( $\alpha=0.05$ ). Utilizamos um raio inicial de 100 metros com incrementos de raio de 400 metros para cada etapa, com 1000 simulações, como parâmetros pré-definidos do teste K de Ripley – 2D. O raio inicial de 100 metros corresponde à escala em que a maioria das medidas mitigadoras de atropelamentos de fauna pode ser eficiente (Teixeira et al. 2013). A função K de Ripley foi utilizada para avaliar a não-aleatoriedade da distribuição espacial dos atropelamentos levando em consideração as diversas escalas (Ripley 1981; Cressie 1993; Levine 2004; Coelho *et al.* 2014). Uma vez que detectamos agrupamentos significativos a partir da escala de 100 metros na análise K de Ripley – 2D, esse também foi o valor de raio adotado para a análise de *hotspots* com o mesmo número de simulações. A rodovia foi dividida em 740 segmentos com 136 metros cada um.

Para avaliar o efeito das variáveis climáticas sobre a ocorrência dos atropelamentos, e identificar possíveis *hotmoments*, realizamos análises de correlação, sendo as variáveis resposta o número de animais atropelados. Investigamos a correlação, considerando toda a fauna de vertebrados e cada classe separadamente, através do teste de correlação de Spearman. As análises foram realizadas com o auxílio do Software BioEstat 5.3 (Ayres *et al.* 2007) e em todas consideramos um nível de significância de 95% ( $\alpha=0.05$ ).

## RESULTADOS

Ao longo das 25 amostragens registramos 351 vertebrados silvestres mortos por atropelamento, o que representa uma taxa de 0.14 ind./km/dia, ou seja, um animal silvestre morto por atropelamento a cada sete quilômetros por dia em média (Tabela 2). No total identificamos 47 espécies, porém, muitos animais não foram identificados em nível específico, dado o estado das carcaças. A classe com a maior taxa de atropelamento foi a dos anfíbios ( $n = 164$ ; TA = 0.066 ind./km/dia), seguido de mamíferos ( $n = 66$ ; TA = 0.026

ind./km/dia), répteis (n = 62; TA = 0.025 ind./km/dia) e por último, aves (n = 59; TA = 0.024 ind./km/dia). No entanto, não evidenciamos diferenças significativas entre as taxas das quatro classes (H = 0.7879; p = 0.8523).

Dentre os mamíferos, identificamos 51 indivíduos em nível específico (09 espécies), dois até gênero, dois até ordem e 11 indivíduos somente em nível de classe. *Tamandua tetradactyla* foi o mamífero mais registrado (n = 20), seguido de *Cerdocyon thous* e *Didelphis marsupialis* que tiveram oito registros cada, e *Nasua nasua* com cinco registros. Dos 62 répteis registrados, identificamos 59 até espécie (17 espécies), dois até gênero e um só pôde ser identificado até ordem. As espécies mais encontradas foram *Boa constrictor* (n = 17), *Epicrates cenchria* (n = 9), *Amphisbaena fuliginosa* (n = 6) e *Bothrops atrox* (n = 6). Dentre as 59 aves registradas, identificamos 51 indivíduos em nível específico (21 espécies), duas até ordem, uma até família, uma até gênero e quatro somente até classe. *Coragyps atratus* foi a espécie mais registrada (n = 24) e todas as demais tiveram três registros ou menos (Tabela 2). Todos os anfíbios registrados só puderam ser identificados em nível de ordem.

**Tabela 2.** Lista de espécies de vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. N: número de indivíduos; TA: Taxa de atropelamento (ind./km/dia). A nomenclatura e sequência taxonômica das espécies seguiu o Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos (CBRO), para aves (Piacentini *et al.* 2015), a lista de espécies da Sociedade Brasileira de Herpetologia (Costa e Bérnils 2018), para répteis, e a lista mais recente de verificação atualizada e comentada de mamíferos que ocorrem no Brasil (Quintela *et al.* 2020). Nenhuma das espécies identificadas consta como ameaçada de extinção pela International Union for Conservation of Nature (IUCN).

TAXA	Nome comum	N	TA
<b>CLASSE AMPHIBIA</b>			
Ordem Anura	Sapos/rãs/pererecas	164	0.0656
Total		164	0.0656
<b>CLASSE REPTILIA</b>			
Ordem Testudines Batsch, 1788			
Família Testudinidae Batsch, 1788			
<i>Chelonoidis carbonarius</i> (Spix, 1824)	Jabuti	3	0.0012
Ordem Squamata Opperl, 1811			
Família Amphisbaenidae Gray, 1825			
<i>Amphisbaena fuliginosa</i> Linnaeus, 1758	Cobra-cega/cobra-de-	6	0.0024

	duas-cabeças		
<b>Família Boidae Gray, 1825</b>			
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	Jiboia	17	0.0068
<i>Epicrates cenchria</i> (Linnaeus, 1758)	Jiboia vermelha	9	0.0036
<b>Família Colubridae Oppel, 1811</b>			
<i>Chironius carinatus</i> (Linnaeus, 1758)	Cobra cipó	1	0.0004
<i>Drymarchon corais</i> (Boie, 1827)	Papa-pinto	1	0.0004
<i>Phrynonax polylepis</i> (Peters, 1867)	Cobra	1	0.0004
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	Caninana	1	0.0004
<b>Família Dipsadidae Bonaparte, 1838</b>			
<i>Dipsas indica</i> Laurenti, 1768	Dormideira	1	0.0004
<i>Erythrolamprus aesculapii</i> (Linnaeus, 1758)	Falsa coral	1	0.0004
<i>Erythrolamprus reginae</i> (Wagler, 1824 in Spix, 1824)		1	0.0004
<i>Imantodes cenchoa</i> (Linnaeus, 1758)	Dormideira	2	0.0008
<i>Oxyrhopus petolarius</i> (Reuss, 1834)	Falsa coral	5	0.002
<i>Pseudoboa newwiedii</i> (Duméril, Bibron e Duméril, 1854)		1	0.0004
<i>Pseudoboa</i> sp.		2	0.0008
<b>Família Viperidae Oppel, 1811</b>			
<i>Bothrops atrox</i> (Linnaeus, 1758)	Comboia/jararaca	6	0.0024
<i>Bothrops taeniatus</i> Wagler, 1824 in Spix, 1824	Jararaca pintada	1	0.0004
<i>Lachesis muta</i> (Linnaeus, 1766)	Surucucu-pico-de-jaca	2	0.0008
Squamata identificados somente até ordem		1	0.0012
<b>Total</b>		<b>62</b>	<b>0.0248</b>
<b>CLASSE AVES</b>			
<b>Ordem Tinamiformes Huxley, 1872</b>			
<b>Família Tinamidae Gray, 1840</b>			
<i>Crypturellus soui</i> (Herman, 1783)	Tururim	2	0.0008
<b>Ordem Podicipediformes Furbringer, 1888</b>			
<b>Família Podicipedidae Bonaparte, 1831</b>			
<i>Tachybaptus dominicus</i> (Linnaeus, 1766)	Mergulhão	1	0.0004
<b>Ordem Cathartiformes Seebohm, 1890</b>			
<b>Família Cathartidae Lafresnaye, 1839</b>			
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	Urubu-cabeça-preta	24	0.0096
<i>Cathartes melambrotus</i> Wetmore, 1964	Urubu-da-mata	1	0.0004
<b>Ordem Gruiformes Bonaparte, 1854</b>			
<b>Família Rallidae Rafinesque, 1815</b>			
<i>Neocrex erythrops</i> (Sclater, 1867)	Turu-turu	1	0.0004
<b>Ordem Columbiformes Latham, 1790</b>			
<b>Família Columbidae Leach, 1820</b>			
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1810)	Rolinha-roxa	3	0.0012
<i>Patagioenas cayennensis</i> (Bonnaterre, 1792)	Pomba-galega	1	0.0004
<b>Ordem Opisthocomiformes Sclater, 1880</b>			
<b>Família Opisthocomidae Swainson, 1837</b>			
<i>Opisthocomus hoazin</i> (Statius Müller, 1776)	Cigana	1	0.0004
<b>Ordem Cuculiformes Wagler, 1830</b>			
<b>Família Cuculidae Leach, 1820</b>			
<i>Coccyzus melacoryphus</i> (Vieillot, 1817)	Papa-lagarta	1	0.0004
<i>Crotophaga ani</i> (Linnaeus, 1758)	Anum-preto	3	0.0012
<b>Ordem Strigiformes Wagler, 1830</b>			
<b>Família Strigidae Leach, 1820</b>			
<i>Megascops choliba</i> (Vieillot, 1817)	Corujinha-do-mato	1	0.0004
<b>Ordem Nyctibiiformes Witt e Braun, 2013</b>			
<b>Família Nyctibiidae Chenu e Des Murs, 1851</b>			
<i>Nyctibius griseus</i> (Gmelin, 1789)	Mãe-da-lua	1	0.0004
<b>Ordem Caprimulgiformes Ridgway, 1881</b>			
<b>Família Caprimulgidae Vigors, 1825</b>			
<i>Hydropsalis</i> sp		1	0.0004

