



# Identificação de Áreas Críticas de Atropelamento de Fauna na Região do Parque Nacional da Serra da Capivara, Piauí

Catarina de Sá dos Santos Neta<sup>1\*</sup>, Fernanda Delborgo Abra<sup>2</sup>, Lucrecia Braz dos Santos<sup>3</sup>, Erika Paes Landim da Costa<sup>4</sup>, Milena Fiuza Diniz<sup>2</sup> e Ronaldo Gonçalves Morato<sup>5</sup>

Recebido em 02/02/2023 – Aceito em 11/10/2023

- <sup>1</sup> Universidade Estadual do Piauí/UESPI, São Raimundo Nonato/PI, Brasil. CEP: 64.770-000. <catarinadesa959@gmail.com>. \* Contato principal.
- <sup>2</sup> Center for Conservation and Sustainability, Smithsonian Conservation Biology Institute, Washington, DC, United States. ZIP CODE: 20560. <abrafa@si.edu, mifiuzadiniz@gmail.com>.
- <sup>3</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco/UNIVASF, Petrolina/PE, Brasil. CEP: 64.770-000. <lucreciabiofauna1996@gmail.com>.
- <sup>4</sup> Universidade Federal do Vale do São Francisco/UNIVASF, São Raimundo Nonato/PI, Brasil. CEP: 64.770-000. <erikapaes118@gmail.com>.
- <sup>5</sup> Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Carnívoros/CENAP, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio, Atibaia/SP, Brasil. CEP: 12.952-011. <ronaldo.morato@icmbio.gov.br>.

**RESUMO** – As rodovias desempenham um importante papel para o desenvolvimento econômico e social, porém esse tipo de empreendimento impacta negativamente o meio ambiente, gerando prejuízos para a fauna, como o efeito barreira e atropelamentos. Este trabalho teve como objetivo levantar informações sobre o impacto do atropelamento de animais silvestres monitorando duas rodovias, BR-020 e PI-140, adjacentes ao Parque Nacional da Serra da Capivara e identificar áreas críticas de atropelamentos. O monitoramento foi realizado de motocicleta desempenhando uma velocidade média de 30 a 40 km/h, em campanhas semanais de amostragem, entre os meses de julho de 2021 a junho de 2022, totalizando 96 dias. Além dos animais atropelados, também foram registrados os avistamentos de animais nas rodovias. Foram registrados 329 indivíduos de animais silvestres atropelados com uma taxa total de 0,114 animais/km/dia e, foram avistados 27 indivíduos silvestres. As cinco espécies mais afetadas foram: *Rhinella marina* (n = 69), *Galea spixii* (n = 18), *Coragyps atratus* (n = 14), *Cerdocyon thous* (n = 11) e *Oxyrhopus trigeminus* (n = 10). A taxa de atropelamentos na PI-140 foi maior que na BR-020 (W=1653, p<0.05) e durante a estação chuvosa foi registrado um número maior de atropelamentos (W = 507, p<0.05). A análise de agregação dos atropelamentos considerando todos os animais silvestres na BR-020 apresentou 16 *clusters*, enquanto na PI-140 foram detectados 18 *clusters*. Esses resultados podem contribuir e auxiliar na tomada de decisão para implementação de medidas de mitigatórias mostrando quais são os trechos das rodovias mais prioritários.

**Palavras-chave:** Atropelamento; caatinga; fauna; unidade de conservação; Piauí.

## Identification of Critical Zones of Wildlife Road Mortality in the Serra da Capivara National Park Region, Piauí

**ABSTRACT** – Highways play an important role in economic and social development, but this type of project has a negative impact on the environment, causing damage to wildlife, such as the barrier effect and road mortality. This work aimed to gather information about the impact of roadkill on wild animals by monitoring two highways, BR-020 and PI-140, adjacent to the Serra da Capivara National Park and identifying critical areas of roadkill. The monitoring was carried out on a motorcycle at an average speed of 30 to 40 km/h, in weekly sampling campaigns, between July 2021 and June 2022, totaling 96 days. In addition to the wildlife road mortality, sightings of animals on the highways were also recorded. 329 individuals of wild dead animals were registered with a total rate of 0.114 animals/km/day, and 27 wild individuals were sighted. The five most affected species were: *Rhinella marina* (n = 69), *Galea spixii* (n = 18), *Coragyps atratus* (n = 14), *Cerdocyon thous* (n = 11) and *Oxyrhopus trigeminus* (n = 10). The roadkill rate on PI-140 was higher than on BR-020 (W = 1653, p<0.05), and during the rainy season, a higher number of roadkill were recorded (W = 507, p<0.05).

Aggregation analysis of roadkill considering all wild animals on BR-020 showed 16 clusters, while on PI-140, 18 clusters were detected. These results can contribute and help in decision-making for the implementation of mitigation measures, showing which are the most priority stretches of highways.

**Keywords:** Roadkill; caatinga; wildlife; unit conservation; Piauí.

## Identificación de Áreas Críticas de Atropello de Fauna en la Región del Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí

**RESUMEN** – Las carreteras juegan un papel importante en el desarrollo económico y social, pero este tipo de proyectos tienen un impacto negativo en el medio ambiente, causando daños a la fauna, como el efecto barrera y el atropello de peatones. Este trabajo tuvo como objetivo recopilar información sobre el impacto de los atropellos en los animales salvajes mediante el monitoreo de dos carreteras, BR-020 y PI-140, adyacentes al Parque Nacional Serra da Capivara e identificando áreas críticas de atropellos. El monitoreo se realizó en una motocicleta a una velocidad promedio de 30 a 40 km/h, en campañas de muestreo semanales, entre julio de 2021 y junio de 2022, totalizando 96 días. Además de los animales atropellados, también se registraron avistamientos de animales en las carreteras. Se registraron 329 individuos de animales silvestres atropellados con una tasa total de 0,114 animales/km/día, y se avistaron 27 individuos silvestres. Las cinco especies más afectadas fueron: *Rhinella marina*, (n = 69), *Galea spixii* (n = 18), *Coragyps atratus*, (n = 14), *Cerdocyonthys*, (n = 11) y *Oxyrhopus trigeminus* (n = 10). La tasa de atropellos en PI-140 fue mayor que en BR-020 ( $W=1653$ ,  $p<0,05$ ) y durante la temporada de lluvias se registró un mayor número de atropellos ( $W = 507$ ,  $p<0,05$ ). El análisis de agregación de atropellos considerando todos los animales salvajes en BR-020 mostró 16 grupos, mientras que en PI-140 se detectaron 18 grupos. Estos resultados pueden contribuir y ayudar en la toma de decisiones para la implementación de medidas de mitigación, mostrando cuáles son los tramos de carreteras más prioritarios.

**Palabras clave:** Atropellar; caatinga; fauna; unidad de conservación; Piauí.

## Introdução

Nas regiões tropicais a perda de biodiversidade é intensa e vem sendo amplamente modificada por atividades humanas, incluindo a expansão de áreas urbanas, agricultura e rede de transporte (Gibbs et al., 2010; Foley et al., 2011; Laurence, 2014). As rodovias, apesar de terem grande relevância para o desenvolvimento da sociedade (Bandeira e Floriano, 2004), têm o potencial de causar grandes impactos ambientais (Cunha e Guerra, 2000). Na fase de instalação existe perda de vegetação natural e fragmentação dos ambientes terrestres e aquáticos, compactação e pavimentação do solo; e, na operação do empreendimento, são gerados outros impactos como poluição hídrica, do ar e sonora (Lauxen, 2012; Lesbarres e Fahrig, 2012). Especificamente para a fauna silvestre são contabilizados dois impactos principais: i) a morte direta por atropelamento (Lesbarres e Fahrig, 2012; Abra et al., 2021); e ii) o efeito barreira, provocado pelas perturbações causadas pela presença e operação da rodovia (por ex. iluminação artificial, ruído, temperatura do pavimento) (Nellemann et al., 2001; Vistnes et al., 2004; Lesbarrès e Fahrig, 2012).

Sabe-se que os atropelamentos são influenciados por algumas variáveis como as características das rodovias, incluindo densidade rodoviária na área de estudo, volume de tráfego, além de estrutura de paisagem, proximidade com áreas protegidas, corpos d'água e sazonalidade climática (Santos, Rosa e Bager, 2012; Freitas et al., 2015; Abra et al., 2019). O atropelamento de indivíduos em rodovias tem o potencial de alterar a dinâmica populacional de animais silvestres (Steen e Gibbs, 2004) criando sumidouros de populações locais (Nielsen et al., 2006), o que pode modificar a estrutura e a funcionalidade de comunidades e ecossistemas próximos às rodovias (Trombulak e Frissell, 2000). Segundo Guimer-Costa e Sperber (2009), quando se trata de atropelamentos em rodovias dentro e no entorno de unidades de conservação (UCs), o problema se torna ainda maior, já que estas áreas constituem refúgios naturais para a fauna e muitas delas abrigam espécies ameaçadas de extinção (Lima e Obara, 2004). Portanto, estudos próximos a essas áreas são fundamentais, haja vista que podem contribuir muito para o desenvolvimento de planos de manejo das áreas protegidas.

