



Análise da Fauna Silvestre Atropelada e da Efetividade das Estruturas de Proteção da Fauna na BR-487 ao Lado da Reserva Biológica das Perobas, no Sul do Brasil

Amanda de Campos¹ & Antonio Guilherme Cândido da Silva²

Recebido em 10/09/2021 – Aceito em 14/02/2023

¹ Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Cianorte. Brasil. <amandadecamposbio@gmail.com>.

² Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade/ICMBio. Brasil. <antonio.silva@icmbio.gov.br>.

RESUMO – Os atropelamentos da fauna silvestre podem representar uma ameaça à biodiversidade. Esse impacto pode ser maior em rodovias próximas a áreas protegidas, devido à maior abundância de animais silvestres. A rodovia BR-487 tem um trecho de 8 km que faz limite ao sul com a Reserva Biológica das Perobas no Paraná. Para mitigação dos efeitos negativos sobre a fauna, foram instaladas na rodovia estruturas de proteção da fauna, entre elas passagens subterrâneas, cercas de alambrados, refletivos para fauna e redutores eletrônicos de velocidade. Os objetivos deste estudo foram identificar as espécies mais atingidas, os *hotspots* de atropelamentos e avaliar a efetividade das medidas de mitigação implementadas. A amostragem ocorreu entre agosto de 2015 e dezembro de 2019. O registro dos atropelamentos ocorreu, em média, três vezes por semana, em um trajeto de, aproximadamente, 8 km em velocidade máxima de 60 km/h. Foram registrados 263 animais atropelados. Os mamíferos representaram 42,6% dos atropelamentos, seguido por aves (38%), répteis (16,2%) e anfíbios (3%). As espécies mais atingidas foram ouriço (*Sphiggurus villosus*), cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e teiú (*Salvator merianae*). Para a maioria dos grupos analisados, o principal local de atropelamentos no período pré-estruturas de proteção da fauna foi o km 1. No pós-estruturas de proteção, os *hotspots* passaram a ocorrer principalmente em locais com alambrado e passagem de fauna. Os dados obtidos neste estudo apontam a necessidade de adequações nas estruturas de proteção da fauna, como a redução da malha dos alambrados. Além disso, a similaridade nas taxas de atropelamentos nos períodos pré e pós-estruturas, mesmo com o aumento do fluxo de veículos, indica a efetividade dessas estruturas para a proteção da fauna.

Palavras-chave: Áreas protegidas; ecologia de rodovias; *hotspots* de atropelamentos; medidas de mitigação.

Analysis of the Wildlife Roadkill and the Effectiveness of Fauna Protection Structures on the BR-487 Next to the Perobas Biological Reserve, in Southern Brazil

ABSTRACT – Roadkill can pose a threat to biodiversity. This impact may be greater on roads close to protected areas, due to the greater abundance of animals. The BR-487 highway has an 8 km stretch that borders the Perobas Biological Reserve. To mitigate the negative effects on the animals, fauna protection structures were installed on the highway, including underground passages, fences and reflectors, electronic speed reducers. The objectives of this study were to identify the most affected species, the roadkill hotspots and to evaluate, the effectiveness of the implemented mitigation measures. The sampling occurred between August 2015 and December 2019. The roadkill record occurred on average three times a week, on a route of approximately 8 km at a maximum speed of 60 km/h. Were run over 263 animals. The mammals represented 42.6% of the roadkill, followed by birds (38%), reptiles (16.2%) and amphibians (3%). The most affected species were hedgehog (*Sphiggurus villosus*), crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) and tegu (*Salvator merianae*). For most of the groups analyzed, the main location for roadkill in the pre- fauna protection structures period was km 1. In the post-fauna protection structures the hotspots started to occur mainly in places with fencing and fauna passage. The data obtained in this study point out the need for adjustments in the fauna protection

structures, such as the reduction of the wire mesh fences. In addition, the similarity in the roadkill rates in the pre- and post- fauna protection structures periods, even with the increase in the flow of vehicles, indicate the effectiveness of these structures for fauna protection.