<i>Nyctidromus albicollis</i> (Gmelin, 1789)	Bacurau	1	0.0004
Caprimulgidae	Bacurau	1	0.0004
<b>Ordem Falconiformes Bonaparte, 1831</b>			
<b>Família Falconidae Leach, 1820</b>			
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	Gavião-carrapateiro	2	0.0008
<b>Ordem Passeriformes Linnaeus, 1758</b>			
<b>Família Icteridae Vigors, 1825</b>			
<i>Sturnella militaris</i> (Linnaeus, 1758)	Polícia-inglesa-do-norte	1	0.0004
<b>Família Thraupidae Cabanis, 1847</b>			
<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert, 1783)	Pipira-preta	1	0.0004
<i>Thraupis episcopus</i> (Linnaeus, 1766)	Sanhaço/Pipira azul	2	0.0008
<i>Volatinia Jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	Tiziu	1	0.0004
<b>Família Tityridae Gray, 1840</b>			
<i>Tityra semifasciata</i> (Spix, 1825)	Anambé-branco	1	0.0004
<b>Família Tyrannidae Vigors, 1825</b>			
<i>Myiophobus fasciatus</i> (Statius Müller, 1776)	Filipe	1	0.0004
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	Bem-te-vi	1	0.0004
Passeriformes identificados somente até ordem		2	0.0008
Aves identificadas somente até classe		4	0.0016
<b>Total</b>		<b>59</b>	<b>0.0236</b>
<b>MAMMALIA</b>			
<b>Ordem Didelphimorfia Gill, 1872</b>			
<b>Família Didelphidae Gray, 1821</b>			
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	Mucura	8	0.0032
<i>Didelphis</i> sp	Mucura	1	0.0004
<b>Ordem Cingulata Illiger, 1821</b>			
<b>Família Dasypodidae Gray, 1821</b>			
<i>Dasypus (Dasypus) novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu galinha	3	0.0012
<i>Cabassous unicinctus</i> Linnaeus, 1758	Tatu-rabo-de-couro	1	0.0004
<b>Ordem Pilosa Flower, 1883</b>			
<b>Família Myrmecophagidae Gray, 1825</b>			
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	Tamanduá-mirim	20	0.008
<b>Ordem Primata Linnaeus, 1758</b>			
<b>Família Callitrichidae Thomas, 1903</b>			
<i>Mico argentatus</i> (Linnaeus, 1771)	Macaco soim	4	0.0016
<b>Ordem Rodentia Bowdich, 1821</b>			
<b>Família Echimyidae Gray, 1825</b>			
<i>Proechimys</i> sp.	Roedor	1	0.0004
Rodentia	Roedor	2	0.0008
<b>Ordem Chiroptera Blumenbach, 1779</b>			
<b>Família Phyllostomidae Gray, 1825</b>			
<i>Artibeus (Artibeus) lituratus</i> (Olfers, 1818)	Morcego	1	0.0004
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	Morcego	1	0.0004
<b>Ordem Carnivora Bowdich, 1821</b>			
<b>Família Canidea Fisher Von Waldheim, 1817</b>			
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	Cachorro do mato	8	0.0032
<b>Família Procyonidae Gray, 1825</b>			
<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	Quati	5	0.002
Mamíferos identificados até classe		11	0.0044
<b>Total</b>		<b>66</b>	<b>0.0264</b>
<b>Total de vertebrados</b>		<b>351</b>	<b>0.1404</b>

Detectamos diferenças significativas entre as taxas mensais de atropelamentos para o total de vertebrados ( $H = 19.958$   $p = 0.0459$ ) e para os anfíbios ( $H = 19.864$   $p = 0.0472$ ). Os

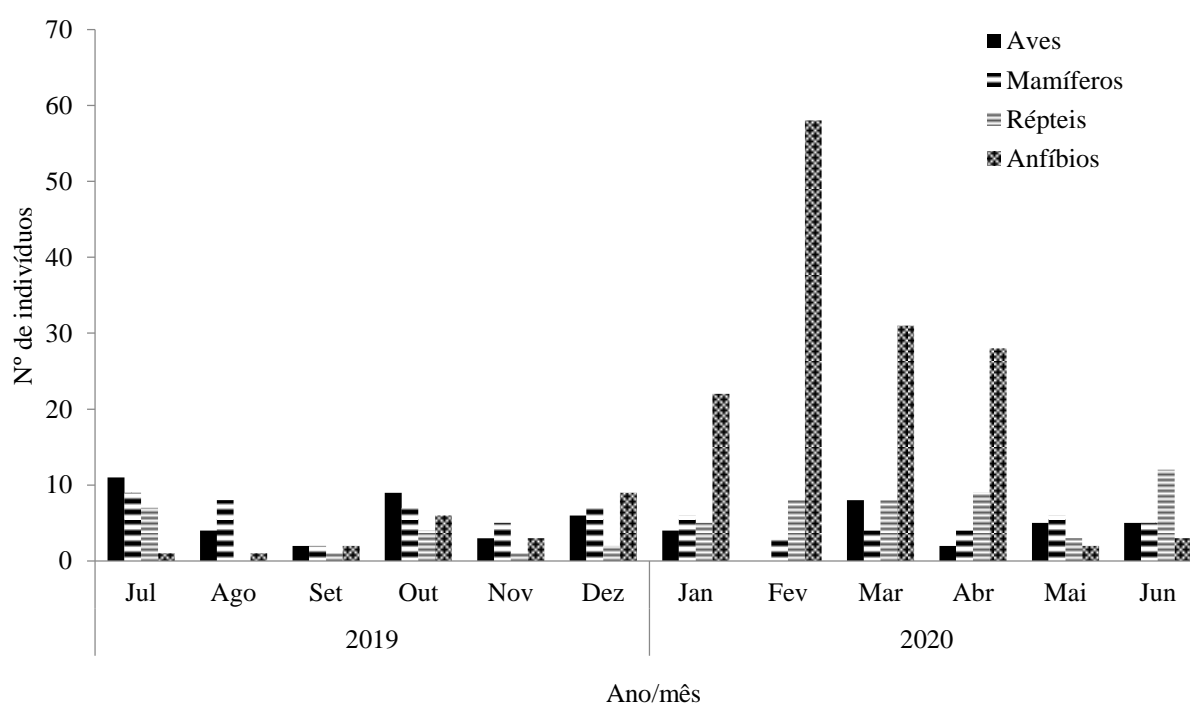
principais meses com diferenças significativas entre os atropelamentos de vertebrados foram fevereiro, março e setembro (Tabela 3). As diferenças evidenciadas para o total de vertebrados provavelmente foram influenciadas por anfíbios, a única classe que apresentou variações mensais significativas ( $p = 0.0472$ ). Para os anfíbios, os meses que mais se destacaram foram fevereiro, março e agosto (Tabela 4). Em suma, as taxas de atropelamento de anfíbios nos meses mais chuvosos diferiram da época mais seca ( $H = 9.371$ ;  $p = 0.0023$ ) sendo que os indivíduos dessa classe foram mais atropelados nos meses com maior pluviosidade (fevereiro, março e abril) (Figura 5). Também houve diferenças significativas entre o período seco (julho a dezembro) e chuvoso (janeiro a junho) para o total de vertebrados ( $F = 13.757$ ;  $p = 0.0015$ ) e para os répteis ( $H = 8.796$ ;  $p = 0.0033$ ).

**Tabela 3.** Diferenças entre as taxas mensais dos atropelamentos do total de vertebrados registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. São apresentados os valores de p do teste de Student-Newman-Keuls de análises de diferenciação de médias comparando todos os meses entre si. Em negrito os valores significativos.

	Jul.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
Ago.		0.248										
Set.		0.103	0.634									
Out.		0.471	0.585	0.286								
Nov.		0.292	0.918	0.563	0.664							
Dez.		0.683	0.454	0.221	0.784	0.518						
Jan.		0.610	0.096	<b>0.027</b>	0.201	0.118	0.359					
Fev.		0.174	<b>0.016</b>	<b>0.002</b>	<b>0.027</b>	<b>0.016</b>	0.077	0.395				
Mar.		0.292	<b>0.035</b>	<b>0.006</b>	0.061	<b>0.035</b>	0.144	0.586	0.759			
Abr.		0.475	0.061	<b>0.016</b>	0.133	0.077	0.262	0.838	0.518	0.734		
Mai.		0.377	0.785	0.454	0.804	0.865	0.634	0.163	<b>0.025</b>	0.052	0.110	
Jun.		0.945	0.277	0.118	0.518	0.324	0.734	0.563	0.153	0.262	0.434	0.414

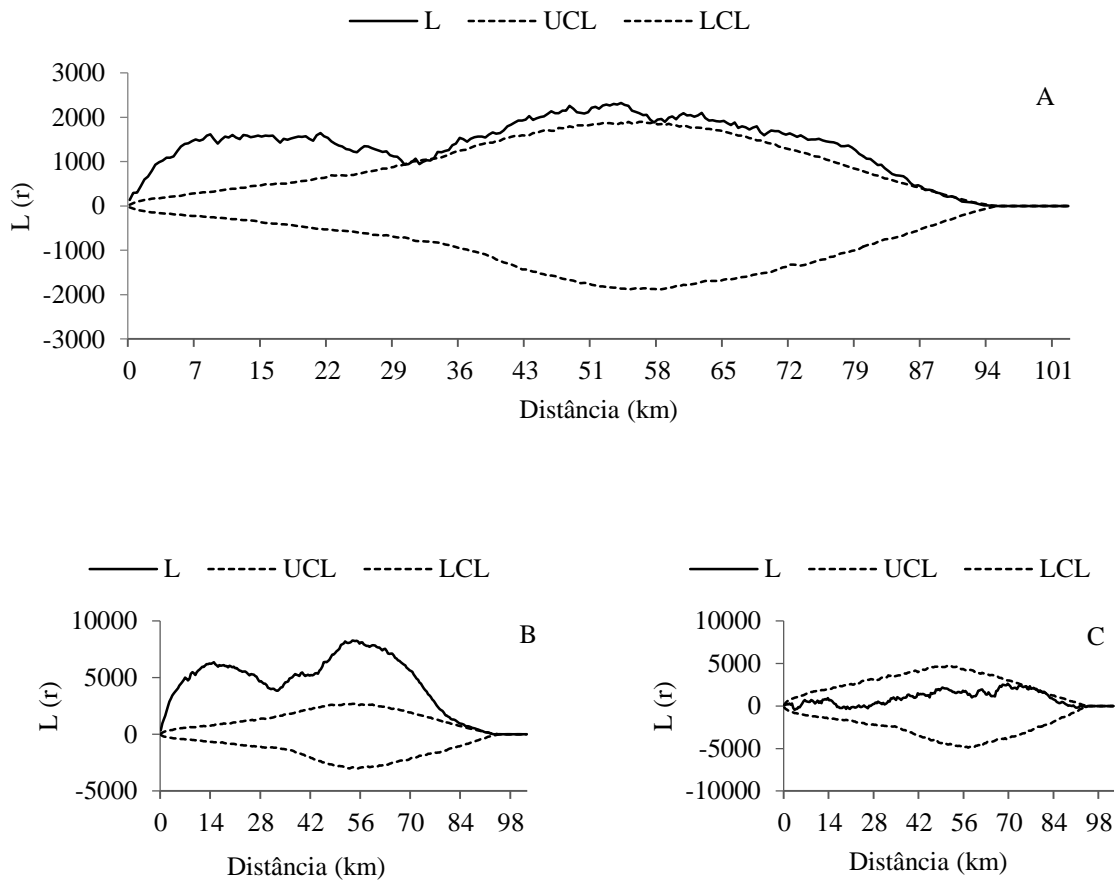
**Tabela 4.** Diferenças entre as taxas mensais dos atropelamentos dos anfíbios registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. São apresentados os valores de p do teste de Student-Newman-Keuls de análises de diferenciação de médias comparando todos os meses entre si. Em negrito os valores significativos.