Com a caracterização dos animais atropelados e seus pontos de agregação de atropelamentos ao longo das rodovias, é possível traçar recomendações de medidas mitigatórias (Casella e Goulart, 2012; Carvalho et al., 2015). Os trechos com o maior índice de mortalidade da fauna podem indicar onde deve haver a implementação de medidas que possam reduzir os atropelamentos e permitir a conectividade entre populações, colaborando para a conservação das espécies no ambiente. Além disso, algumas medidas podem ser de alto custo e, por isso, devem ser bem planejadas visando à melhor relação custo-benefício (Teixeira et al., 2013). Outra questão importante é a compreensão da influência da sazonalidade nos padrões de mortalidade da fauna. Alguns estudos já constataram que há uma relação entre a sazonalidade e a mortalidade de fauna nas estradas (Carvalho e Mira 2011; Morelle, et al., 2013; Abra et al., 2021). Mas exclusivamente por meio do monitoramento de fauna atropelada é que se torna possível indicar os locais que precisam de medidas de mitigação e definir qual a melhor medida a ser aplicada, de acordo com o grupo de animais atingidos (Taylor e Goldingay, 2010; Smith e Dodd, 2003).

Nesse sentido, o presente estudo é de extrema relevância, uma vez que é pioneiro em entender e quantificar a fauna atropelada, as áreas críticas de atropelamento e fatores associados aos atropelamentos no entorno do Parque Nacional da Serra da Capivara (PNSC), Piauí. Por meio desse diagnóstico, será possível traçar diretrizes tanto para a gestão do PNSC, quanto para agências de transporte nos âmbitos federais e estaduais. Considerando a importância ambiental da região e a ausência de estudos que avaliem o impacto das rodovias BR-020 e PI-140 ao longo do PNSC, tivemos como objetivos: (1) avaliar o impacto das rodovias sobre a fauna silvestre em áreas próximas ao PNSC, estimando o número de animais silvestres atropelados nas duas rodovias; (2) compreender a espacialização dos animais atropelados por grupos faunísticos; (3) verificar se há variação sazonal dos atropelamentos de animais silvestres, e; (4) identificar se a estrutura da paisagem próxima às rodovias influencia nos atropelamentos.

A partir do exposto, as hipóteses desta pesquisa são: a) há diferença de atropelamento (e.g. espacial e temporal) da fauna entre as rodovias BR-020 e PI-140, considerando o maior

fluxo na rodovia PI-140 e pela localização no corredor Capivara-Confusões. Segundo (Garriga et al., 2012), o quantitativo de fauna atropelada está correlacionado com o *status* de conservação da área, pois quanto maior o nível de proteção de uma UC ou da área estudada, maior o número de animais atropelados. Além disso, o aumento no tráfego próximo às UCs é provavelmente um fator que influencia fortemente no aumento das taxas de atropelamento; b) durante a estação chuvosa, o índice de atropelamento da fauna silvestre é maior do que na estação seca. De acordo com Miranda e colaboradores (2017), o período chuvoso apresenta uma maior disponibilidade de recurso alimentar e maior locomoção dos animais, o que pode resultar em maiores taxas de atropelamento.

## Materiais e Métodos

### Área de estudo

O estudo foi realizado em duas rodovias (BR-020 e PI-140), ambas localizadas na área de influência do PNSC, ao sul do estado do Piauí. Dois trechos foram considerados: o trecho da rodovia PI-140 (23L 752786 9005924; 23L 744679 9032100), no município de São Raimundo Nonato/PI, e o trecho da rodovia BR-020 (23L 754828 9004857; 23L 777470 9023713), que liga o município de São Raimundo Nonato/PI ao município de Coronel José Dias/PI (Fig. 1). A rodovia BR-020 corta o PNSC e a PI-140 é imediatamente adjacente a essa UCs.

O PNSC possui uma área de 100.764,19 ha de superfície, com 195,77 km de perímetro e está localizado no sudeste do estado do Piauí, ocupando parte dos municípios de São Raimundo Nonato, João Costa, Brejo do Piauí e Coronel José Dias. As suas principais vias de acesso são a rodovia BR-020 e PI-140 (Fumdhm/lphan, 2006). A distância que o separa da capital do estado, Teresina/PI, é de 530 km.

O clima da região é classificado como semiárido, com uma temperatura média anual de 28°C. A região apresenta um período sazonal chuvoso com início em outubro até metade de abril categorizando o “inverno”, sendo que esse período pode começar mais tarde ou finalizar antes, e possui ainda os meses do período seco que corresponde geralmente ao período de maio a setembro (Fumdhm, 1998).

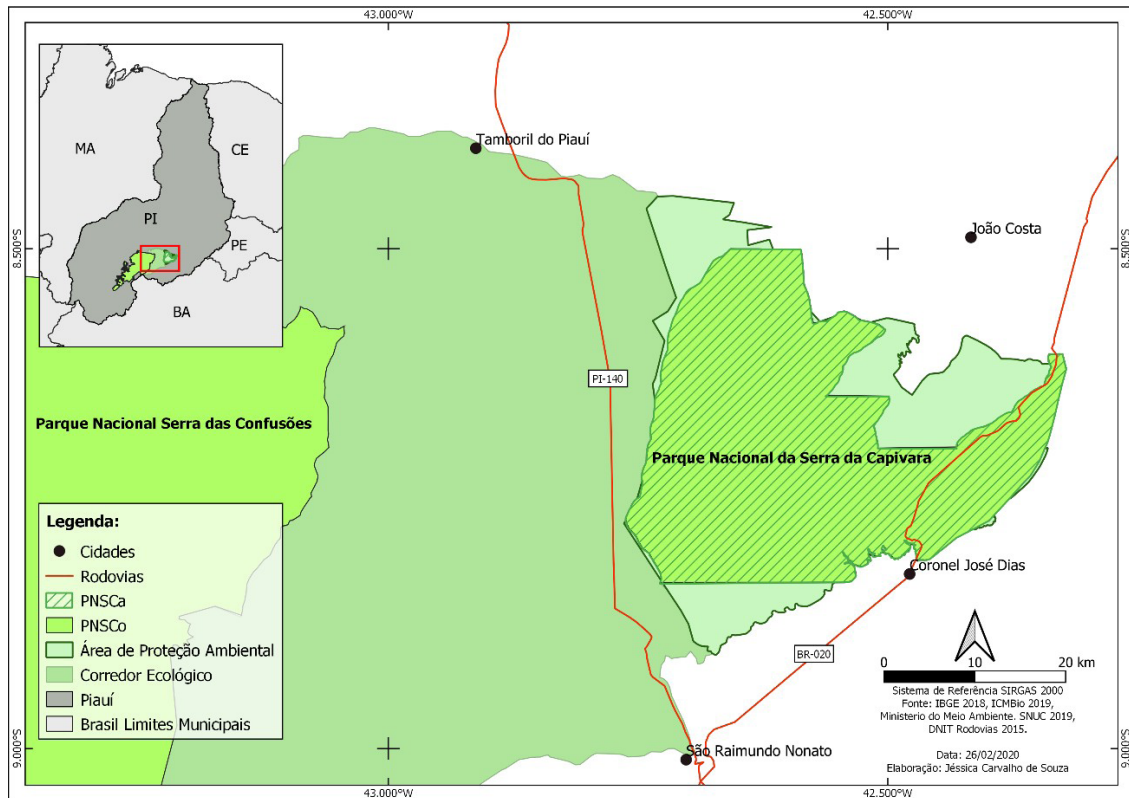


Figura 1 – Área de estudo contendo as duas rodovias estudadas: BR-020 e PI-140. Os trechos avaliados são localizados ao sul do Parque Nacional Serra da Capivara, estado do Piauí.

Fonte: IBGE 2018, ICMBio, 2019, SNUC 2019, DNIT Rodovias 2015.

Elaboração: Jéssica de Sousa.

A classe de vegetação predominante na área do PNSC é a caatinga arbustiva, mas ocorrem também ilhas de floresta tropical úmida que se conservam em boqueirões estreitos entre paredões de arenito. Na estação chuvosa ocorre uma surpreendente exuberância de flores e tonalidades verdes. Já no período seco, as folhas da maior parte das espécies amarelam e caem, transformando a paisagem numa floresta de troncos cinza (Fumdam, 1998).

O PNSC apresenta uma grande biodiversidade de fauna sendo conhecidas 236 espécies de aves, 19 de lagartos, 17 serpentes, 17 anfíbios e 56 espécies de mamíferos (Pessis et al., 2014). Das espécies de mamíferos com ocorrência para o PNSC, temos, segundo o ICMBio (2019) cinco espécies de mamíferos ameaçadas em nível local, sendo eles: gato-do-mato-pequeno (*Leopardus tigrinus*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*), onça-pintada (*Panthera onca*), onça-parda (*Puma concolor*), tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*).

## Coletas de dados

O monitoramento da fauna atropelada foi realizado durante os meses de julho de 2021 a junho de 2022. Foram realizadas 96 amostragens, totalizando 2.880 km percorridos. Para cada campanha de monitoramento dos trechos das rodovias foi utilizada uma motocicleta a uma velocidade média de 30 a 40 km/h transportando dois observadores – o piloto e um assistente de campo que auxiliou no registro das informações.

A cada monitoramento foram percorridos 60 km, sendo 30 km de inspeção em cada faixa de rolamento da rodovia e com o registro de todas as carcaças no sentido da via percorrida (durante a ida). Tal monitoramento foi realizado duas vezes por semana, sendo uma vez em cada rodovia com início às 5h30 da manhã. A ordem dos monitoramentos das rodovias foi alternada a cada semana para que os dados fossem coletados igualmente em ambas as vias.

Para cada animal atropelado avistado foram registradas as informações de data, hora, nome da rodovia, o nome popular e científico da espécie, coordenadas geográficas e registro fotográfico, conforme sugerido por Abra e et al. (2019). A identificação desses animais foi feita por meio das fotografias das carcaças, com a ajuda de guias e de especialistas. Após o registro, as carcaças eram removidas da pista, para evitar recontagem e para não atrair a presença de outros animais carniceiros.