Keywords: Protected areas; road ecology; roadkill hotspots; mitigation measures.

Análisis del Atropello de Fauna Silvestre y la Eficacia de las Estructuras de Protección de Fauna en la BR-487 Junto a la Reserva Biológica Perobas, en el Sur de Brasil

RESUMEN – Los atropellos por fauna salvaje pueden representar una amenaza para la biodiversidad. Este impacto puede ser mayor en las carreteras cercanas a las áreas protegidas, debido a la mayor abundancia de animales silvestres. La carretera BR-487 tiene un tramo de 8 km que bordea por el sur la Reserva Biológica Perobas en Paraná. Para mitigar los efectos negativos sobre la fauna, se instalaron estructuras de protección de fauna en la carretera, incluyendo pasos subterráneos, alambrados, reflectores para fauna y reductores de velocidad electrónicos. Los objetivos de este estudio fueron identificar las especies más afectadas, los hotspots de atropellos y evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas. El muestreo se realizó entre agosto de 2015 y diciembre de 2019. El registro de atropellos ocurrió en promedio tres veces por semana, en un trayecto de aproximadamente 8 km a una velocidad máxima de 60 km/h. Se registraron 263 animales atropellados. Los mamíferos representaron el 42,6 % de los atropellos, seguidos de las aves (38 %), los reptiles (16,2 %) y los anfibios (3 %). Las especies más afectadas fueron el erizo (*Sphiggurus villosus*), el zorro cangrejero (*Cerdocyon thous*) y el tegu (*Salvator merianae*). Para la mayoría de los grupos analizados, la principal ubicación de los atropellos en el período pre-estructuras de protección de fauna fue el km 1. En el post-estructuras de protección de fauna, los focos comenzaron a ocurrir principalmente en lugares con cercos y paso de fauna. Los datos obtenidos en este estudio apuntan a la necesidad de ajustes en el estructuras de protección de fauna, como la reducción de la malla metálica. Además, la similitud en las tasas de atropello en los periodos pre y post-estructuras de protección de fauna, incluso con el aumento del flujo de vehículos, indica la efectividad de estas estructuras para la protección de la fauna.

Palabras clave: Áreas protegidas; ecología vial; puntos críticos de atropello y fuga; medidas de atenuación.

Introdução

As estradas produzem impactos negativos para a fauna silvestre e podem representar uma ameaça à biodiversidade (Clark et al., 2010; Rouse et al., 2011). Os efeitos nocivos das estradas estão relacionados à perda de *habitat*, a atropelamentos, restrição do movimento pela paisagem e isolamento populacional, que, a longo prazo, podem afetar a viabilidade das populações (Andrews et al., 2008; Laurance et al., 2009; Graham et al., 2010; Rouse et al., 2011; Brehme et al., 2013). Há algumas medidas de mitigação recomendadas para redução desses impactos; entre elas estão as medidas para reduzir o volume de tráfego e/ou a velocidade, e outras são voltadas para a fauna, como os sinais de alerta, refletivos, repelentes da fauna silvestre, alambrados e passagens de fauna (Clevenger e Ford, 2010; Huijser e McGowen, 2010). Essas estruturas, ao diminuírem os atropelamentos de

animais, reduzem o isolamento populacional, melhoram a segurança dos condutores de veículos e reduzem os danos econômicos, que poderiam ser provocados pela colisão com animais. Para instalação dessas medidas de mitigação e avaliação da sua efetividade, pode ser realizada uma análise espacial dos atropelamentos, que permite identificar os locais onde ocorre o maior número de colisões com animais silvestres, já que os padrões de atropelamentos não são aleatórios porque os animais usam as mesmas rotas de deslocamento (Malo et al., 2004). Desse modo, conhecendo a efetividade das medidas de mitigação, é possível avaliar a necessidade de melhorias ou de implementação de novas medidas. Além da análise espacial, a análise temporal dos atropelamentos auxilia na compreensão do padrão de atropelamentos, pois avalia as variações sazonais, sendo que, para algumas espécies, a estação reprodutiva ou de recrutamento coincide com a estação chuvosa, e as

frequências de atropelamento podem ser maiores nessa época (Grilo et al., 2009). Identificar os períodos com maior número de acidentes também pode auxiliar no planejamento para intensificação de campanhas educativas para os condutores de veículos.