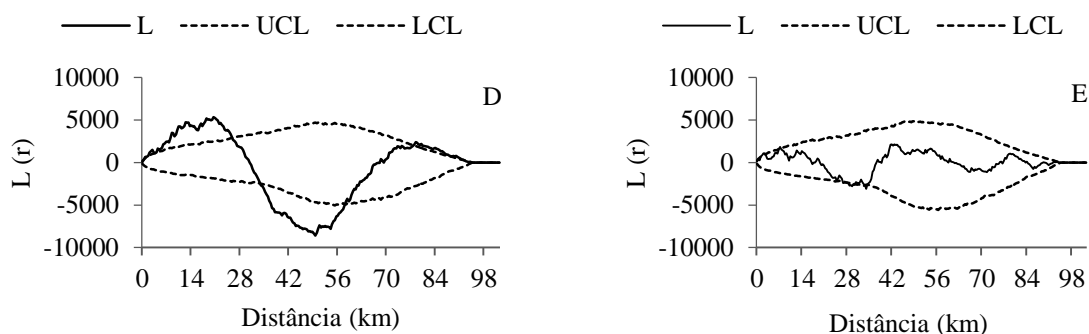
	Jul.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.
Ago.	0.708											
Set.	0.785	0.518										
Out.	0.813	0.518	0.950									
Nov.	0.518	0.308	0.708	0.637								
Dez.	0.196	0.096	0.308	0.238	0.518							
Jan.	0.066	<b>0.027</b>	0.118	0.076	0.234	0.586						
Fev.	<b>0.013</b>	<b>0.004</b>	<b>0.027</b>	<b>0.013</b>	0.066	0.234	0.518					
Mar.	<b>0.038</b>	<b>0.014</b>	0.071	<b>0.042</b>	0.153	0.434	0.812	0.683				
Abr.	0.057	<b>0.022</b>	0.103	0.064	0.208	0.540	0.945	0.563	0.865			
Mai.	0.708	0.454	0.918	0.862	0.785	0.359	0.144	<b>0.0352</b>	0.089	0.126		
Jun.	0.518	0.308	0.708	0.637	1.000	0.518	0.234	0.066	0.153	0.208	0.785	



**Figura 2.** Total mensal de atropelamentos de anfíbios, mamíferos, répteis e aves registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020.

Considerando todos os registros, observamos agregação de pontos de atropelamento em quase todas as escalas analisadas. Somente a partir de 94,5 quilômetros de raio, os valores de  $K$  observados são iguais aos simulados, e o círculo a partir dessas dimensões centrado em qualquer ponto de atropelamento abrange todos os outros atropelamentos ( $L(r)=0$ ). Encontramos agregação de anfíbios de pontos desde a escala de 100 metros até 90 km de tamanho de raio. Para mamíferos, não evidenciamos pontos de agregação ou dispersão significativos em nenhuma escala. Por outro lado, o grupo dos répteis apresentou agregação de pontos nas escalas de 100 metros a 25 quilômetros de raio e 78 a 92 quilômetros de raio, e dispersão significativa nas escalas de 33 a 58,3 km. As aves apresentaram tendências em dois tamanhos de raio nos km 26 a 34 (dispersão) (Figura 3).

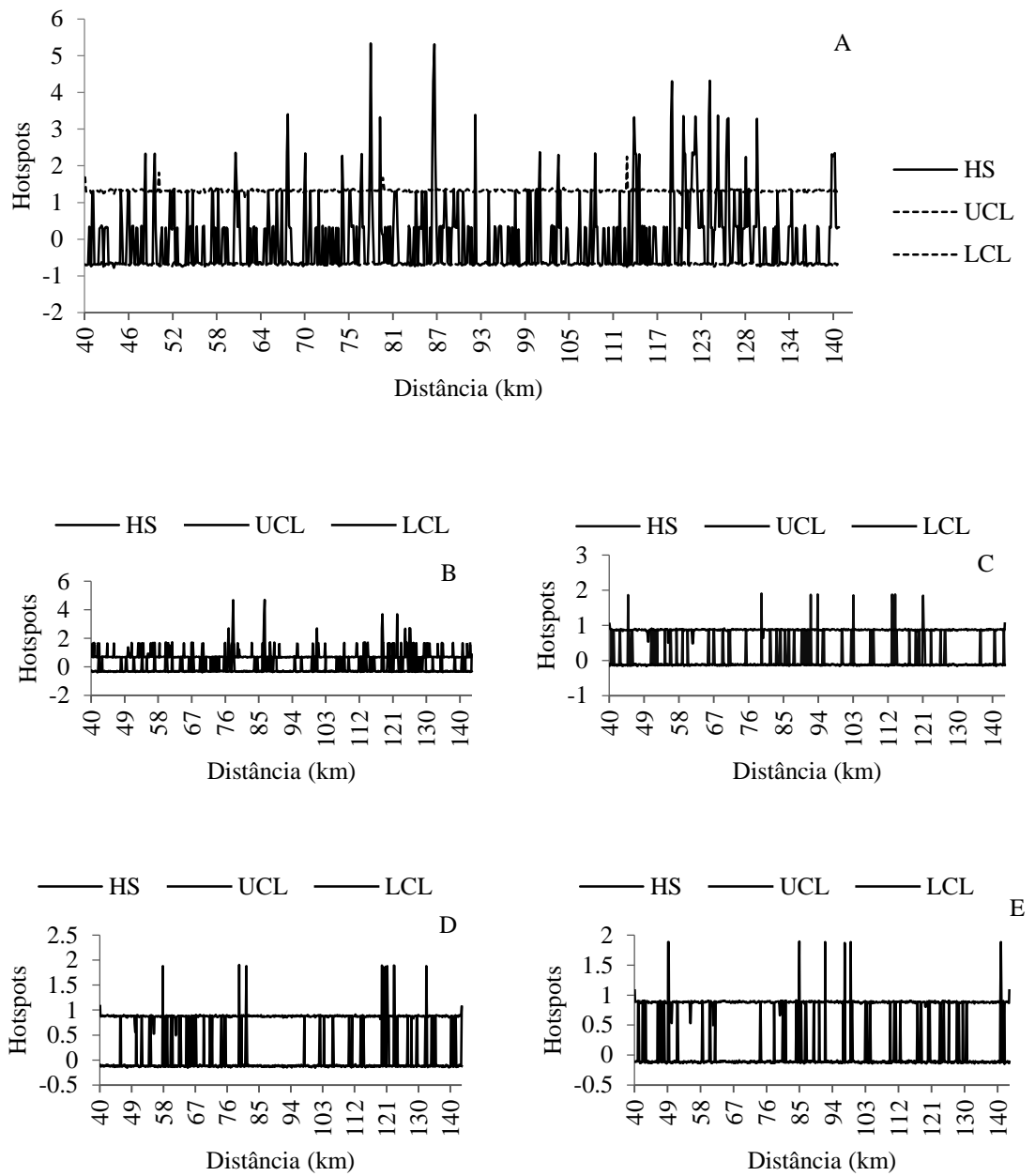




**Figura 3.** Escalas com agrupamentos e dispersões significativas dos vertebrados mortos por atropelamento registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020. Nos gráficos, (A) representa todos os vertebrados das coletas, (B) anfíbios, (C) mamíferos, (D) répteis e (E) aves. Em cada gráfico a linha contínua (L) representa a distribuição de animais e as linhas pontilhadas, os intervalos de confiança superior (UCL) e inferior (LCL). Os parâmetros utilizados foram raio inicial de 100 metros com incremento de raio de 400 metros em 1000 simulações e 95% de intervalo de confiança.

Identificamos possíveis *hotspots* de atropelamentos em diversos locais. Considerando toda a fauna de vertebrados observamos *hotspots* nos km 48, 49, 60, 67, 70, 75, 78, 80, 86, 92, 101, 104, 113, 118, 120, 122, 124, 125, 126, 130 e 140 (Figura 4). Quando analisados separadamente, anfíbios apresentaram agregações nos km 76, 78, 87, 101, 119, 121, 125 e 126, mamíferos nos km 45, 94, 104 e 114, répteis nos km 58, 82, 120, 124 e 133 e aves nos km 49, 85, 98, 100 e 140. Três *hotspots* sobrepuseram-se para diferentes grupos, os quilômetros 40, 52 e 82 do trecho amostrado, que correspondem aos km 80, 92 e 122, respectivamente da rodovia, no sentido Santarém-Cuiabá. O quilômetro 40 foi *hotspot* para mamíferos e répteis, enquanto o 52 foi para mamíferos e aves e o 82 para mamíferos, répteis e anfíbios.

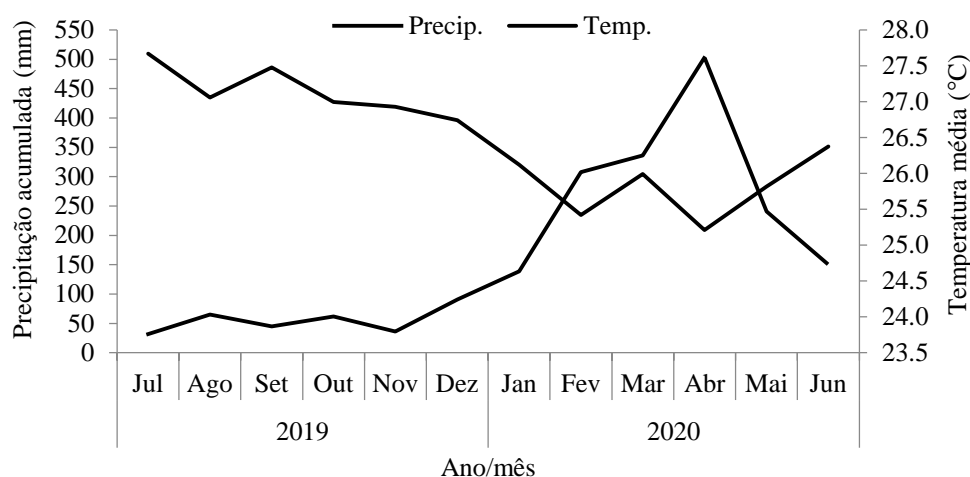




**Figura 4.** Gráficos das análises de hotspots para (A) o total de vertebrados, (B) anfíbios, (C), mamíferos, (D) répteis e (E) aves. Em cada gráfico as linhas contínuas (função  $N \text{ eventos} - N \text{ simulados}$ ) representam a intensidade dos pontos de atropelamentos, e as linhas pontilhadas, os limites de confiança superior (UCL) e inferior (LCL). Os locais onde as linhas pretas ultrapassam a linha pontilhada superior (UCL) são as indicações dos *hotspots*.