### Análise de dados

Para o cálculo das taxas de atropelamento, com dados dos 12 meses de pesquisa, foi utilizada a fórmula recomendada por Rosa et al. (2012):

$$TA_d = [ (N/Km/dia) ]$$

Onde: TAd = Taxa de atropelamento diária, N = número de atropelamentos registrados, km = quilometragem do trecho amostrado e dia = número de dias de amostragem.

Para a comparação da taxa de atropelamento entre as duas rodovias e diferenças sazonais (estação seca vs. chuvosa), foi realizado o teste de comparação de duas médias não paramétrico *Mann-Whitney*, considerando que as amostras não apresentaram distribuição normal (*teste de Shapiro-Wilk*  $p < 0.05$ ).

As análises de distribuição espacial dos atropelamentos foram realizadas no *software* KDE+ v2.3 (Bíl et al., 2016). Para identificar as zonas de agregação, o KDE+ utiliza uma estimativa de densidade de Kernel para encontrar os agrupamentos significativos de ocorrências de óbitos, além de um método de hierarquização das agregações de fatalidades. Informações mais detalhadas acerca da estatística intrínseca ao método podem ser encontradas em Bíl e colaboradores (2013).

As análises foram realizadas com precisão de dados de GPS e largura de banda igual a 100 e 800 simulações de Monte Carlo (padrão da plataforma). As agregações foram divididas em cinco classes de criticidade utilizando o método de Jenks (Muito alta, Alta, Média, Baixa e Muito baixa). Foram analisadas as agregações de atropelamentos para animais silvestres em geral e separadamente para as classes de mamíferos, anfíbios, répteis e aves.

Para avaliar o efeito da estrutura da paisagem na ocorrência de atropelamentos, modelos de regressão logística foram construídos para cada uma das quatro classes taxonômicas de vertebrados (Amphibia, Aves, Mammalia e Reptilia). Os registros de fatalidades e os avistamentos em ambas as rodovias foram usados como dados de presenças e um número correspondente de pontos de pseudo-ausências para cada grupo foram gerados aleatoriamente ao longo das rodovias. Para cada ponto de presença/pseudo-ausência foi estabelecido um *buffer* de 1 km para a caracterização da paisagem no entorno. As variáveis descrevendo a estrutura (composição e configuração) da paisagem foram extraídas a partir do mapa de cobertura e uso do solo para o ano de 2021 disponibilizado pelo projeto MapBiomas v. 7.0 (MapBiomas 2022). A composição foi representada pela área relativa (%) do *buffer* ocupada pelas seguintes classes de cobertura do solo: floresta, savana, área natural não florestal, água, agropecuária e área não vegetada. A distribuição espacial (i.e., a configuração) do *habitat* de savana (a classe de vegetação nativa predominante na área de estudo) foi avaliado através do índice de agregação. Todas as análises espaciais foram realizadas no *software* R 4.1 (R Core Team 2021) utilizando os pacotes 'raster', 'rgeos' e 'landscapemetrics' (Hijmans 2021; Bivand e Rundel 2021; Hesselbarth et al., 2019).

Três grupos de modelos foram construídos: (i) incluindo apenas uma variável preditiva por vez; (ii) combinando pares de variáveis não correlacionadas ( $-0.6 \geq r \geq 0.6$ ); e (iii) considerando os mesmos pares não correlacionados em (ii) e a interação entre eles. Um modelo nulo contendo apenas uma constante (intercepto = 1) como variável independente também foi incluído para representar fatores não avaliados pelo presente estudo. Após a construção dos conjuntos de modelos lineares generalizados (todos assumindo uma distribuição binomial), foi realizada uma seleção de modelo usando o Critério de Informação de Akaike com correção para amostras pequenas (AICc; Burnham e Anderson 2002). O peso AICc (wAICc) e a razão de evidência foram usados para a classificação e avaliação de desempenho dos modelos. Modelos com  $\Delta AICc \leq 2,0$  são considerados igualmente plausíveis. Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software* R 4.1 (R Core Team 2021) usando o pacote 'AICcmodavg'.

## RESULTADOS

### Taxa total de atropelamentos

Foram registrados 329 indivíduos de animais silvestres atropelados distribuídos em 15 ordens, 22 famílias e 43 espécies ao longo de 2.880 km monitorados em 96 dias amostrais. Entre os animais avistados, foram registrados 27

indivíduos (Tabela 1). A espécie mais registrada foi sapo-cururu (*Rhinella marina*) com 69 registros, seguido do preá (*Galea spixii*) com 18 registros, urubu-preto (*Coragyps atratus*) com 14 registros, cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) com 11 registros e logo após as espécies cobra-falsa-coral (*Oxyrhopus trigeminus*) e cobra-preta (*Pseudoboa nigra*) ambas com 10 registros cada.

Tabela 1 – Número e frequência de vertebrados silvestres atropelados ao longo dos trechos das Rodovias BR-020 e PI-140, estado do Piauí, Nordeste do Brasil, entre julho 2021 e junho 2022. As espécies contendo “\*” são espécies que também foram avistadas no estudo. Legenda: NI = Não identificado. Elaboração: Catarina de Sá.

Classe/Ordem/ Família	Nome científico/nome popular	Nº Ind. Atropelados BR-020 (n; %)	Nº Ind. Atropelados PI-140 (n; %)	Total Geral (n; %)
<b>Reptilia</b>				<b>94</b>
<b>Squamata</b>				
Amphisbaenidae	<i>Amphisbaenia alba</i> (Cobra-de-duas-cabeças)	(n= 3, 3,15%)	(n= 4, 1,72%)	(n= 7, 2,12%)
Boidae	<i>Boa constrictor</i> (Jiboia constritora)	(n= 1, 1,05%)	(n= 5, 2,15%)	(n= 7, 2,12%)
Boidae	<i>Epicrates assisi</i> (Jiboia-arco-íris)		(n= 3, 1,29%)	(n= 3, 0,91%)
Chelidae	Caçado sp.	(n= 2, 2,10%)	(n= 2, 0,86%)	(n= 5, 1,51%)
Colubridae	<i>Leptodeira annulata</i> (Cobra- olho-de-gato-anelada)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
Colubridae	<i>Philodryas nattereri</i> (Cobra-corre-campo)		(n= 3, 1,29%)	(n= 4, 1,21%)
Colubridae	<i>Oxybelis aeneus</i> (Cobra-Cipó)		(n= 1, 0,43%)	(n=1, 0,30%)
Colubridae	<i>Pseudoboa nigra</i> (Cobra-preta)	(n= 2, 2,10%)	(n= 8, 3,44%)	(n= 10, 3,03%)
Dipsadidae	<i>Liophis typhlus</i> (Cobra-verde)	(n= 3, 3,15%)		(n= 2, 0,60%)
Dipsadidae	<i>Oxyrhopus guibei</i> (Cobra-coral-falsa)	(n= 3, 3,15%)	(n= 2, 0,86%)	(n= 5, 1,51%)
Dipsadidae	<i>Oxyrhopus</i> sp.	(n= 3, 3,15%)	(n= 4, 1,72%)	(n= 7, 2,12%)
Dipsadidae	<i>Oxyrhopus trigeminus</i> (Cobra falsa-coral)	(n= 2, 2,10%)	(n= 8, 3,44%)	(n= 10, 3,03%)
Dipsadidae	<i>Philodryas patagoniensis</i> (Cobra-parelheira)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Dipsadidae	<i>Rodriguesophis</i> sp. (Cobra-da-terra)		(n= 2, 0,86%)	(n= 2, 0,60%)
Elapidae	<i>Micrurus ibiboboca</i> (Cobra-coral verdadeira)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Elapidae	<i>Micrurus lemniscatus</i> (Cobra-coral)	(n= 1, 1,05%)	(n= 1, 0,43%)	(n= 2, 0,60%)
Teiidae	<i>Ameivula ocellifera</i> (Calanguinho)	(n= 2, 2,10%)		(n= 2, 0,60%)
Teiidae	<i>Salvator merianae</i> (Teiú)		(n= 2, 0,86%)	(n= 2, 0,60%)
Tropiduridae	Calango sp.	(n= 2, 2,10%)	(n= 1, 0,43%)	(n= 3, 0,91%)
Tropidurida	<i>Tropidurus hispidus</i> (Calango-de-muro)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
Viperidae	<i>Bothrops erythromelas</i> (Jararaca-da-seca)	(n= 3, 3,15%)	(n= 5, 2,15%)	(n= 8, 2,43%)
Viperidae	<i>Crotalus durissus</i> (Cascavel)	(n= 1, 1,05%)	(n= 1, 0,43%)	(n= 2, 0,60%)
	Cobra N. I	(n= 3, 3,15%)	(n= 5, 2,15%)	(n= 8, 2,43%)