Existem poucos exemplos de estudos que avaliem as alterações nos impactos antes e após a implementação de rodovias (ex. Goosem et al., 2001; Lesbarrères e Fahrig, 2012), ou que incluam comparações entre locais com e sem estruturas de mitigação (ex. van der Ree et al., 2007; Glista et al., 2009; Rytwinski et al., 2016). Esses estudos auxiliam na compreensão dos fatores relacionados aos atropelamentos, indicando quais são os métodos com melhores resultados para mitigação desse impacto.

Quando os atropelamentos ocorrem dentro ou ao redor de áreas protegidas, o problema torna-se mais sério, porque esses locais geralmente têm maior biodiversidade (Bager, 2003; Gray et al., 2016). A Reserva Biológica das Perobas é uma unidade de conservação federal considerada um dos principais remanescentes da Mata Atlântica do sul do Brasil, que abriga grande diversidade de espécies da fauna e flora silvestres (ICMBio, 2012). Ao lado da Reserva, passa um trecho de 8 km da rodovia BR-487, que teve sua pavimentação concluída em 2015. Com o asfalto, os impactos negativos da rodovia para fauna podem ter-se intensificado. Nesse contexto, considerando a importância do monitoramento dos atropelamentos para direcionar ações que visem à diminuição dos impactos negativos das estradas sobre a vida silvestre, o presente estudo teve como objetivo identificar as espécies mais atingidas e os principais pontos de atropelamentos, avaliando se as medidas de mitigação implementadas estão sendo efetivas. Além disso, pretendeu avaliar se a taxa de atropelamento apresenta diferença nas estações seca e chuvosa.

Material e Métodos

Área de estudo

A Reserva Biológica das Perobas foi criada em 2006 e está localizada no noroeste do estado do Paraná, nos municípios de Tuneiras do Oeste e Cianorte (Brasil, 2006). A Reserva, de 8.716 ha, é o segundo maior remanescente de floresta estacional semidecidual do Paraná – menor apenas

que o Parque Nacional do Iguaçu (Dettke et al., 2018). Abriga uma grande riqueza de espécies de animais e plantas, incluindo espécies raras ou ameaçadas de extinção como a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*) e a onça-parda (*Puma concolor*) (ICMBio, 2012; Ortêncio Filho e Canuto, 2015; Dettke et al., 2018). O clima, segundo a classificação de Koppen, é do tipo Cfa (subtropical úmido mesotérmico), com a precipitação média anual de 1400 a 1800 mm. No limite sul da Reserva Biológica, passa um trecho de 8 km da BR-487, rodovia que faz uma importante ligação entre os estados de Mato Grosso do Sul e do Paraná. Para mitigação dos efeitos negativos sobre a fauna silvestre relacionados a atropelamentos e ao efeito de barreira, foram instaladas na BR-487/PR seis passagens subterrâneas para os animais, em locais com cerca de alambrado, refletivos de alerta para a fauna, sinalização vertical de orientação dos condutores e redutores eletrônicos de velocidade (Fig. 1). Os alambrados estão instalados em quatro trechos na rodovia, de forma retilínea. Os refletivos estão localizados próximo ao meio-fio, a aproximadamente 70 cm do solo. Essas estruturas são projetadas para impedir que os animais tentem atravessar a estrada, desviando a luz dos faróis dos veículos que se aproximam para o *habitat* à beira da estrada para fornecer um aviso visual. Além disso, o limite de velocidade foi reduzido ao lado da Reserva para 60 km/h, enquanto no restante da rodovia é de 80 km/h. As passagens de fauna foram concluídas em 2014, os alambrados e refletivos em 2016, e os radares foram instalados em 2017. Em outubro de 2018, os radares foram removidos, após terem sido vandalizados.