Corroborando o padrão sazonal da região, verificamos que durante o estudo, os meses com maior pluviosidade foram fevereiro, março e abril (Figura 5), com destaque para este último que teve uma precipitação acumulada de 502,9 mm. Por outro lado, o período de

julho a novembro teve as mais baixas quantidades de chuvas mensais. Adicionalmente, não observamos grandes flutuações de temperatura no período do estudo, sendo que o mês de julho teve a maior média (27,6 °C), enquanto o mês de abril obteve a menor média (25,2 °C) (Figura 5).



**Figura 5.** Informações das variações climáticas mensais - precipitação mensal acumulada e temperatura média mensal – referente ao período de julho de 2019 a junho de 2020, município de Belterra/PA. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2019/2020).

Nossos resultados sugerem que o número de atropelamentos é influenciado pelas variáveis climáticas analisadas. Quando relacionamos o total de animais com as variações climáticas (Tabela 1), verificamos correlação positiva com a precipitação, tanto do dia anterior ( $p = 0.032$ ;  $r_s = 0.43$ ) como a acumulada dos últimos sete dias ( $p = 0.0003$ ;  $r_s = 0.66$ ). Também identificamos correlação negativa com a temperatura média do dia anterior ( $p = 0.002$ ;  $r_s = -0.68$ ) e temperatura média dos últimos sete dias ( $p = 0.006$ ;  $r_s = -0.53$ ), ou seja, o número de atropelamentos aumenta com o aumento da precipitação e diminui com a redução da temperatura.

Analisando as classes separadamente, verificamos que os atropelamentos de anfíbios e répteis também possuem correlação positiva com a precipitação acumulada dos últimos sete dias (anfíbios:  $p = 0.005$ ;  $r_s = 0.54$ ; répteis:  $p = 0.022$ ;  $r_s = 0.45$ ) e correlação negativa com a temperatura, tanto a média do dia anterior (anfíbios:  $p = 0.009$ ;  $r_s = -0.50$ ; répteis:  $p = 0.016$ ;  $r_s = -0.47$ ), como a média dos últimos sete dias, (anfíbios:  $p = 0.009$ ;  $r_s = -0.51$ ; répteis:  $p = 0.028$ ;  $r_s = -0.44$ ). Por outro lado, os atropelamentos mensais de mamíferos e aves não apresentaram relação com as variáveis climáticas testadas (Tabela 5).

**Tabela 5.** Relação entre os atropelamentos de vertebrados registrados na rodovia BR-163 ao longo de 100 km no período de julho de 2019 a junho de 2020, total e separado por classe, e as variáveis climáticas. As quatro variáveis climáticas analisadas são (1) precipitação do dia anterior a cada amostragem, (2) precipitação acumulada dos sete dias anteriores a cada amostragem (3) temperatura média do dia anterior a cada amostragem e (4) temperatura média dos sete dias anteriores a cada amostragem. Os valores de rs representam o coeficiente de Spearman, e os valores de p, a significância ( $\alpha = 0.05$ ).

<b>Correlações</b>	<b>rs</b>	<b>p</b>
Vertebrados x Prec. dia anterior	0.4289	<b>0.0323</b>
Vertebrados X Prec. acum. 7 dias	0.6601	<b>0.0003</b>
Vertebrados X Temp. méd. dia anterior	-0.6808	<b>0.0002</b>
Vertebrados X Temp. méd. 7 dias	-0.5336	<b>0.0060</b>
N. mamíferos x Prec. dia anterior	-0,0691	0,7427
N. mamíferos X Prec. acum. 7 dias	0,1100	0,6007
N. mamíferos X Temp. méd. dia ant.	-0,0516	0,8063
N. mamíferos X Temp. méd. 7 dias	0,8966	0,6703
N. anfíbios X Prec. dia anterior	0.3139	0.1264
N. anfíbios X Prec. acum. 7 dias	0.5409	<b>0.0052</b>
N. anfíbios X Temp. méd. dia anterior	-0.5093	<b>0.0093</b>
N. anfíbios X Temp. méd. 7 dias	-0.5107	<b>0.0090</b>
N. aves X Prec. dia anterior	-0,2579	0,2132
N. aves X Prec. acum. 7 dias	-0,200	0,3376
N. aves X Temp. méd. dia anterior	-0,0443	0,8333
N. aves X Temp. méd. 7 dias	0,1516	0,4695
N. répteis X Prec. dia anterior	0.3083	0.1337
N. répteis X Prec. acum. 7 dias	0.4535	<b>0.0227</b>
N. répteis X Temp. méd. dia anterior	-0.4757	<b>0.0162</b>
N. répteis X Temp. méd. 7 dias	-0.4377	<b>0.0286</b>

## DISCUSSÃO

No presente estudo registramos uma taxa de atropelamento de animais vertebrados silvestres de 0.14 ind./km/dia no trecho analisado da BR-163. Essa taxa é semelhante à encontrada em outras regiões do Brasil, como no Rio Grande do Sul (Silva *et al.* 2013

Deffaci *et al.* 2016), e no Cerrado mato-grossense (Valadão *et al.* 2018). É similar também a taxas encontradas em outros locais da Amazônia, (Pinheiro e Turci 2013), embora taxas mais baixas (0.021 a 0.078 ind./km/dia) também tenham sido encontradas neste bioma (Turci e Bernarde 2009; Omena Junior *et al.* 2012; Paraguassu-Chaves *et al.* 2020). A heterogeneidade entre as taxas sugere que diferentes regiões demandam diferentes estratégias de mitigação dos impactos dos atropelamentos. Devemos considerar também o fato de que os estudos geralmente diferem quanto aos métodos (Cirino e Freitas 2018) e tamanho da área amostrada e que o número de espécies registradas pode aumentar em razão do aumento do esforço amostral (Bager e Rosa 2011). A falta de padronização torna difícil inclusive definir uma taxa confiável de atropelamento para o país como um todo (Dornas *et al.* 2012).

No nosso estudo, os anfíbios contribuíram com 46% dos registros. Se por um lado alguns estudos no Brasil apresentaram os anfíbios como a classe menos registrada (Santos *et al.* 2012; Pinheiro e Turci 2013; Almeida e Cardoso-Junior 2014), por outro, nossos resultados foram parecidos com trabalhos realizados na Caatinga e Mata Atlântica, onde cerca de metade dos atropelamentos são de anfíbios (Almeida 2019; Castro 2020). Além da quantidade de anfíbios, na taxa total de atropelamentos dos vertebrados, outro fator que, possivelmente, influenciou a taxa relativamente alta encontrada na nossa pesquisa é a presença de uma Unidade de Conservação (UC) ao longo de 77% do trecho da estrada pesquisado. Embora nem sempre trabalhos realizados próximos a Unidades de Conservação evidenciam uma alta taxa de atropelamento (Gumier-Costa e Sperber 2009), áreas com melhores condições de conservação tendem a contribuir para elevar a ocorrência de atropelamentos veiculares principalmente em UC's que recebem grande número de visitação (Garriga *et al.* 2012).

A riqueza total de espécies que registramos é superior à encontrada em alguns estudos, nos quais ela variou entre 35 e 45 espécies (Deffaci *et al.* 2016; Bastos *et al.* 2019; Maciel 2019). Em outros trabalhos a riqueza foi ligeiramente maior ao que evidenciamos na presente pesquisa, como no estudo de Silva *et al.* (2013), no Pampa, e Carvalho *et al.* (2015), no Cerrado, que encontraram 49 e 57 espécies atropeladas, respectivamente. Entretanto, comparações de riqueza de espécies de fauna atropelada devem ser interpretadas com cautela, pois há muitos ruídos que enviesam os dados e dificultam, ou mesmo inviabilizam, tais comparações. Como citado acima, os estudos geralmente diferem em métodos, o que pode explicar, por exemplo, o maior número de espécies nos estudos de Silva *et al.* (2013) e Carvalho *et al.* (2015), que realizaram 104 e 42 amostragens, respectivamente, em um período de 12 meses. Além disso, a detecção de animais atropelados varia entre estudos em função de fatores como volume de tráfego, experiência do amostrador e quantidade de vegetação nos acostamentos (Santos *et al.* 2011; Teixeira *et al.* 2013). Por fim, não raro, é praticamente impossível identificar todas as espécies em nível específico (e.g. 191 indivíduos não foram identificados nesse nível no nosso estudo) devido ao grau de destruição e/ou decomposição das carcaças.

Apesar dos mamíferos não terem dominado nossa amostragem como observado em muitos estudos (e.g. Barros *et al.* 2016; Braz e França 2016; Ramos-Abrantes *et al.* 2018; Valadão *et al.* 2018), as espécies de mamíferos mais atropeladas que registramos (*Tamandua tetradactyla*, *Cerdocyon thous* e *Didelphis marsupialis*) são relativamente comuns também em outros estudos em todo o Brasil (e.g. Cáceres *et al.* 2012; Pinheiro e Turci 2013; Oliveira *et al.* 2017). *Cerdocyon thous* e *Didelphis marsupialis* são onívoros generalistas aparentemente beneficiados em paisagens antropizadas e provavelmente encontram alimento, abrigo e facilidade de deslocamento ao longo das estradas (Gardner 2008; Barros *et al.* 2016). *Tamandua tetradactyla* é arborícola, mas se desloca pelo solo, principalmente à

noite em busca de alimento, e apresenta uma estratégia de defesa pondo-se em pé quando ameaçado (Nowak 1999; Reis *et al.* 2010), o que pode ter um efeito deletério para os indivíduos da espécie num confronto com veículos em movimento.

Dentre os répteis atropelados em nosso estudo, a maioria são serpentes. Lagartos e serpentes são ectotérmicos e eventualmente buscam o calor do asfalto para termorregular, contudo, normalmente os lagartos são menores e se deslocam mais rápido que as serpentes, e por isso podem ser menos atingidos que estas ou mesmo passar mais despercebido pelo observador do que as serpentes durante as amostragens. Além disso, serpentes têm limitações impostas pela camada asfáltica devido ao forte atrito com o asfalto, em comparação com o terreno natural e algumas espécies têm a imobilidade como tática defensiva (Andrews e Gibbons 2005). Todos esses fatores concorrem para que as serpentes sejam mais atropeladas que os lagartos. Adicionalmente, na região do nosso estudo a riqueza de espécies de serpentes conhecida é maior que a de lagartos (Chalkidis *et al.* 2014). Outro fato a ser considerado é o estigma alimentado pela cultura popular que em algumas regiões consideram as serpentes como animais nocivos, sendo por isso, muitas vezes, atropeladas intencionalmente (Secco *et al.* 2014).