Classe/Ordem/família	Nome científico/nome popular	Nº Ind. Atropelados BR-020 (n; %)	Nº Ind. Atropelados PI-140 (n; %)	Total Geral (n; %)
<b>Aves</b>				<b>83</b>
<b>Accipitriformes</b>				
Accipitridae	<i>Gampsonyx swainsonii</i> (Gaviãozinho)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
<b>Apodiformes</b>				
Trochilidae	<i>Eupetomena macroura</i> (Beija-flor-tesoura)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
<b>Caprimulgiformes</b>				
Caprimulgidae	<i>Hydropsalis parvula</i> (Bacurau-chintã)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
<b>Cathartiformes</b>				
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i> (Urubu-preto)	(n= 8, 8,42%)	(n= 6, 2,58%)	(n= 14, 4,25%)
<b>Columbiformes</b>				
Columbidae	<i>Columbina picui</i> (Rolinha-picui)		(n= 3, 1,29%)	(n= 3, 0,91%)
Columbidae	<i>Coccyzus americanus</i> (Papa-lagarta-de-asa-vermelha)		(n= 1, 0,43%)	(n= 2, 0,60%)
<b>Cuculiformes</b>				
Cuculidae	<i>Coccyzus melacoryphus</i> (Papa-lagarta-acanelado)	(n= 1, 1,05%)	(n= 1, 0,43%)	(n= 2, 0,60%)
Cuculidae	<i>Crotophaga ani</i> (Anu-preto)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
<b>Galbuliformes</b>				
Bucconidae	* <i>Nystalus maculatus</i> (Rapazinho-dos-velho)	(n= 1, 1,05%)	(n= 2, 0,86%)	(n= 3, 0,91%)
<b>Gruiformes</b>				
Rallidae	* <i>Porphyrio Martinica</i> (Frango-d'água-azul)			
<b>Passeriformes</b>				
Emberizidae	<i>Coryphospingus pileatus</i> (Tico-tico-rei-cinza)	(n= 1, 1,05%)	(n= 2, 0,86%)	(n= 3, 0,91%)
Thamnophilidae	* <i>Sakesphoroides cristatus</i> (Choca-do-nordeste)	(n= 1, 1,05%)		(n= 1, 0,30%)
Thamnophilidae	<i>Taraba major</i> (Choró-boi)	(n= 1, 1,05%)	(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Thraupidae	<i>Paroaria dominicana</i> Cardeal-do-nordeste		(n= 2, 0,86%)	(n= 2, 0,60%)
Strigidae	*Coruja N. I		(n=2, 0,86%)	(n= 2, 0,60%)
Ave N. I		(n=10, 10,52%)	(n=36, 15,51%)	(n= 46, 13,98%)
<b>Amphibia</b>				<b>79</b>
<b>Anuro</b>				
Bufo	<i>Rhinella granulosa</i> (Sapo-cururu-pequeno)	(n= 4, 4,21%)	(n= 3, 1,29%)	(n= 7, 2,12%)
Bufo	* <i>Rhinella marina</i> (Sapo-cururu)	(n= 22, 23,15%)	(n= 48, 20,68%)	(n= 69, 20,97%)
Hyla	<i>Scinax fuscovarius</i> (Perereca-de-banheiro)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Hyla	<i>Scinax x-signatus</i> (Perereca-de-banheiro)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Phyllomedusidae	<i>Pithecopus gonzagai</i> (Perereca)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
<b>Mammalia</b>				<b>73</b>
<b>Carnivora</b>				
Canidae	<i>Cerdocyon thous</i> (Cachorro-do-mato)	(n= 3, 3,15%)	(n= 8, 3,44%)	(n= 11, 3,34%)
Mephitidae	<i>Conepatus semistriatus</i> (Gambá)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)

Classe/Ordem/família	Nome científico/nome popular	Nº Ind. Atropelados BR-020 (n; %)	Nº Ind. Atropelados PI-140 (n; %)	Total Geral (n; %)
<b>Didelphimorphia</b>				
Didelphidae	<i>Didelphis albiventris</i> (Gambá-de-orelha-branca)		(n= 9, 3,87%)	(n= 9, 2,73%)
Didelphidae	<i>Didelphis sp.</i>		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Didelphidae	<i>Gracilinanus agilis</i> (catita)		(n= 7, 3,01%)	(n= 7, 2,12%)
<b>Primates</b>				
Cebidae	* <i>Sapajus libidinosus</i> (Macaco-prego)			
<b>Rodentia</b>				
Caviidae	<i>Cavia aperea</i> (Preá)	(n= 2, 2,10%)	(n= 5, 2,15%)	(n= 5, 1,51%)
Caviidae	<i>Galea spixii</i> (Preá)	(n= 6, 6,31%)	(n= 12, 5,17%)	(n= 18, 5,47%)
Caviidae	<i>Kerodon rupestris</i> (Mocó)		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Caviidae	Roedor N. I		(n= 1, 0,43%)	(n= 1, 0,30%)
Caviidae	*Preá N. I	(n= 3, 3,15%)	(n= 8, 3,44%)	(n= 11, 3,34%)
NI	Mamífero N. I		(n= 8, 3,44%)	(n= 8, 2,43%)
<b>Total Geral</b>				<b>356</b>

Os animais atropelados foram classificados em quatro classes distintas: répteis (29%, N = 94), aves (25%, N = 83), anfíbios (24%, N = 79) e mamíferos (22%, N = 73) (Fig. 2). A taxa total de atropelamento foi de (0,114 N/km/dia) total e para as classes, separadamente, verificou-se que a maior taxa foi para répteis (0,032 N/km/dia), seguida das aves (0,028 N/km/dia), seguida de anfíbios (0,027 N/km/dia), e mamíferos (0,025 N/km/dia). Devido ao estágio avançado de decomposição de algumas carcaças, não foi possível a identificação de 68 animais a nível de espécie (nove mamíferos, 13 répteis e 46 aves). De todos os animais atropelados ou avistados, apenas o mocó (*Kerodon rupestris*), está ameaçado de extinção, na categoria (VU) no Livro Vermelho ICMBio (2018). Apesar desse status de conservação em nível nacional, cabe destacar que para a região do PNSC, essa espécie é bastante abundante, sendo facilmente encontrada em todas as áreas dessa UCs.

### Principais espécies atropeladas

Entre os répteis, a ordem Squamata representou 78% da amostragem. Desses, a cobra-

falsa-coral (*Oxyrhopus trigeminus*, n = 10) e a cobra-preta (*Pseudoboa nigra*, n = 10), ambas somaram 13%, e a cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaenia alba*, n = 7) com 9% (Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 3C). Para a classe das aves, as ordens Cathartiformes e Piciformes somaram 22% dos indivíduos atropelados. O urubu-preto (*Coragyps atratus*, n = 14) foi a espécie com maior número de atropelamentos com 17%, seguida do rapazinho-dos-velho (*Nystalus maculatus*, n = 3) com 5% dos atropelamentos (Fig. 3D e Fig. 3E).

Para o grupo de anfíbios, todos os indivíduos atropelados foram da ordem Anura, sendo a família Bufonidae a principal representante com 100% dos atropelamentos. O sapo-cururu (*Rhinella marina*, n = 69) representou 87% dos atropelamentos entre os anfíbios (Fig. 3F). Já para os mamíferos as ordens Rodentia, Carnivora e Didelphimorphia juntas, somaram 85% dos mamíferos atropelados. A espécie preá (*Galea spixii*, n = 18), representou 25% dos atropelamentos entre os mamíferos, seguida da espécie cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*, n = 11) com 15% e gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*, n = 9) com 12% (Fig. 3G a 3I).



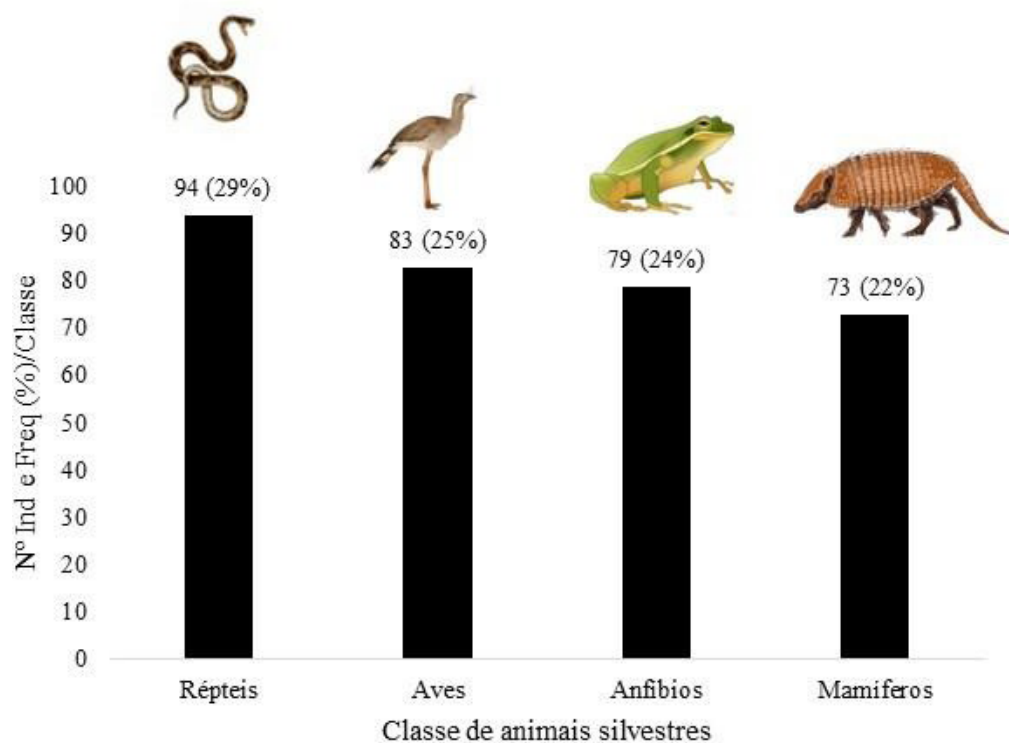


Figura 2 – Número de indivíduos e frequência de espécies por classe atropeladas nas rodovias BR-020 e PI-140, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Elaboração: Fernanda Abra.