Amostragem dos dados

Os registros dos atropelamentos iniciaram assim que o asfaltamento da rodovia BR-487 foi finalizado, ocorrendo o primeiro registro em agosto de 2015, resultando em 53 meses de amostragem até dezembro de 2019. O monitoramento dos atropelamentos ocorreu, em média, três vezes por semana em dias espaçados, em um trajeto de, aproximadamente, 8 km em velocidade máxima de 60 km/h. Os animais atropelados foram registrados até o menor nível taxonômico possível; foram fotografados e anotadas as coordenadas geográficas do local do atropelamento, sendo as carcaças removidas da rodovia para não atraírem outros animais.

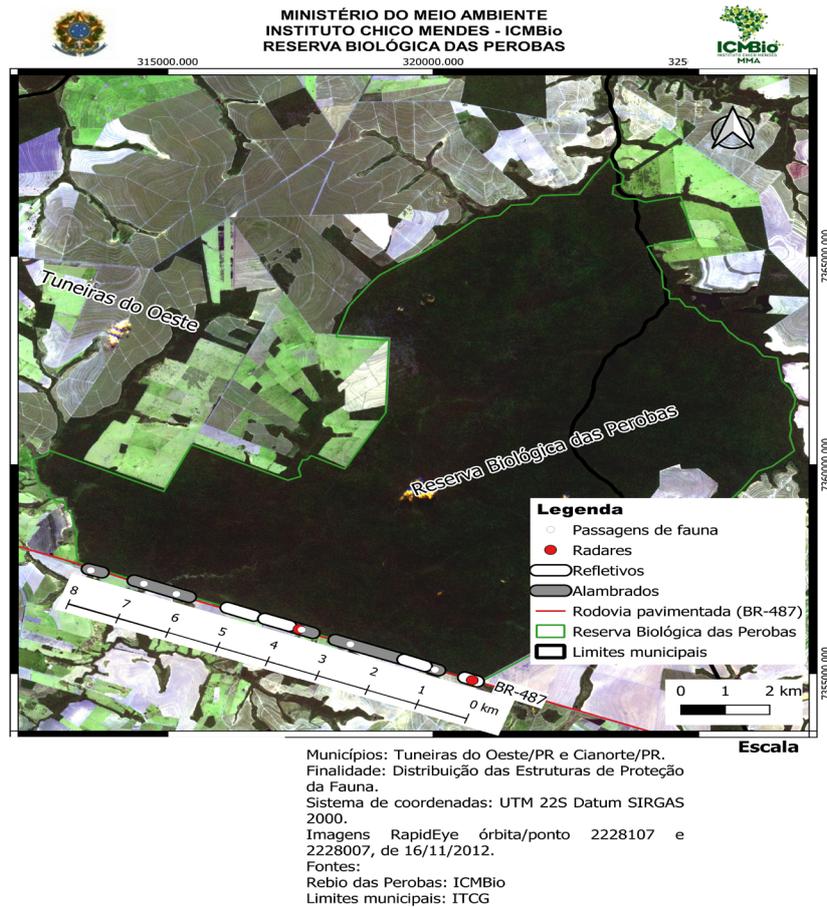


Figura 1 – Local do monitoramento de atropelamento de animais silvestres na BR-487, ao sul da Reserva Biológica das Perobas.

Análise dos dados

Para comparar o número de atropelamento antes da conclusão das estruturas de proteção da fauna (pré-EPF) e após a instalação (pós-EPF), foi utilizado o teste de Mann-Whitney. Para essa análise foi considerado o mesmo intervalo de tempo para o período pré-EPF (agosto de 2015 a janeiro de 2017) e pós-EPF (agosto de 2017 a janeiro de 2019), visando diminuir interferências das variáveis climáticas.