Os atropelamentos de aves que registramos podem estar atrelados principalmente ao hábito alimentar (e.g. *Columbina talpacoti* e *Patagioenas cayenensis*), visto que a presença de frutas e sementes (e.g. milho e soja que caem de caminhões) caídas na estrada é um forte atrativo para algumas espécies (Prada, 2004). O calor do asfalto e a clareira da rodovia também atraem inúmeros insetos o que ajuda a explicar a ocorrência de insetívoros aéreos noturnos como os Caprimulgidae e Nyctibiidae que encontramos. A ave que mais registramos, *Coragyps atratus*, alimenta-se exclusivamente de animais mortos e provavelmente foi atraída para a estrada pela presença de carcaças de animais (Laurance *et al.* 2009). Esse provavelmente é o caso também de *Milvago chimachima* que

oportunisticamente se alimenta de animais que encontra mortos (Silva *et al.* 2013). Outro fator que pode interferir na mortalidade das aves nas estradas é a massa corporal relativamente baixa dos animais desta classe de vertebrados, que deixa algumas espécies mais vulneráveis ao deslocamento de ar provocado por veículos em alta velocidade, sem necessariamente haver o choque entre ave e veículo (Prada 2004).

Nossos resultados demonstraram a ocorrência de *hotspots* de atropelamentos, os quais variam entre as classes de fauna. Contudo, é importante ressaltar que os quilômetros 40, 52 e 82 do trecho amostrado da rodovia, foram *hotspots* para mais de uma classe. Alguns estudos apontaram que presença ou proximidade de florestas e áreas úmidas geralmente estão associadas à formação de *hotspot* (Gunson *et al.* 2011; Coelho *et al.* 2012). No trecho que compreende os quilômetros 40 e 82, a estrada é tangenciada por floresta em ambos os lados da estrada, muito embora não haja nesses dois trechos presença de áreas úmidas. No entanto, nem sempre a presença da floresta foi relacionada aos agrupamentos de atropelamentos. No trecho do quilômetro 52, que foi *hotspot* para aves (principalmente *Coragyps atratus*) e mamíferos, principalmente o *Tamandua tetradactyla*, existem áreas de pastagem em ambos os lados da via. Não está claro o motivo de este ser um *hotspot* para mamíferos, contudo, podemos inferir que, inicialmente, esse ponto era um *hotspot* para mamíferos, influenciado pela ocorrência de *Tamandua tetradactyla*, e sendo estes animais de maior porte em relação aos outros grupos analisados, suas carcaças atraíram os urubus, independente da presença de florestas, nas imediações da estrada. Com isso, demonstramos como é possível que a formação do *hotspot* de uma classe pode influenciar em outro grupo de fauna.

A correlação negativa entre os atropelamentos de anfíbios e répteis com a temperatura pode ter ocorrido em função de características fisiológicas desses animais que se refletem em sua ecologia. Por serem ectotérmicos, espera-se uma diminuição na movimentação em períodos mais frios. Na Amazônia, no entanto, o maior volume de chuvas durante o inverno

pode resultar em microclimas com temperaturas mais baixas dentro da floresta (Artaxo *et al.* 2005; Souza *et al.* 2012), fazendo com que os répteis, por exemplo, procurem áreas abertas, como as rodovias, para termorregular (Mccardle e Fontenot, 2016). Isso sugere que, na Amazônia, em períodos de temperatura mais elevada, normalmente nos meses mais secos, (conhecido como verão amazônico, que ocorre entre os meses de julho e dezembro) os répteis dependem menos do calor da estrada que no período de chuvas (inverno).

Já a correlação positiva dos atropelamentos da herpetofauna com a precipitação pode diferir nas causas entre as duas classes. É no período chuvoso que anfíbios concentram sua reprodução e dispersão de jovens coincidindo com a formação de mais áreas úmidas no entorno da rodovia, (Aichinger 1987; Bernarde 2007; Ramos-Abrantes *et al.* 2018). No caso dos répteis, parece ser mais difícil separar a ação das duas variáveis climáticas, visto que a maior pluviosidade entre janeiro e junho resulta em diminuição da temperatura, podendo ter sensação térmica ainda menor no interior das florestas. Nessas circunstâncias, como citado acima, buscam locais mais abertos e quentes, sendo as estradas um atrativo neste sentido (Mccardle e Fontenot 2016; Carmo *et al.* 2018).

Importante ressaltar ainda, que no caso dos répteis e, principalmente, dos anfíbios parece haver *hotspots* influenciados por *hotmoments*. Sugerimos isso porque os agrupamentos espaciais foram positivamente relacionados à precipitação (Coelho *et al.* 2012), ocorrendo com maior intensidade e frequência em determinados meses durante o ano. Defendemos a ideia de que essa tendência seja mais investigada e se o padrão se confirmar, isso deve ser levado em conta na implementação de medidas mitigatórias de atropelamentos de fauna.



## CONCLUSÕES

Com base nos nossos resultados verificamos a necessidade de implementação de ações buscando minimizar os impactos dos atropelamentos de vertebrados no trecho estudado da BR-163. A instalação de diversos modelos de estruturas que permitam o deslocamento da fauna de um lado para o outro da rodovia pode ser uma ação eficiente em muitos casos (Abra 2012). Porém, mesmo com eficiência comprovada (Rytwinski *et al.* 2016), a construção de estruturas mais complexas do ponto de vista da engenharia, pode esbarrar em questões econômicas. Assim, sugerimos, inicialmente, a adoção de medidas que demandem relativamente poucos recursos financeiros, como, por exemplo, a realização de campanhas educativas, e, em médio prazo, a instalação de estruturas de passagem de fauna para a fauna de pequeno porte focada em anfíbios e répteis nos locais de *hotspots* e *hotmoments*. Recomendamos ainda que mais atenção seja dedicada aos *hotspots* identificados neste estudo, especialmente aqueles que se sobrepuseram para mais de um grupo de fauna. Também defendemos que ações visando minimizar os efeitos deletérios da estrada especificamente na herpetofauna serão mais efetivas se forem mais concentradas no período mais chuvoso do ano. É importante que seja dada sequência a este trabalho de monitoramento de fauna para avaliar a dinâmica dos *hotspots* identificados procurando observar se eles se mantêm ao longo do tempo e acompanhar a efetividade de possíveis medidas de mitigação implantadas. Somado a isto, seria muito relevante que outros aspectos relacionados aos atropelamentos de fauna silvestre nesta região sejam investigados em complementariedade aos nossos achados, como por exemplo, a influência da composição da paisagem adjacente na distribuição dos atropelamentos e a densidade populacional das espécies mais acometidas pelos atropelamentos.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Recursos da Amazônia da Universidade Federal do Oeste do Pará pela oportunidade para o desenvolvimento desse estudo, ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade pelo apoio logístico na obtenção dos dados de campo, ao Dr. Rafael de Fraga pela importante contribuição na identificação dos répteis registrados nas amostras e a Arlison Bezerra Castro pela colaboração na coleta dos dados de atropelamentos dos animais silvestres.

## REFERÊNCIAS

- Abra, FD 2012. *Monitoramento e avaliação das passagens interiores de fauna presentes na rodovia SP-225 no município de Brotas, São Paulo*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo. 79p.
- Almeida, VM; Cardoso-Junior, JCS. 2014. Registros de atropelamentos de animais silvestres na Rodovia Vicinal Antônio Joaquim De Moura Andrade entre os municípios de Mogi Guaçu-SP e Itapira-SP. *FOCO: Caderno de Estudos e Pesquisas*, 5(7), 99-116.
- Aichinger, M. 1987. Annual activity patterns of anurans in a seasonal neotropical environment. *Oecologia*, 71: 583-592.
- Andrade, PS de. 2007. *Estudos populacionais dos primatas em duas florestas nacionais do oeste do Pará, Brasil*. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Andrade, DF; Gama, JRV; Melo, LO; Ruschel, AR. 2015. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, 5 (1), 109-115.
- Andrews, KM; Gibbons, JW. 2005. How do highways influence snake movement? Behavioral responses to roads and vehicles. *Ichthyology e Herpetology*, 4: 772 – 782.

- Artaxo, P; Gatti, LV; Leal, AMC; Longo, KM, Freitas, SR; Lara, LL; *et al.* 2005. Química atmosférica na Amazônia: A floresta e as emissões de queimadas controlando a composição da atmosfera amazônica. *Acta Amazonica*, 35(2), 185 – 196.
- Ayres, M; Ayres Jr, M; Ayres, DL; Santos, AAS. 2007. *BioEstat 5.0*. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Versão 5.0 [software]. Disponível em: <http://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/bioestat-versao-53/>. Acesso em: nov. e dez. de 2020.
- Bager, A.; Rosa, C. A. 2011. Influence of Sampling Effort on the Estimated Richness of Road-Killed Vertebrate Wildlife. *Environmental Management*, 47: 851-858.
- Barros, TO; Alvares, GFR; Bernardo, FH; Cardoso, MD; Freitas, MV; Araújo, LM; et al. 2016. Monitoramento da fauna silvestre atropelada na BR – 101/RN/PB/PE, João Pessoa. In: *Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, 4: 178-189.
- Beaudry, F; Demaynadier, PG; Hunter, JR; Malcolm L. 2010. Identifying hot moments in road-mortality risk for Freshwater Turtles. *Journal of Wildlife Management*, 74: 152-159.
- Braz, VS; França, FGR. 2016. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. *Biota Neotropica*, 16 (1), 2 – 11.
- Bueno, C; Almeida, PJAL. 2010. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). *Revista Brasileira de Zoociências*, 12(3), 219-226.
- Carmo, CC; Lopes, CEB; Alves, PV; Schwinden, GM; Viana, DA; Braga, RR. 2018. Atropelamento de serpente *Boa constrictor*: ameaça à manutenção do ambiente selvagem no campus do Itapaperi. *Ciência animal*, 28(3), 89 – 98.