Figura 3 – Principais espécies atropeladas ao longo do estudo nas rodovias BR-020 e PI-140, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. (A) cobra preta (*Pseudoboa nigra*); (B) falsa-coral (*Oxyrhopus trigeminus*); (C) cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaenia alba*); (D) urubu-preto (*Coragyps atratus*); (E) rapazinho-dos-velhos (*Nystalus maculatus*); (F) sapo-cururu (*Rhinella marina*); (G) Preá (*Galea spixii*); (H) Cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*); e (I) gambá-da-orelha-branca (*Didelphis albiventris*). Elaboração: Catarina de Sá.

## Estrutura da paisagem

Por meio da análise da composição da paisagem da rodovia BR-020 o seu entorno apresenta 64,41% de formação savânica, seguido

de 28,02% de áreas agropecuárias, enquanto a PI-140 apresentou 62,93% de formação savânica seguido de 24,63% de áreas agropecuárias (Tabela 2, Fig. 4).

Tabela 2 – Classes de uso do solo que compõem a paisagem nas Rodovias BR-020 e PI-140. Elaboração: Douglas Cirino.

Uso do solo	BR-020 (%)	PI-140(%)
Florestal	0,11%	2,15%
Agropecuária	28,02%	24,63%
Savana	64,41%	62,93%
Não Florestada	5,13%	4,78%
Natural não florestal	2,33%	5,43%
Água	0,00%	0,08%

Os modelos constituídos apenas pela área relativa (%) ocupada por vegetação natural não florestal nas paisagens adjacentes às rodovias foram selecionados como os melhores modelos para explicar a ocorrência de atropelamentos para Aves, Mammalia e Reptilia (Tabela 3). Para

a classe Amphibia, os modelos considerando a % de savana e o efeito dessa em conjunto com a % de vegetação natural não florestal apresentaram valores de evidência praticamente iguais. A classe Mammalia foi a única em que o modelo nulo foi selecionado entre os modelos plausíveis (Tabela 3).

Tabela 3 – Classificação dos modelos de regressão logística de atropelamentos em função da estrutura da paisagem. A seleção de modelos foi realizada usando o Critério de Informação de Akaike corrigido para pequenas amostras (AICc). Apenas os modelos com  $\Delta AIC \leq 2,0$  e o modelo nulo são mostrados (intercepto = 1). Elaboração: Milena Diniz.

Classe	Modelo	K	AICc	$\Delta AICc$	wAICc	Evidência
Amphibia	Savana	2.00	71.05	0.00	0.26	1.00
	Savana + Veg. Não florestal + Savana: Veg. Não florestal	4.00	71.18	0.13	0.24	1.07
	Modelo nulo	1.00	85.25	14.20	0.00	1212.82
Aves	Veg. Não florestal	2.00	148.91	0.00	0.24	1.00
	Veg. Não florestal + Área não Veg. + Veg. Não florestal: Área não Veg.	4.00	150.69	1.78	0.10	2.43
	Agropecuária + Veg. Não florestal	3.00	150.85	1.94	0.09	2.63
	Savana + Veg. Não florestal	3.00	150.88	1.97	0.09	2.68
	Modelo nulo	1.00	151.72	2.81	0.06	4.07
Mammalia	Veg. Não florestal	2.00	177.01	0.00	0.18	1.00
	Modelo nulo	1.00	178.08	1.07	0.10	1.71
	Agropecuária + Veg. Não florestal	3.00	178.32	1.30	0.09	1.92
	Veg. Não florestal + Área não Veg. + Veg. Não florestal:Área não Veg.	4.00	178.37	1.35	0.09	1.97
	Savana + Veg. Não florestal	3.00	178.69	1.68	0.08	2.31
	Agropecuária + Veg. Não florestal + Agropecuária:Veg. Não florestal	4.00	178.75	1.74	0.07	2.38
	Savana + Veg. Não florestal + Savana:Veg. Não florestal	4.00	178.99	1.97	0.07	2.68
Reptilia	Veg. não florestal	2.00	96.59	0.00	0.27	1.00
	Modelo nulo	1.00	99.10	2.51	0.08	3.51

### Agregação dos atropelamentos

Uma análise de agregação dos atropelamentos considerando todos os animais silvestres na BR-020 apresentou 16 *clusters*, sendo quatro considerados muito altos, três altos, três médios, quatro baixos e dois muito baixos, enquanto

na PI-140 foram detectados 18 *clusters* de agregações, sendo um muito alto, cinco altos, cinco médios, quatro baixos e dois muito baixos (Fig. 4). Na Tabela 4 é possível verificar o número de *clusters* e nível das agregações por rodovia e por grupos faunísticos.

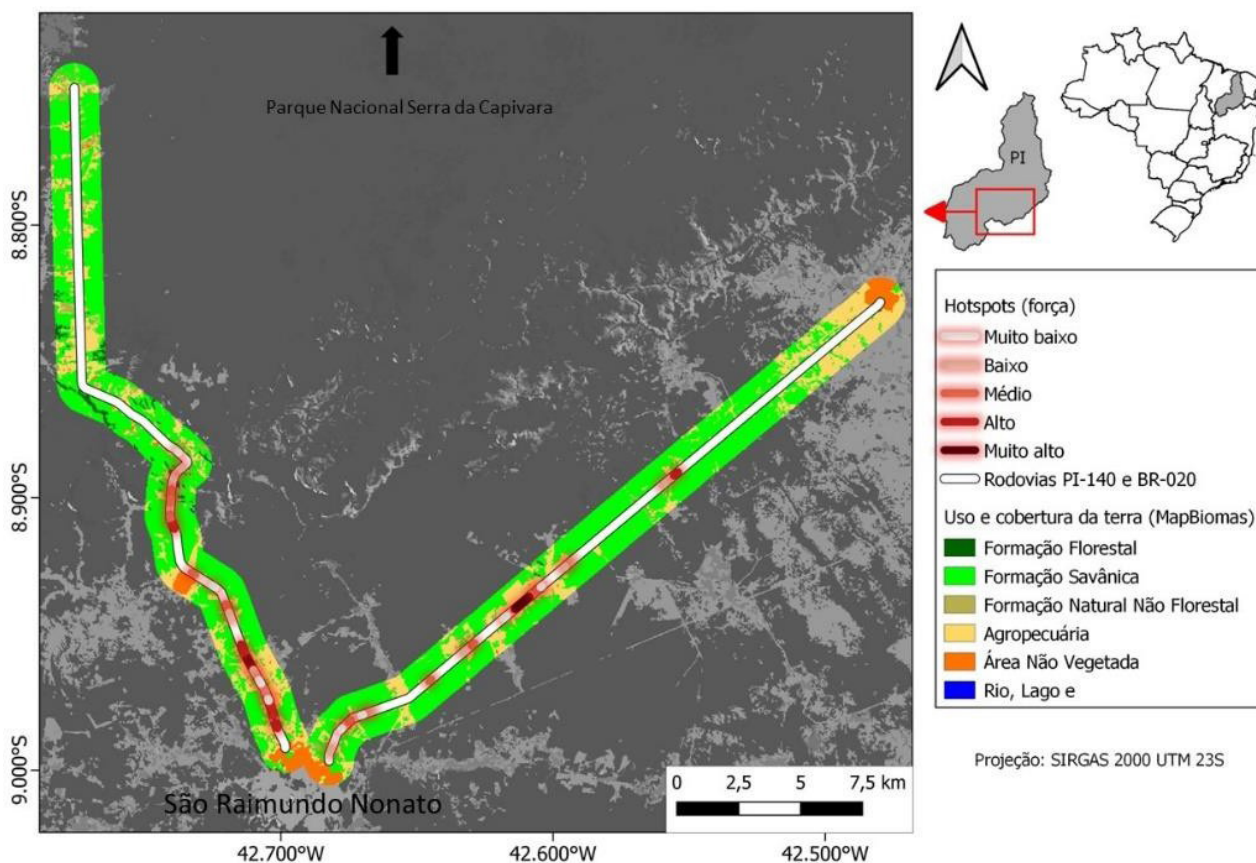


Figura 4 – Agregações de atropelamentos considerando todos os animais silvestres nas Rodovias PI- 140 e BR-020, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Fonte: Sirgas 2000 UTM 23S. Elaboração: Douglas Cirino.

Tabela 4 – Análise de agregação de atropelamentos para as rodovias BR-020 e PI-140 e diferentes grupos faunísticos com o número e classificação de *clusters*, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Elaboração: Douglas Cirino.

Grupo Faunístico /Rodovia	Clusters (n)	Muito Alto (n)	Alto (n)	Médio (n)	Baixo (n)	Muito baixo (n)
BR-020 (todos os silvestres)	16	4	3	3	4	2
PI-140 (todos os silvestres)	18	1	5	5	4	2
Mamíferos	12	2	3	4	2	1
Aves	11	2	2	5	1	1
Répteis	19	1	3	8	6	1
Anfíbios	13	1	4	4	2	1

A agregação mais alta de atropelamento está na classe dos répteis e relacionada às áreas de savana e agrícolas.

$p < 0.05$ , IC 95% = 1.8-4.1) com 232 indivíduos, enquanto na BR-020 foram observados 98 animais atropelados (Fig. 5).

### Comparação dos atropelamentos entre as Rodovias PI-140 e BR-020

A taxa de atropelamento para a rodovia PI-140 foi de (0,161) em relação a BR-020 com (0,068). A PI-140 apresentou maior vulnerabilidade aos atropelamentos ( $W=1757$ ,

### Sazonalidade entre o período seco e chuvoso

O período chuvoso apresentou um maior número de atropelamentos do que o período seco ( $W=184$ ,  $p < 0.05$ , IC 95% = -3.6 - -0.06) (Fig. 6).