Para identificar se existem trechos com maior concentração de atropelamentos e em qual escala essas agregações existem, foi utilizado o teste Ripley K-Statistics no programa Sirmia 2.0 (Coelho et al., 2014). Esse teste avalia a ocorrência de agregação de atropelamentos em diferentes raios, iniciando com o raio inicial definido pelo usuário e aumentando seu tamanho de acordo com os valores definidos como incremento de raio, até que o raio englobe toda a rodovia.

A função $L(r)$, usada para a interpretação dos resultados do teste, permite avaliar a intensidade de agregação nas diferentes escalas de raio. Os valores de $L(r)$ acima dos limites de confiança indicam escalas com agrupamentos significativos, e os valores abaixo desses limiares indicam escalas com dispersão significativa (Coelho et al., 2011). Foi utilizado um raio inicial de 200 m e incremento de raio de 200 m, limite de confiança de 95% e mil simulações. Foram determinados esses valores de raio inicial e incremento de raio, considerando o trajeto total da rodovia e o alcance das medidas de mitigação (Teixeira et al., 2013).

A posição geográfica de cada animal atropelado foi utilizada para a geração de hotspots no aplicativo QGIS, com uso da ferramenta Densidade de Kernel, do Spatial Analyst Tools. A densidade de Kernel consiste em quantificar as relações dos pontos dentro de um raio (R) de influência, com base em determinada função estatística, analisando os padrões traçados

por determinado conjunto de dados pontuais, estimando a sua densidade na área de estudo (Bergamaschi, 2010). Isso possibilitou identificar os trechos com maior incidência de animais atropelados. No teste, foi utilizado um raio de 200 m (o menor raio significativo de acordo com os resultados do teste Ripley K-Statistics).

As análises foram testadas usando três critérios: classe taxonômica (mamíferos, répteis e aves), tamanho corporal (médio/grande e pequeno) e hábito (noturno/crepuscular e diurno). Para os critérios “tamanho corporal” e “hábito” foram retiradas das análises as espécies mais abundantes (*Sphiggurus villosus*, *Salvator merianae*, *Cerdocyon thous*). Essas espécies foram analisadas separadamente. Foram considerados animais pequenos aqueles com peso ≤ 2 kg. O hábito foi definido segundo Emmons e Feer (1997), Eisenberg e Redford (1999), Myers et al. (2006). As espécies que não apresentam preferência em relação ao período de maior atividade, tiveram seus registros de atropelamentos incluídos em ambos os grupos. Retiraram-se os grupos que não apresentaram agregação em nenhuma escala espacial no teste Ripley K.

Para comparar a taxa de atropelamento entre a estação seca (de abril a setembro) e chuvosa (de outubro a março) foi utilizado o

teste de Mann-Whitney. Foram obtidos dados pluviométricos de agosto de 2015 até dezembro de 2019, por meio de dados disponibilizados no Sistema de Informações Hidrológicas do Instituto das Águas do Paraná (Águas Paraná, 2020).

Resultados

Foram registrados 263 animais atropelados de 53 táxons, entre agosto de 2015 e dezembro de 2019, no trecho da BR-487 avaliado. O grupo dos mamíferos apresentou o maior número de atropelamentos, com 118 indivíduos (44,9%) de 20 táxons, seguido por aves, com 89 registros (33,8%) de 21 táxons, répteis (17,9%) de 9 táxons e anfíbios (3,4%) de 3 táxons (Tabela 1). No período anterior às estruturas de proteção de fauna (pré-EPF), registrou-se um total de 77 animais mortos na rodovia em 18 meses de amostragem (0,53 animais/km/mês), enquanto no pós-EPF foram 186 animais mortos em 35 meses (0,66 animais/km/mês). As seis espécies mais atingidas no período pré-EPF foram *Sphiggurus villosus*, *Salvator merianae*, *Cerdocyon thous*, *Crotophaga ani*, *Athene cunicularia* e *Nyctidromus albicollis*. No período pós-EPF, além das mesmas espécies mais afetadas no período anterior, destacaram-se *Dasyus novemcinctus* e *Nasua nasua* (Tabela 1).