- Cáceres, NC; Casella, J; Goular, CS. 2012. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no Bioma Cerrado, rodovia BR 262, Sudeste do Brasil. *Mastozoologia Neotropical*, 19(1), 21-33.
- Castro, REE; Dos Santos, TO; Gomes, GSO; Latini, RO. 2020. Atropelamento de vertebrados em uma área de Mata Atlântica na rodovia MG-260 em Cláudio, Minas Gerais. *Revista NBC*, 10 (19).
- Chalkidis, H; Prudente, ALC; Sawaya, RJ. 2014. Serpentes em áreas preservadas e com corte seletivo de madeira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra, Pará, Brasil. In: *II Seminário de Pesquisa Científica da Floresta Nacional do Tapajós na Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA)*, Santarém/PA.
- Cirino, DW; Freitas, SR 2018. Quais são os mamíferos silvestres mais atropelados no Brasil? In: *Anais do 5º Workshop de Evolução e Diversidade*, Santos/SP.
- Clevenger, AP; Chruszcz, B; Gunson, K. 2003. Spatial patterns factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, 109: 15-26.
- Coelho, IP; Teixeira, FZ; Patrick, C; Coelho, AVP; Kindel, A. 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*, 112: 17-26.
- Coelho, AVP; Coelho, IP; Kindel, A; Teixeira, FZ. 2014. *Siriema*: road mortality software. Manual do Usuário V. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.
- Coffin, AW. 2007. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, Department of Geography, University of Florida, 15(5), 396-406.
- Costa, HC; Bérnils, RS. 2018. Répteis do Brasil e suas unidades federativas: lista de espécies. *Herpetologia Brasileira*, 7(1), 11-57.

- Coy, M.; Klinger, M. 2014. Frentes pioneiras em transformação: o eixo da BR-163 e os desafios socioambientais. *Revista Territórios e Fronteiras*, Cuiabá, 7(1), 1-26.
- Cressie, NAC. 1993. *Statistics for Spatial Data*. Revised Edition. John Wiley & Sons, New York, ISBN: 9780471002550.
- Deffaci, ÂCG. 2015. *Dinâmica de atropelamentos de fauna em uma região de floresta subtropical no Sul do Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Erechim.
- Daffaci, AC; Silva, VP; Hantmann, MT; Hartmann, PF. 2016. Diversidade de aves, mamíferos e répteis atropelados em região de floresta subtropical no sul do Brasil. *Ciência e Natura*, 38(3), 1205 – 1216.
- Delgado-Vélez, CA. 2014. Adiciones al atropellamiento vehicular de mamíferos en la vía de El Escobero, Envigado (Antioquia), Colombia. *Revista EIA*, Envigado, Colômbia, 11(22), 147-153. Semestral. ISSN 1794-1237.
- Dornas, RAP; Kindel, A; Bager, A; Freitas, SR. 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: *Ecologia de estradas: tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. – Lavras: Ed. UFLA:139-152.
- Espírito-Santo, FDB. *et al.* 2005. Análise da composição florística e fitossociológica da Floresta Nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazônica*, Manaus, 35(2), 167- 185.
- Fearnside, FM; Graça, PMLA 2009. Br-319: a rodovia Manaus-Porto Velho e o impacto potencial de conectar o arco de desmatamento à Amazônia central. *Novos Cadernos NAEA*, 12(1), 19-50.
- Forman, Richard TT; Alexander, Lauren E. 1998. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29: 207-231.

- Gardner AL. 2008. *Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats*. Vol.1, Chicago: University of Chicago Press, 690p.
- Garrah, E.; Danby, RK.; Eberhardt, E; Cunnington, GM.; Mitchell, S. 2015. Hotspots and hot moments: Wildlife road mortality in a regional corridor. *Environmental Management*, 56: 874-889.
- Garriga, N; Santos, X; Montori, A; Richter-Boix, A; Franch, M; Llorente, GA. 2012. Are protected áreas truly protected? The impacto of road Traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 21: 2761-2774.
- Gonçalves, FG; Santos, JR. 2008. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós. *Acta Amazonica*, Manaus, 38(2), 229-244.
- Gonçalves, ANN. 2013. *Influência dos fatores ambientais e da distância espacial na comunidade de anuros de florestas de terra-firme na Amazônia Oriental*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zoologia, Museu Paraense Emílio Goeldi e Universidade Federal do Pará, Belém.
- Gonçalves, LO; Alvares, DJ; Teixeira, FZ; Shuck, G; Coelho, IP; Esperandio, IB; et al. 2018. Reptile road-kills in Southern Brazil: Composition, hot moments and hotspots. *Science of the Total Environment*, 615: 1438-1445.
- Gumier-Costa, F; Sperber, C. 2009. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, Manaus, 39(2), 459-466.
- Gunson, KE; Mountrakis, G; Quackenbush, LJ. 2011. Spatial wildlife-vehicle collision models: a review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, 92: 1074–1082.

- Hengemühle, A; Cademartori, CV. 2008. Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da estrada do mar (RS-389). *Biodiversidade Pampeana*, Uruguaiana, 6(2), 4-10.
- Henriques, LMP; Wunder, Jr. JM; Willig, MR. 2003. Birds of the Tapajos National Forest, Brazilian Amazon: a preliminary assessment. *Ornitologia Neotropical*, v. 14: 307-338.
- Jackson, ND; Fahrig, L. 2011. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation*, 144: 3143 – 3148.
- Klöcker, U; Croft, DB; Ramp, D. 2006. Frequency and causes of kangaroo-vehicle collisions on an Australian outback highway. *Wildlife Research*, 33: 5-15.
- Laurance, WF; Goosem, M.; Laurance, SGW. 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology e Evolution*, Amsterdam, v. 24(12), 659-669.
- Less, AC; Moura, NG; Andretti, CB; Davis, JW; Lopes, EV.; Henriques, LMP; et al. 2013. One hundred and thirty-five years of avifaunal surveys around Santarém, central Brazilian Amazon. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 21(1), 16-57.
- Levine, N. 2004. CrimeStat III: A *Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations*. Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC.
- Maciel, S. 2019. *Padrões espaciais e temporais no atropelamento de vertebrados silvestres em duas estradas-parque no Cerrado do Brasil central*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade de Brasília – UNB, Brasília.
- Malo, JE; Suárez, F; Díez, A. 2004. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, 41: 701-710.

- Maschio, GF; Santos-Costa, MC; Prudente, ALC. 2016. Road-Kills of snakes in a tropical rainforest in the Central Amazon Basin, Brazil. *South American Journal of Herpetology*, 11(1): 46-53.
- Mccardle, LD; Fontenot, CL. 2016. The influence of thermal biology on road mortality risk in snakes. *Journal of Thermal Biology*, 56: 39-49.
- Medeiros, ASM. 2019. *Vertebrados atropelados na Amazônia: Monitoramento em longo prazo, influência do fluxo de veículos e alternância de hotspots em um trecho da rodovia BR-174, Brasil*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia – INPA, Manaus.
- Nowak, RM. 1999. *Walker's Mammals of the World*. v. 1, 6<sup>a</sup> ed. Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 836p.
- Oliveira, PAS; Sousa, EF; Silva, FB. 2017. Levantamento de Animais Vertebrados Vítimas de Atropelamentos em Trechos das Rodovias MG-223, MG-190 e BR-352. *Getec*, 6(14),128-148.
- Oliveira, EA 2015. Diversidade críptica em *Pristimantis fenestratus* (Anura: Craugastoridae) na Amazônia Oriental Brasileira. Dissertação de Mestrado em Genética, Conservação e Biologia Evolutiva no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).
- Oliveira, DP; CARVALHO, VT; HRBEK, T. 2016. Cryptic Diversity in the Lizard Genus *Plica* (Squamata): Phylogenetic diversity and Amazonian Biogeography. *Zoologica Scripta*, 45 (6), 630-641.
- Omena Junior, R; Jackson, PL; Santos, ALW; Ribeiro, GAA. 2012. Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na rodovia BR-174, Amazonas, Brasil. *Rev. Colombiana Cienc. Animal*, 4(2), 291-307.
- Paraguassu-Chaves, CA; Izidorio, AO; Júnior, NPS; Filho, AKDB; Pereira, LS; Almeida, F M; et al. 2020. Monitoring of wildlife mortality on a State road in Rondônia, western



- Amazon. *International Journal of Advanced Engineering Research and science*, 7(8), 2456-1908.
- Prada, CS 2004. Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise dos fatores envolvidos. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo. 147p.
- Pinheiro, BF; Turci, LCB. 2013. Vertebrados atropelados na estrada da Variante (BR-307), Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. *Natureza online*, 11(2), 68-78. ISSN: 1806-7409.
- Piacentini, VQ; Aleixo, A; Agne, CE; Maurício, GN; Pacheco, JF; Bravo, GA; *et al.* 2015. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee. *Revista Brasileira de Ornitologia*, 23: 91-298.
- Quintela, FM; Rosa, CA; Anderson, F. 2020. Updated and annotated checklist of recent mammals from Brazil. *An. Acad. Bras. Ciênc.* 92: e20191004.
- Ramp, D; Caldwell, J; Edwards, KA; Warton, D; Croft, DB. 2005. Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia. *Biological Conservation*, 126: 474-490.
- Ramos-Abrantes, MM; Carreiro, NA; Araújo, DVF; Souza, JG; Lima, JPR; Cezar, HRA; *et al.* 2018. Vertebrados silvestres atropelados na rodovia BR-230, Paraíba, Brasil. *Pubvet*, 12(1), 17.
- Ree, RVD; Tonjes, S; Weler, C. 2015. Ensuring the completed road Project is designed, built and operated as intended. In: Ree, RVD; Smith, DJ; Grilo, C. 2015. (Ed.) *Handbook of Road Ecology*, Wiley Online Library, cap. 9, p. 65-70. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781118568170.ch9>. Acesso em: 11 ago. 2020.