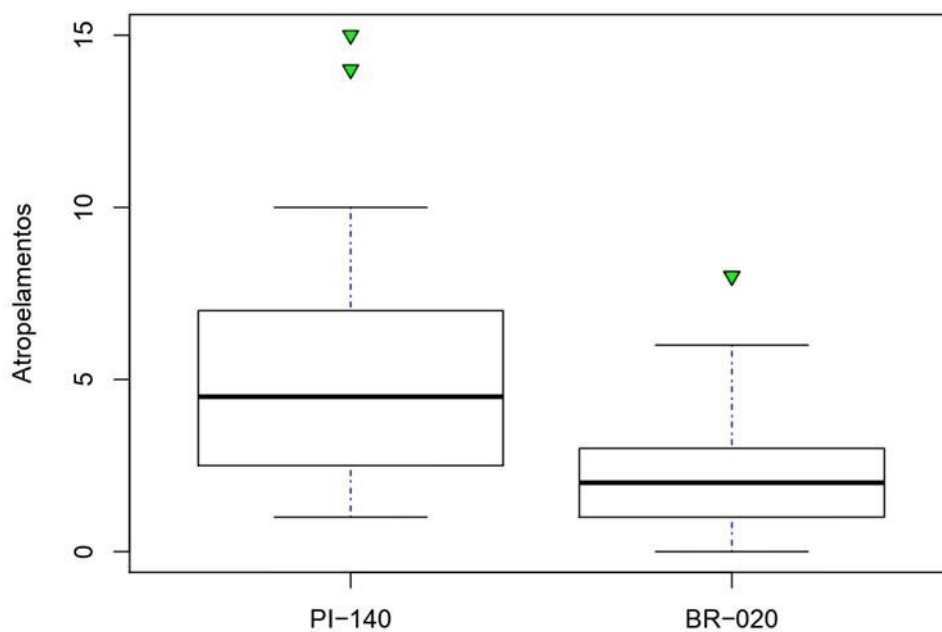


Figura 5 – *Boxplot* da Comparação dos atropelamentos de fauna de vertebrados silvestres entre as rodovias PI-140 e BR-020 ( $W=1757$ ,  $p < 0.05$ , IC 95% = 1.8-4.1), o triângulo verde representa o outlier, que são os dados que fogem do padrão da amostra, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Elaboração: Ronaldo Morato.

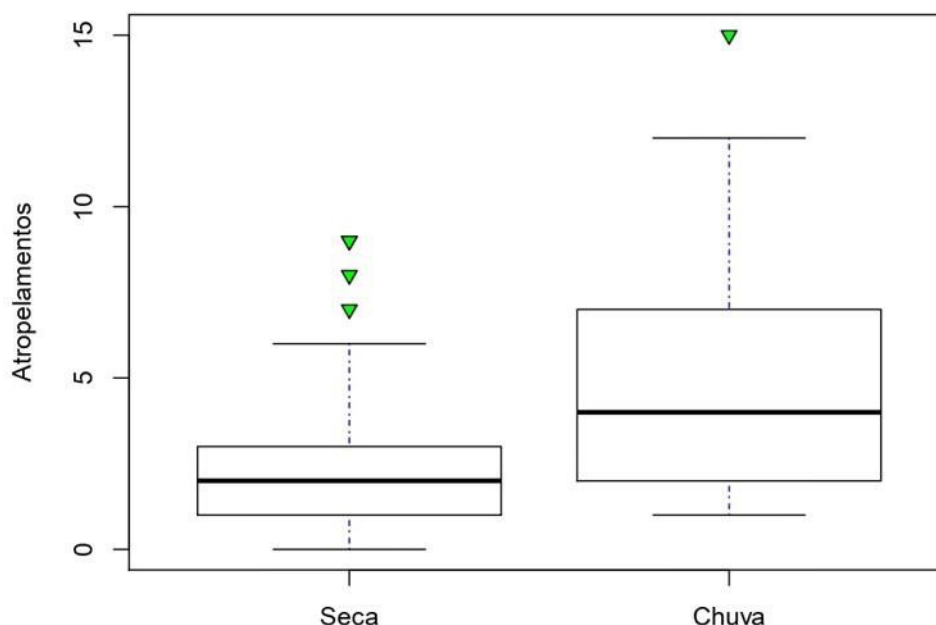


Figura 6 – *Boxplot* da Comparação dos atropelamentos de vertebrados silvestres entre os períodos seco e chuvoso ( $W = 184$ ,  $p < 0.05$ , IC 95% = -3.6 - -0.06), o triângulo verde representa o outlier, que são os dados que fogem do padrão da amostra, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. Elaboração: Ronaldo Morato.

## Discussão

O atropelamento de fauna silvestre é considerado um importante fator de ameaça à biodiversidade, principalmente em regiões tropicais (Abra et al., 2021). Entender os fatores que predis põem a fauna ao risco de colisões contribui para o planejamento visando à diminuição de acidentes e, conseqüentemente, aumentando a segurança para os animais e usuários (Abra et al., 2019; Abra et al., 2021).

Neste estudo, avaliamos o impacto dos atropelamentos sobre a fauna silvestre em uma região pouco estudada e que está próxima a uma das mais importantes unidades de conservação da Caatinga, o Parque Nacional Serra da Capivara, no Piauí. As espécies encontradas atropeladas nas rodovias BR-020 e PI-140 são comuns, de hábitos generalistas e apenas uma espécie possui *status* de ameaça móco (*Kerodon rupestris*). O número de registros coletados ao longo de cada rodovia possivelmente está relacionado ao volume de tráfego. Na PI-140 ocorreu um maior número de fauna atropelada, e essa rodovia possui maior volume de tráfego em relação a BR-020, pois é rota para caminhões pipas que coletam água para distribuir na região e é também rota de caminhões

pesados que transportam grãos, além de possuir muitos assentamentos rurais. Outros estudos têm mostrado que o fluxo mais intenso de veículos aumenta a probabilidade de colisões (Brockie et al., 2009, Sadleir et al., 2016).

Apesar de os índices de atropelamentos aqui reportados serem menores do que aqueles descritos para áreas com características semelhantes, eles devem ser vistos com precaução (Braz e França, 2016). Reconhecemos que o número de animais registrados neste estudo possa estar subestimado, como também encontrado em outros estudos (Abra et al., 2021; Ascensão et al., 2021), isso porque inúmeros animais, ao colidirem com os veículos, podem ser lançados para fora das faixas de rolamento e acostamentos, não sendo possível a sua detecção. Ou ainda, especialmente animais de médio e grande porte, podem sofrer as colisões e morrer fora da faixa de domínio das rodovias, onde também não são detectados e contabilizados (Vieira, 1996; Rodrigues et al., 2002; Medici e Abra 2019, Abra et al., 2021). Além disso, pequenos vertebrados mortos são levados rapidamente por necrófagos (Rodrigues et al., 2002; Silva et al., 2007), não sendo contabilizados nas amostragens. A equipe de campo observou durante os deslocamentos em rodovias alguns

indivíduos de urubu-preto (*Coragyps atratus*) removendo carcaças de serpentes da rodovia, bem como um elevado número de cachorros-domésticos (*Canis lupus familiaris*) nas pistas com comportamento de forrageamento. Foi registrado um cachorro doméstico apanhando uma espécie de preá (*Cavia aperea*) atropelado.

É possível que na área de estudo os usuários de rodovias também removam algumas carcaças, porém de espécies específicas, como, por exemplo, tatus, que são as espécies mais atropeladas em diversos estudos do Brasil (Ascensão et al., 2017; Abra et al., 2021; Navas-Suarez et al., 2021). Em região próxima ao PNSC, *Dasytus novemcinctus* e *Euphractus sexcinctus* são espécies muito comuns de serem avistadas. Assim, é provável que haja o atropelamento dessas espécies, porém acredita-se que os animais sejam retirados pelos próprios usuários que os atropelou ou outros para consumo alimentar, haja vista que são animais muito apreciados na região (Miranda e Alencar, 2007). Ainda é provável que espécies de felinos silvestres também sejam alvo para remoção de carcaças, por conta do comércio de pele ou coleção de partes destes animais (Abra et al., 2021).

Répteis foram o grupo com mais espécies atropeladas registradas durante o período analisado, sendo que as serpentes foram as mais afetadas. Os pesquisadores Pinheiro e Turci (2013) encontraram esse mesmo resultado em um estudo no estado do Amazonas, bem como Braz e França (2016) encontraram na Chapada dos Veadeiros, em Goiás. Os répteis têm locomoção reduzida em comparação com os mamíferos e aves, facilitando seu atropelamento. No entanto, alguns atropelamentos de serpentes são preocupantes, pois podem ser motivados por crenças e mitos negativos sobre as espécies. Foram observadas, na área de estudo, situações de atropelamentos que pareciam ser intencionais, por motoristas que direcionaram o veículo ao acostamento para atingir o animal. Isso foi reportado em outros estudos e os autores enfatizaram que essa atitude é devido ao sentimento de repulsa ou medo apresentado por alguns condutores (Rodrigues et al., 2002; Secco et al., 2014). Entre as aves, a espécie urubu-preto (*Coragyps atratus*) foi a mais abundante entre os registros, e isso se deve aos hábitos carniceiros da espécie. Clevenger et al. (2003) associam os voos rasantes nas proximidades das rodovias como características que expõem as aves a risco de colisão com

veículos; o forrageamento e hábitos alimentares carniceiros de algumas aves são também alguns fatores de atropelamento desse grupo. Já segundo Prada (2004), seu pequeno peso corpóreo e suas adaptações para voar, tornam o grupo susceptível não apenas à colisão, mas também ao forte deslocamento de ar, provocado pelas passagens de veículos em alta velocidade.