- Reis, NR; Peracchi, AL; Fregonezi, MN; Rossaneis, BK. 2010. *Mamíferos do Brasil: guia de identificação*. Rio de Janeiro: Technical Books, 560p.
- Rezende, EN; Coelho, HA. 2015. Impactos ambientais decorrentes da construção de estradas e suas consequências na responsabilidade civil. *RVMD*, Brasília, 9(2), 155-180.
- Ripley, BD. 1981. *Statistical Inference for Spatial Processes*. John Wiley & Sons, New York, 148p.
- Ruschel, AR. 2008. Dinâmica da composição Florística e do crescimento de uma floresta explorada há 18 anos na Flona Tapajós, PA. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 57p.
- Rytwinski, T; Soanes, K; Jaeger, JAG; Fahrig, L; Findlay, CS; Houlahan, J; *et al.* 2016. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta-analysis. *Plos One*, 11: e0166941.
- Sampaio, R; Lima, AP; Magnusson, WE; Peres, CA. 2010. Long-term Persistence of Midsized to Large-bodied Mammals in Amazonian Landscapes Under Varying Contexts of Forest Cover. *Biodiversity Conservation*. 19: 2421-2439.
- Santos, SM; Carvalho, F; Mira, A. 2011. How long do the dead survive on the road? Carcass persistence probability and implications for road-kill monitoring surveys. *Plos One*, 6: e25383.
- Santos, RAL; Figueiredo, AP; Guilam, CM. 2011. Definição dos pontos críticos de atropelamento de fauna silvestre em cinco unidades de conservação no Distrito Federal: In *anais do Road Ecology Brazil*. Universidade Federal de Lavras, MG, Brasil.
- Secco, H; Ratton, P; Castro, E; da Lucas, PS; Bager, A. 2014. Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a brazilian road. *Tropical Conservation Science*, 7(3), 561-571.

- Secco, H; Gomes, LA; Lemos, H; Mayer, F; Machado, T; Guerreiro, M; *et al.* 2017. Road and landscape features that affect bat roadkills in southeastern Brazil. *Oecologia Australis*, 21(3), 326-336.
- Seiler, A. 2003. *The toll of the automobile: Wildlife and roads in Sweden*. Tese (Doutorado) - Department of Conservation Biology Uppsala, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Suécia.
- Silva, JNM; Carvalho, JOP; Lopes, JCA. 1985. Inventário florestal de uma área experimental na Floresta Nacional do Tapajós. *Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo*, 10: 38-110.
- Silva, DE; Corrêa, LLC; Oliveira, SV; Cappellari, LH. 2013. Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias na região central do Rio Grande do Sul – Brasil. *Revista de Ciências Ambientais*, Canoas, 7(1), ISSN 1981-8858.
- Souza, AP; Casavecchia, BH; Stangerlin, DM. 2012. Avaliação dos riscos de ocorrência de incêndios florestais nas regiões Norte e Noroeste da Amazônia Matogrossense. *Scientia Plena*, 8(5), 1 – 14.
- Souza, VE; Somavilla, JP; Oliveira, JS; Schalleberger, LF; Buriol, GA; Dominges, AL. 2017. Animais atropelados em um trecho da rodovia BR – 158, região central do Rio Grande do Sul. *Disciplinarum Scientia*, 18(2), 265 – 276.
- Teixeira, Fernanda, Z.; Coelho, Igor, P.; Esperandio, Isadora, B.; Oliveira, Nicole Rosa; Peter, Flávia Porto; Dornelles, Sidnei S; *et al.* 2013. Are road-kill hotspots coincidente among diferente vertebrate groups? *Oecologia Australis*, 17(1), 36-47.
- Turci, LCB; Bernarde, PS. 2009. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Revista Biotemas*, Florianópolis, 22(1), 121-127.
- Trombulak, SC; Frissel, CA. 2000. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology*, 14(1), 18-30

Van Der Grift, EA; Ree, RVD; Fahrig, L; Findlay, S; Houlahan, J; Jaeger, JAG; et al. 2013.

Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation*, 22: 425-448.

Valadão M; Bastos, LF; Castro, CP. 2018. Atropelamento de vertebrados silvestres em quatro rodovias no Cerrado, Mato Grosso, Brasil. *Multi-Science Journal*, 1(12), 62-74.

## ANEXO



## INSTRUÇÕES AOS AUTORES

ISSN 0044-5967 versão impressa

Como parte do processo de submissão, os autores devem verificar a conformidade da submissão em relação a todos os itens listados a seguir. Submissões que não estejam de acordo com as normas são devolvidas aos autores.

1. O tamanho máximo de um arquivo individual deve ser 2 MB.
2. O manuscrito deve ser acompanhado de uma carta de submissão indicando que: a) os dados contidos no trabalho são originais e precisos; b) que todos os autores participaram do trabalho de forma substancial e estão preparados para assumir responsabilidade pública pelo seu conteúdo; c) a contribuição apresentada à Revista não foi previamente publicada e nem está em processo de publicação, no todo ou em parte em outro veículo de divulgação. A carta de submissão deve ser carregada no sistema da Acta Amazonica como "documento suplementar".
3. **Os manuscritos devem ser escritos em inglês.** A veracidade das informações contidas numa submissão é de responsabilidade exclusiva dos autores.
4. A extensão máxima para artigos e revisões é de 30 páginas (ou 7500 palavras, excluindo a folha de rosto), dez páginas (2500 palavras) para Notas Científicas e cinco páginas para outros tipos de contribuições.
5. Os manuscritos formatados conforme as Instruções aos Autores são enviados aos editores associados para pré-avaliação. Neste primeiro julgamento são levados em consideração a relevância científica, a inteligibilidade do manuscrito e o escopo no

contexto amazônico. Nesta fase, contribuições fora do escopo da Revista ou de pouca relevância científica são rejeitadas. Manuscritos aprovados na pré-avaliação são enviados para revisores (pelo menos dois), especialistas de instituições diferentes daquelas dos autores, para uma análise mais detalhada.

6. A aprovação dos manuscritos está fundamentada no conteúdo científico e na sua apresentação conforme as Normas da Revista.

7. Os manuscritos que necessitam correções são encaminhados aos autores para revisão. A versão corrigida deve ser encaminhada ao Editor, via sistema da Revista, no prazo de DUAS semanas. Uma carta de encaminhamento deve ser também carregada no sistema da Revista, detalhando as correções efetuadas. Nessa carta, recomendações não incorporadas ao manuscrito devem ser explicadas. Todo o processo de avaliação pode ser acompanhado no endereço, <http://mc04.manuscriptcentral.com/aa-scielo>.

8. Seguir estas instruções para preparar e carregar o manuscrito:

a. Folha de rosto (Title page): Esta página deve conter o título, nomes (com último sobrenome em maiúscula), endereços institucionais completos dos autores e endereço eletrônico do autor correspondente. Os nomes das instituições não devem ser abreviados. Usar um asterisco (\*) para indicar o autor correspondente.

**Carregar este arquivo selecionando a opção: "Title page"**

b. Corpo do manuscrito (main document). O corpo do manuscrito deve ser organizado da seguinte forma: Título, Resumo, Palavras-Chave, Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Bibliografia Citada, Legendas de figuras e Tabelas. Além do “main document” em inglês, o manuscrito deve ter “Título, Resumo e Palavras-chave” em português ou espanhol .

**Carregar este arquivo como "Main document".**

c. Figuras. São limitadas a sete em artigos. Cada figura deve ser carregada em arquivo separado e estar em formato gráfico (JPG ou TIFF). Deve ser em alta qualidade e com resolução de 300 dpi. Para ilustrações em bitmap, utilizar 600 dpi.

**Carregar cada um destes arquivos como "Figure".**

d. Tabelas. São permitidas até cinco tabelas por artigo. Utilizar espaço simples e a função "tabela" para digitar a tabela. As tabelas devem ser inseridas ao final do corpo do manuscrito (main document), após as legendas das figuras.

9. As Notas Científicas são redigidas separando os tópicos: Introdução, Material e Métodos, Resultados, Discussão e Conclusões em parágrafos, mas sem incluir os títulos das seções. Os outros tópicos da Nota Científica devem seguir o formato do artigo completo. São permitidas até três figuras e duas tabelas. Carregar as diferentes partes do manuscrito como descrito no Item 8.

10. Nomes dos autores e endereço institucional completo, incluindo endereço

electrónico DEVEM ser cadastrados no sistema da Revista no ato da submissão.

11. **IMPORTANTE:** Os manuscritos não formatados conforme as Normas da Revista NÃO são aceitos para publicação.

## **FORMATO E ESTILO**

12. Os manuscritos devem ser preparados usando editor de texto (e.g. doc ou docx), utilizando fonte "Times New Roman", tamanho 12 pt, espaçamento duplo, com margens de 3 cm. As páginas e as linhas devem ser numeradas de forma contínua. Para tabelas ver Item 8d.

13. Título. Justificado à esquerda, com a primeira letra maiúscula. O título deve ser conciso evitando-se o uso de nomes científicos.

14. Resumo. Deve conter até 250 palavras (150 palavras no caso de Notas Científicas). Iniciar o Resumo com uma breve introdução, logo a seguir informar os objetivos de forma clara. De forma sucinta informar a metodologia, os resultados e as conclusões enfatizando aspectos importantes do estudo. O resumo deve ser autossuficiente para a sua compreensão. Os nomes científicos das espécies e demais termos em latim devem ser escritos em itálico. Siglas devem ser evitadas nesta seção; porém, se necessárias, o significado deve ser incluído. Não utilizar referências bibliográficas no resumo.

15. Palavras-chave. Devem ser em número de quatro a cinco. Cada palavra-chave pode conter dois ou mais termos. Porém, não devem ser repetidas palavras utilizadas no título.

16. Introdução. Enfatizar o propósito do trabalho e fornecer, de forma sucinta, o estado do conhecimento sobre o tema em estudo. Especificar claramente os objetivos ou hipóteses a serem testados. Esta seção não deve exceder de 35 linhas. Não incluir resultados ou conclusões e não utilizar subtítulos na Introdução. Encerrar esta seção com os objetivos.

17. Material e Métodos. Esta seção deve ser organizada cronologicamente e explicar os procedimentos realizados, de tal modo que outros pesquisadores possam repetir o estudo. O procedimento estatístico utilizado deve ser descrito nesta seção. O tipo de análise estatística aplicada aos dados deve ser descrita. Procedimentos-padrão devem ser apenas referenciados. As unidades de medidas e as suas abreviações devem seguir o Sistema Internacional e, quando necessário, deve constar uma lista com as abreviaturas utilizadas. Equipamento específico utilizado no estudo deve ser descrito (modelo, fabricante, cidade e país de fabricação, entre parênteses). Por exemplo: "A fotossíntese foi determinada usando um sistema portátil de trocas gasosas (Li-6400, Li-Cor, Lincoln, NE, USA)". Material testemunho (amostra para referência futura) deve ser depositado em uma ou mais coleções científicas e informado no manuscrito. NÃO utilizar sub-títulos nesta seção. Utilizar negrito, porém não itálico ou letras maiúsculas para os subtítulos.