O sapo-cururu (*Rhinella marina*) foi a espécie mais vitimada no estudo. As espécies do gênero *Rhinella* também foram observadas entre as mais atropeladas em outros estudos na região amazônica (Turci e Bernarde 2009, Silva e Silva 2009) e em outros biomas do Brasil (Rodrigues et al., 2002; Silva et al., 2007; Braz e França 2016). Esses animais sofrem forte influência sazonal, com aumento dos atropelamentos nas estações reprodutivas, na estação chuvosa (Parris et al., 2009). A estimativa no número de registros para os anfíbios pode estar subestimada, devido à facilidade de as carcaças serem removidas da rodovia por outros animais ou até poderem se deteriorar rapidamente devido aos pequenos tamanhos corporais (Prada, 2004, Rodrigues et al., 2002).

Dentre as espécies atropeladas no grupo dos mamíferos, o preá (*Galea spixii*), uma das espécies mais comuns na área de estudo, foi o mamífero mais comumente atropelado, possivelmente devido à abundância da espécie na região (Braz e França, 2016). Em estudo com fauna em Goiás, no bioma Cerrado, o preá (*Galea flavidens*) também foi o mamífero mais atropelado (Braz e França, 2016). O cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) foi o segundo mamífero com o maior número de registros. Muitos trabalhos citam a grande mortalidade de *Cerdocyon thous* por colisão com automóveis (Ascensão et al., 2017; Abra et al., 2021; Cirino et al., 2022), o que é explicado pelo fato de os cachorros-do-mato serem animais que apresentam grande agilidade e uma ampla área de vida (Beisiegel, 1999; Sousa e Miranda, 2010), possibilitando seu deslocamento por grandes distâncias à procura de alimento. Além disso, são predadores oportunistas e se movem intensamente ao longo de rodovias, procurando, presas ou outros animais mortos por atropelamento. Esse animal também pode ser atropelado intencionalmente, pois na região há a crença de que todo cachorro-do-mato é “azedo”, o que significa que possui o vírus da raiva.

As taxas de atropelamento aparentam seguir uma tendência que acompanha os períodos secos e chuvosos da área de estudo. No entanto, diferente do encontrado por Prada et al. (2006), que observaram atropelamentos concentrados na seca em uma região de Cerrado brasileiro, os atropelamentos de fauna na área de estudo foram concentrados no período de chuva. No entanto, pouco mais de 10% dos indivíduos amostrados por Prada et al. (2006) foram répteis, enquanto estes foram uma das classes que dominaram nossas amostragens e estiveram concentrados no período chuvoso. A menor visibilidade dos condutores na rodovia ocasionada pela chuva ou pela vegetação que cresce mais rápido no período chuvoso pode contribuir para o maior número de atropelamentos; entretanto, o mais provável é que a umidade na região aumente os deslocamentos da fauna (Alho e Silva 2012; Braz e França, 2016).

Certamente, a paisagem também é uma variável que influencia nos atropelamentos, sendo que a maioria desses eventos ocorreram em áreas savânicas e agropecuárias. As análises de agregação dos atropelamentos são uma importante ferramenta neste estudo para compreender, espacialmente, quais locais da rodovia demandam maior atenção para futuros planos de redução de atropelamento de fauna, afinal nem todas as espécies são frequentemente atropeladas no mesmo tipo de uso do solo, sendo diferentes as respostas de cada espécie à proporção de *habitat* matriz na paisagem (Cirino et al., 2022); desse modo, é importante notar que diferentes grupos taxonômicos apresentaram diferentes usos no entorno das agregações mais fortes. Alguns dos impactos negativos causados aos animais silvestres pelas rodovias podem ser minimizados se estes tiverem a oportunidade de atravessar uma rodovia com segurança (Barnum, 2004). Uma das formas de proporcionar essa travessia com segurança é a partir da implantação de passagens de fauna (Beckmann et al., 2010). Elas podem ser subterrâneas (e.g: bueiros de drenagem), com cercas de direcionamento para conduzir os animais a cruzarem a pista com segurança. Segundo Abra et al. (2020), as passagens subterrâneas parecem ser adequadas para manter o deslocamento dos mamíferos selvagens e salvaguardar uma conectividade satisfatória do *habitat*. Além disso, sugerem que o uso de cercas seria fundamental para diminuir a mortalidade de animais silvestres.

Ao contrário de muitos trabalhos sobre atropelamento de fauna que identificam mamíferos de médio e grande porte entre as classes mais afetadas, enquanto anfíbios são os menos afetados ou, muitas vezes, nem amostrados (Taylor e Goldingay, 2004; Prada et al., 2006; Coelho et al., 2008), nós não observamos diferença na taxa de atropelamentos entre os grupos. Esse resultado pode estar relacionado à velocidade de deslocamento empregado em nosso estudo (30-40 km/h) e ao uso de motocicleta, o que podem ter facilitado o avistamento de animais menores, incluindo os anfíbios (Taylor e Goldingay, 2004), uma vez que a maioria dos monitoramentos de fauna atropelada é realizada em carro e com uma velocidade de 40 a 60 km/h (Coelho et al., 2008).

Diante dos resultados apresentados nesta pesquisa, ficam evidentes os impactos das rodovias BR-020 e PI-140 sobre a fauna silvestre do território Serra da Capivara. Por isso, nesse contexto espera-se que os dados deste trabalho, sirvam de subsídio para o planejamento de medidas que mitiguem esse impacto na região.

## Conclusão

Este é o primeiro estudo de fauna atropelada da região do Parque Nacional da Serra da Capivara e, com os resultados obtidos por meio desta pesquisa, é possível afirmar que as rodovias estudadas causam impacto negativo à fauna silvestre do entorno da referida unidade de conservação. Apesar de o trecho amostrado ser pequeno, é evidente que essas rodovias próximas ao Parque promovem a morte crônica de muitos indivíduos da fauna. Certamente, com a expansão futura do monitoramento de fauna atropelada nos mesmos viários, acreditamos que outras espécies ameaçadas sejam adicionadas ao banco de dados.

De acordo com as hipóteses iniciais, a fauna atropelada dessa área de estudo sofre influência sazonal, sendo maior em estação chuvosa, bem como o uso do solo tem o potencial de influenciar os atropelamentos.

Essas informações são importantes para a gerência do PNSC e o ICMBio, bem como para os gestores rodoviários estaduais e federais. É esperado que os dados do presente estudo e de próximos monitoramentos possam auxiliar na

tomada de decisão futura para implementação de medidas de mitigatórias como: redutores físicos e eletrônicos de velocidade, passagens de fauna, cercamentos e placas de sinalização de travessia de fauna.

Sugerimos que futuros trabalhos avaliem a velocidade dos veículos e intensidade de tráfego sobre as espécies atropeladas, além de realizarem um monitoramento mais longo e em horários diferentes do dia.

## Agradecimentos

Agradeço aos meus orientadores Fernanda Abra e Ronaldo Morato, pelo apoio, paciência e direcionamento dado ao trabalho. Às minhas irmãs Lúcrecia Santos e Larisse Santos, pelo apoio prestado durante o ano de pesquisa. À Erika Costa, por ter sido minha companheira de campo ao longo desse trabalho. À Rede das Herpetólogas Brasileiras e a Cláudia Oliveira, pela ajuda na identificação das aves e répteis. Agradeço também à Empresa de Consultoria Ambiental ViaFauna, pelo suporte financeiro concedido durante todo o ano de pesquisa, e ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (PIBIC/ICMBio), por meio do CNPq, pela oportunidade e confiança na concessão da bolsa. Por fim, sou imensamente grata a todas as pessoas que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

## Referências

- Abra FD, da Costa Canena A, Garbino GST, Medici EP. Use of unfenced highway underpasses by lowland tapirs and other medium and large mammals in central-western Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*. 2020. p. 247-256.
- Abra FD, Huijser MP, Magioli M, Bovo AAA, de Barros KMPM. An estimate of wild mammal roadkill in São Paulo state, Brazil. *Heliyon*. 2021. p. 1-120.
- Abra FD. Mammal-vehicle collisions on toll roads in São Paulo State: implications for wildlife, human safety and costs for society (Doctoral dissertation) Universidade de São Paulo. 2019. 257p.
- Alho CJ, Silva JS. Effects of severe floods and droughts on wildlife of the Pantanal wetland (Brazil) a review. *Animals*. 2012. p. 591-610.
- Ascensão F, Desbiez ALJ, Medici EP, Bager A. Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research*. 2017. p. 135-146.
- Ascensão F, Yogui DR, Alves MH, Alves AC, Abra F, Desbiez AL. Preventing wildlife roadkill can offset mitigation investments in short-medium term. *Biological Conservation*, 2021. 253p.
- Bandeira C, Floriano EP. Avaliação de impacto ambiental de rodovias. *Caderno Didático*. 2004.
- Barnum S. Identifying the best locations to provide safe highway crossing opportunities for wildlife. Washington, Estados Unidos. 2004. p.1-69.
- Beckmann JP, Hilty JA. Conectando populações de vida selvagem em paisagens fraturadas. *Passagens seguras: Rodovias, vida selvagem e conectividade de habitat*, 2010. p. 3-16.
- Beisiegel BM. Contribuição ao estudo da história natural do cachorro do mato, *Cerdocyon thous*, e do cachorro vinagre, *Speothos venaticus*. Universidade de São Paulo. São Paulo/SP, 1999.
- Bíl M, Andrášik R, Janoška Z. Identification of hazardous road locations of traffic accidents by means of kernel density estimation and cluster significance evaluation. *Accident Analysis & Prevention*. 2013. p. 265-273.
- Bíl M, Andrášik R, Svoboda T, Sedoník J. The KDE+ software: a tool for effective identification and ranking of animal-vehicle collision hotspots along networks. *Landscape ecology*. 2016. p. 231-237.
- Braz VDS, França FGR. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. *Biota Neotropica*, 2016. 16p.
- Brockie RE, Sadleir RM, Linklater WL. Long-term wildlife road-kill counts in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology*. 2009. p. 123-134.
- Burnham KP, Anderson DR. Model selection and multi-model inference: a practical information-theoretic approach. Springer, New York. 2002.
- Cáceres NC, Casella J, dos Santos Goulart C. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. *Mastozoología neotropical*. 2012. 21-33p.
- Carvalho CF, Custódio AEI, Junior OM. Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. *Bioscience Journal*, 31(3). 2015.
- Carvalho F, Mira A. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research*. 2011. p. 157-174.
- Cirino DW, Lupinetti-Cunha A, Freitas CH, de Freitas SR. Do the roadkills of different mammal species respond the same way to habitat and matrix?. *Nature Conservationm*. 2022. p. 65-85.



- Clevenger AP, Chruszcz B, Gunson KE. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological conservation*, 109(1): 15-26. 2003.
- Coelho IP, Kindel A, Coelho AVP. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research*, Berlin, 54: 689-699. 2008.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Zaks DP. Solutions for a cultivated planet. *Nature*. 2011. p. 337-342.
- Freitas SR, de Oliveira AN, Ciochetti G, Vieira MV, da Silva Matos DM. How landscape patterns influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian Savanna. *Oecologia Australis*, 18(1). 2015.
- Fumdam (Fundação Museu do Homem Americano). Parque Nacional Serra da Capivara. Alínea Publicações. 1998.
- Fumdam/Iphan (Fundação Museu do Homem Americano/Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico). Patrimônio Cultural: o que é como preservar. São Raimundo Nonato. 2006.
- Garriga N et al. Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*, 2012. 21(11): 2761-2774.
- Gibbs HK et al. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990s. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(38): 16732-16737. 2010.
- Gumier-Costa F, Sperber CF. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazonica*, 2009. 39(2): 459-466.
- Hesselbarth MHK, Sciaini M, With KA, Wiegand K, Nowosad J. Landscapemetrics: an open-source R tool to calculate landscape metrics. – *Ecography* 42. 2019. p.1648-1657.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) [homepage na internet]. Unidades de Conservação da Caatinga. [acesso em 26 jan 2022]. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomasbrasileiros/caatinga/unidades-de-conservacao-caatinga/2130-parna-da-serra-dacapivara?highlight=WyJjYXBpdmFyYSJd>.
- ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I / 1. ed. – Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. p. 492.
- Laurance WF et al. A global strategy for road building. *Nature*, 513(7517): 229-232. 2014.
- Lauxen MDS. A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão. 2012.
- Lesbarreres D, Fahrig L. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know?. *Trends in ecology & evolution*, 2012. 27(7): 374-380.
- Lima SF, Obara AT. Levantamento de animais atropelados na BR-277 às margens do Parque Nacional do Iguçu: subsídios ao Programa multidisciplinar de proteção a fauna. *Semana de Artes*, 7. 2004.
- Marc J, Mazerolle AI. Ccmodavg: Model selection and multimodel inference based on (Q)AIC(c). R package version 2. 3-1. 2020.
- Medici EP, Abra FD. Lições aprendidas na conservação da anta brasileira e os desafios para mitigar uma de suas ameaças mais graves: O atropelamento em rodovias. Paper accepted at *Boletim da Sociedade Brasileira de Mastozoologia*. 2019.
- Miranda CL, Alencar GS. Aspectos da atividade de caça no Parque Nacional Serra da Capivara, estado do Piauí, Brasil. [Aspects of hunting activity in Serra da Capivara National Park, in the state of Piauí, Brazil]. *Natureza & conservação (Brasil)*. (Abr 2007), 5: 27-34.
- Miranda JES et al. Roadkill in the Brazilian cerrado savanna: Comparing five highways in southwestern Goiás. *Oecologia Australis*, 2017. 21: 3.
- Morelle K, Lehaire F, Lejeune P. Padrões espaço-temporais de colisões entre animais selvagens e veículos em uma região com rede viária de alta densidade. *Conservação da Natureza*, 2013. (5): 53-73.
- Navas-Suárez PE, Sacristán C, Díaz-Delgado J, Yogui DR, Alves MH, Fuentes-Castillo D, Catão-Dias JL. Pulmonary adiaspiromycosis in armadillos killed by motor vehicle collisions in Brazil. *Scientific Reports*. 2021. p. 1-9.
- Nellemann C et al. Winter distribution of wild reindeer in relation to power lines, roads and. *Biological Conservation*, Washington DC, 2001. 101: 351-360.
- Nielsen SE, Stenhouse GB, Boyce MS. A habitat-based framework for grizzly bear conservation in Alberta. *Biological conservation*, 2006. 130(2): 217-229.
- Parris KM, Velik-Lord M, North JM. Frogs call at a higher pitch in traffic noise. *Ecology and Society*, 14(1). 2009.
- Pessis AM, Martin G, Guidon N. Os biomas e as sociedades humanas na pré- história: região do Parque Nacional Serra da Capivara, Brasil. São Paulo: A&A, 2. 2014.
- Pinheiro BF, Turci LCB. Vertebrados atropelados na estrada da Variante (BR-307), Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. 2013.
- Prada CDS. Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. 2004.

- Prada TR, Ferreira AA, Guimarães ZFS. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, 2006. 28(3): 237-241,
- Projeto MapBiomias – Coleção 7.0 da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil [acesso em 12 dez 2022]. Disponível em: <https://mapbiomas.org/download>.
- R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021.
- Robert J. Hijmans raster: Geographic Data Analysis and Modeling. R package version 3: 5-2. 2021.
- Rodrigues FHG et al. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. In *Anais do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação*. Fortaleza: CBUC. 2002. p. 585-593.
- Roger B, Colin R. rgeos: Interface to Geometry Engine - Open Source ('GEOS'). R package version 0. 2021. p.5-8.
- Rosa CA, Cardoso TR, Teixeira FZ, Bager A. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: *Ecologia de estradas: tendências e pesquisas*/editor, Alex Bager. Lavras: Ed. UFLA, 2012.
- Sadleir RM, Linklater WL. Annual and seasonal patterns in wildlife road-kill and their relationship with traffic density. *New Zealand journal of zoology*. 2016. p. 275-291.
- Secco H, Ratton P, Castro E, da Lucas PS, Bager A. Intentional snake road-kill: a case study using fake snakes on a Brazilian road. *Tropical Conservation Science*. 2014. p. 561-571.
- Silva MO, Oliveira IS, Cardoso MW, Graf V. Impacto dos atropelamentos sobre a herpetofauna da Floresta Atlântica (PR-340, Antonina, Paraná). *Acta Biologica Paranaense*, 2007. 36: 103-112.
- Silva SG, Silva OM. Vertebrados mortos por atropelamentos na BR-364 entre os Municípios de Pimenta Bueno e Cacoal, Rondônia. In: *Anais do IX Congresso de Ecologia do Brasil*, São Lourenço, MG. 2009.
- Smith LL, Dodd Jr. CK. Wildlife mortality on US highway 441 across paynes prairie, Alachua County, Florida. *Florida scientist*, 128-140. Steen, DA, Gibbs JP. (2004). Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation Biology*, 2003. 18(4):1143- 1148.
- Sousa MAN, Miranda PC. Mamíferos terrestres encontrados atropelados na rodovia BR-230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. *Biofar: Revista de Biologia e Farmácia*, 2010. 4: 72-82.
- Steen DA, Gibbs JP. Effects of roads on the structure of freshwater turtle populations. *Conservation Biology*. 2004. p. 1143-1148.
- Taylor BD, Goldingay RL. Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. *Wildlife Research*. 2010. p. 320-331.
- Taylor BD, Goldingay RL. Wildlife road-kills on three major roads in north- eastern New South Wales. *Wildlife Research*, Collingwood, 2004. 31: 83-91.
- Teixeira FZ et al. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? *Oecologia Australis*. 2013. p. 36-47.
- Trombulak SC, Frissell CA. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation biology*. 2000. p. 18-30.
- Turci LCB, Bernarde PS. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*. 2009. p. 121-127.
- Vieira EM. Highway mortality of mammals in Central Brazil. *Ciência e Cultura*. 1996. p. 270-272.
- Vistnes I et al. Effects of infrastructure on migration and range use of wild reindeer. *The Journal of Wildlife Management*, New York, 2004. 68: 101-108.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.

Fluxo Contínuo e Seção Temática:

Planos de Ação Nacional para Conservação de Espécies Ameaçadas de Extinção  
n.4, 2023

<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR>

Biodiversidade Brasileira é uma publicação eletrônica científica do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) que tem como objetivo fomentar a discussão e a disseminação de experiências em conservação e manejo, com foco em unidades de conservação e espécies ameaçadas.

ISSN: 2236-2886