18. Aspectos éticos e legais. Para estudos que exigem autorizações especiais (e.g. Comitê de Ética/Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - CONEP, IBAMA, SISBIO,

CNPq, CNTBio, INCRA/FUNAI, EIA/RIMA, outros) informar o número do protocolo e a data de aprovação. É responsabilidade dos autores o cumprimento da legislação específica relacionada a estes aspectos.

19. Resultados. Os resultados devem apresentar os dados obtidos com o mínimo julgamento pessoal. Não repetir no texto toda a informação contida em tabelas e figuras. Não apresentar a mesma informação (dados) em tabelas e figuras simultaneamente. Não utilizar sub-subtítulos nesta seção. Algarismos devem estar separados de unidades. Por exemplo, 60 °C e NÃO 60° C, exceto para percentagem (e.g., 5% e NÃO 5 %).

**Unidades:** Utilizar unidades e símbolos do Sistema Internacional e simbologia exponencial. Por exemplo,  $\text{cmol kg}^{-1}$  em vez de  $\text{meq/100g}$ ;  $\text{m s}^{-1}$  no lugar de  $\text{m/s}$ . Use espaço no lugar de ponto entre os símbolos:  $\text{m s}^{-1}$  e não  $\text{m.s}^{-1}$ ; use “-” e não “-” para indicar número negativo. Por exemplo: -2 no lugar de -2. Use  $\text{kg}$  e não  $\text{Kg}$ ;  $\text{km}$  no lugar de  $\text{Km}$ .

20. Discussão. A discussão deve ter como alvo os resultados obtidos. Evitar mera especulação. Entretanto, hipóteses bem fundamentadas podem ser incorporadas. Apenas referências relevantes devem ser incluídas.

21. Conclusões. Esta seção (um parágrafo) deve conter uma interpretação sucinta dos resultados e uma mensagem final que destaque as implicações científicas do trabalho.

22. Agradecimentos devem ser breves e concisos. **Incluir agência(s) de fomento.** NÃO abreviar nomes de instituições.

23. Bibliografia Citada. Pelo menos 70% das referências devem ser artigos de periódicos científicos. As referências devem ser preferencialmente dos últimos 10 anos, evitando-se exceder 40 citações. Esta seção deve ser organizada em ordem alfabética e deve incluir apenas citações mencionadas no manuscrito. Para referências com mais de dez autores, relacionar os seis primeiros seguido de *et al.* Nesta seção, o título do periódico NÃO deve ser abreviado. Observar os exemplos abaixo:

**a) Artigos de periódicos:**

Villa Nova, N.A.; Salati, E.; Matsui, E. 1976. Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica. *Acta Amazonica*, 6: 215-228.

**Artigos de periódicos que não seguem o sistema tradicional de paginação:**

Ozanne, C.M.P.; Cabral, C.; Shaw, P.J. 2014. Variation in indigenous forest resource use in Central Guyana. *PLoS ONE*, 9: e102952.

**b) Dissertações e teses:**

Ribeiro, M.C.L.B. 1983. *As migrações dos jaraquis (Pisces: Prochilodontidae) no rio Negro, Amazonas, Brasil.* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/ Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 192p.

**c) Livros:**

Steel, R.G.D.; Torrie, J.H. 1980. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2da ed. McGraw-Hill, New York, 633p.

**d) Capítulos de livros:**

Absy, M.L. 1993. Mudanças da vegetação e clima da Amazônia durante o Quaternário. In: Ferreira, E.J.G.; Santos, G.M.; Leão, E.L.M.; Oliveira, L.A. (Ed.). *Bases científicas para estratégias de preservação e desenvolvimento da Amazônia*. v.2. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, p.3-10.

**e) Citação de fonte eletrônica:**

CPTEC, 1999. Climanalise, 14: 1-2 ([www.cptec.inpe.br/products/climanalise](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise)). Acesso em 19/05/1999.

**f) Citações com mais de dez autores:**

Tseng, Y.-H.; Kokkotou, E.; Schulz, T.J.; Huang, T.L.; Winnay, J.N.; Taniguchi, C.M.; *et al.* 2008. New role of bone morphogenetic protein 7 in brown adipogenesis and energy expenditure. *Nature*, 454:1000-1004.

24. Citações de referências no texto. As referências devem seguir ordem cronológica. Para duas ou mais referências do mesmo ano citar conforme a ordem alfabética. Exemplos:

**a) Um autor:**

Pereira (1995) ou (Pereira 1995).

**b) Dois autores:**

Oliveira e Souza (2003) ou (Oliveira e Souza 2003).

**c) Três ou mais autores:**

Rezende *et al.* (2002) ou (Rezende *et al.* 2002).

**d) Citações de anos diferentes (ordem cronológica):**

Silva (1991), Castro (1998) e Alves (2010) ou (Silva 1991; Castro 1998; Alves 2010).

**e) Citações no mesmo ano (ordem alfabética):**

Ferreira *et al.* (2001) e Fonseca *et al.* (2001); ou (Ferreira *et al.* 2001; Fonseca *et al.* 2001).

**FIGURAS**

25. Fotografias, desenhos e gráficos devem ser de alta resolução, em preto e branco com alto contraste, numerados sequencialmente em algarismos arábicos. NÃO usar tonalidades de cinza em gráficos de dispersão (linhas ou símbolos) ou gráficos de barra. Em gráfico de dispersão usar símbolos abertos ou sólidos (círculos, quadrados,



triângulos, ou losangos) e linhas em preto (contínuas, pontilhadas ou tracejadas). Para gráfico de barra, usar barras pretas, bordas pretas, barras listradas ou pontilhadas. Na borda da área de plotagem utilizar uma linha contínua e fina, porém NÃO usar uma linha de borda na área do gráfico. Em figuras compostas cada uma das imagens individuais deve ser identificada com uma letra maiúscula posicionada no canto superior direito, dentro da área de plotagem.

26. Evitar legendas desnecessárias na área de plotagem. Nos títulos dos eixos ou na área de plotagem NÃO usar letras muito pequenas (< tamanho 10 pt). Nos eixos usar marcas de escala internas. NÃO usar linhas de grade horizontais ou verticais, exceto em mapas ou ilustrações similares. O significado das siglas utilizadas deve ser descrito na legenda da figura. Cada eixo do gráfico deve ter o seu título e a unidade. Evitar muitas subdivisões nos eixos (cinco a seis seriam suficientes). Em mapas incluir escala e pelo menos um ponto cardeal.

27. As figuras devem ser elaboradas de forma compatível com as dimensões da Revista, ou seja, largura de uma coluna (8 cm) ou de uma página 17 cm e permitir espaço para a legenda. As ilustrações podem ser redimensionadas durante o processo de produção para adequação ao espaço da Revista. Na figura, quando for o caso, a escala deve ser indicada por uma barra (horizontal) e, se necessário, referenciadas na legenda da figura. Por exemplo, barra = 1 mm.

28. Citação de figuras no texto. As figuras devem ser citadas com letra inicial maiúscula, na forma direta ou indireta (entre parêntesis). Por exemplo: Figura 1 ou (Figura 1). Na legenda, a figura deve ser numerada seguida de ponto antes do título. Por exemplo: "Figura 1. Análise...". Definir na legenda o significado de símbolos e siglas usados. Figuras devem ser autoexplicativas.

29. Figuras de outras autorias. Para figuras de outras autorias ou publicadas anteriormente, os autores devem informar explicitamente no manuscrito que a permissão para reprodução foi concedida. Carregar no sistema da Revista (não para revisão), como documento suplementar, o comprovante outorgado pelo detentor dos direitos autorais.

30. Adicionalmente às figuras inseridas no sistema em formato TIFF ou JPG, os gráficos preparados usando Excel ou SigmaPlot podem ser carregados como arquivos suplementares (selecionando a opção Not for review).

31. Ilustrações coloridas. Fotografias e outras ilustrações devem ser preferencialmente em preto e branco. Ilustrações coloridas são aceitas, mas o custo de impressão é por conta dos autores. Sem custo para os autores, podem ser usadas ilustrações em preto e branco na versão impressa e coloridas na versão eletrônica. Nesse caso, isso deve ser informado na legenda da figura. Por exemplo, adicionando a sentença: " this figure is in color in the electronic version". Esta última informação é para os leitores da versão impressa.

Os autores podem ser convidados a enviar uma fotografia colorida, para ilustrar a capa da Revista. Nesse caso, não há custos para os autores.

## TABELAS

32. As tabelas devem ser organizadas e numeradas sequencialmente com algarismos arábicos. A numeração e o título (legenda) devem estar em posição superior à tabela. A tabela pode ter notas de rodapé. O significado das siglas e dos símbolos utilizados na tabela (cabeçalhos, etc.) devem ser descritos no título. Usar linhas horizontais acima e abaixo da tabela e para separar o cabeçalho do corpo da tabela. Não usar linhas verticais.

33. As tabelas devem ser elaboradas em editor de texto (e.g. doc ou docx) e não devem ser inseridas no texto como imagem (e.g. no formato JPG).

34. A citação das tabelas no texto pode ser na forma direta ou indireta (entre parêntesis), por extenso, com a letra inicial maiúscula. Por exemplo: Tabela 1 ou (Tabela 1). Na legenda, a tabela deve ser numerada seguida de ponto antes do título: Por exemplo: "Tabela 1. Análise...". Tabelas devem ser autoexplicativas.

## INFORMAÇÕES ADICIONAIS

1. A Acta Amazonica pode efetuar alterações de formatação e correções gramaticais no manuscrito para ajustá-lo ao padrão editorial e linguístico. As provas finais são enviadas aos autores para a verificação. Nesta fase, apenas os erros tipográficos e ortográficos podem ser corrigidos. Nessa etapa, NENHUMA alteração de conteúdo pode ser feita no manuscrito. Se isso for necessário o manuscrito deve retornar ao processo de avaliação.

2. A Acta Amazonica não cobra taxas para publicação. Além disso, não há pagamento de taxa para submissão e avaliação de manuscritos. Informações adicionais podem ser obtidas por e-mail [acta@inpa.gov.br](mailto:acta@inpa.gov.br). Para informações sobre um determinado manuscrito, deve-se fornecer o número de submissão.

3. As assinaturas da Acta Amazonica (versão impressa) podem ser pagas com cheque ou vale postal. Para o exterior, a assinatura institucional custa US\$ 100,00 e a assinatura individual US\$ 75,00. Para contato: [acta@inpa.gov.br](mailto:acta@inpa.gov.br). Tel.: (55 92) 3643-3643 ou fax: (55 92) 3643-3029.