Tabela 1 – Vertebrados atropelados na BR-487 ao lado da Reserva Biológica das Perobas em Tuneiras do Oeste/PR. NI – Número de indivíduos atropelados; Tx – taxa de atropelamento observada (indivíduos/km/mês).

Táxon	Nome popular	Pré	Tx	Pós	%	Tamanho	Hábito	Total
AMPHIBIA								
Anura		0	0,000	5	0,018	P	N	5
Indeterminado		3	0,021	0	0,000	P	N	3
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Rã-pimenta	0	0,000	1	0,004	P	N	1
AVES								
Anatidae	Ganso	0	0,000	1	0,004	P	D	1
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira	5	0,035	5	0,018	P	N	10
Columbiformes	Pomba	1	0,007	3	0,011	P	D	4
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-de-cabeça-preta	0	0,000	1	0,004	P	D	1
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	5	0,035	10	0,036	P	D	15
<i>Cyanocorax chrysops</i>	Gralha	0	0,000	3	0,011	P	D	3
<i>Cyanocorax</i> sp.	Gralha	2	0,014	2	0,007	P	D	4
<i>Guira guira</i>	Anu-branco	4	0,028	4	0,014	P	D	8
Indeterminado		2	0,014	8	0,029	P	D	10
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Curiango	5	0,035	8	0,029	P	N	13

Táxon	Nome popular	Pré	Tx	Pós	%	Tamanho	Hábito	Total
Passeriformes		2	0,014	0	0,000	P	D	2
<i>Penelope superciliaris</i>	Jacupemba	0	0,000	1	0,004	P	D	1
<i>Piaya cayana</i>	Alma-de-gato	1	0,007	1	0,004	P	D	2
<i>Caracara plancus</i>	Carcará	0	0,000	1	0,004	P	D	1
<i>Ramphastos dicolorus</i>	Tucano-de-bico-verde	0	0	1	0,004	P	D	1
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó	1	0,007	6	0,021	P	D	7
Trochilidae	Beija-flor	1	0,007	0	0,000	P	D	1
<i>Trogon surrucura</i>	Surucuá	0	0	2	0,007	P	D	2
Tyrannidae		0	0,000	1	0,004	P	D	1
<i>Tyto alba</i>	Coruja-da-torre	0	0,000	1	0,004	P	N	1
<i>Zenaida auriculata</i>	Avoante	1	0,007	0	0,000	P	D	1
MAMMALIA								
<i>Cercopithecus thomasi</i>	Cachorro-do-mato	7	0,049	17	0,061	M	N	24
Chiroptera	Morcego	0	0,000	4	0,014	P	N	4
<i>Cuniculus paca</i>	Paca	1	0,007	1	0,004	M	N	2
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatu-galinha	3	0,021	10	0,036	M	N	13
<i>Dasyprocta azarae</i>	Cutia	0	0,000	1	0,004	M	N	1
Didelphidae	Gambá	0	0,000	4	0,014	M	N	4
<i>Didelphis aurita</i>	Gambá-de-orelha-preta	0	0,000	1	0,004	M	N	1
<i>Eira barbara</i>	Irara	1	0,007	1	0,004	M	D	2
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba	0	0,000	3	0,011	M	ND	3
<i>Galictis cuja</i>	Furão	0	0,000	2	0,007	M	ND	2
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	Capivara	0	0,000	1	0,004	M	ND	1
<i>Lepus europaeus</i>	Lebre	0	0,000	7	0,025	M	N	7
<i>Leopardus sp.</i>		0	0,000	1	0,004	M	N	1
<i>Lycalopex vetulus</i>	Raposa-do-campo	0	0,000	3	0,011	M	N	3
<i>Myocastor coypus</i>	Rato-do-banhado	0	0,000	1	0,004	P	N	1
<i>Nasua nasua</i>	Quati	3	0,021	8	0,029	M	D	11
Rodentia	Rato	0	0,000	4	0,014	P	N	4
<i>Sphiggurus villosus</i>	Ouriço	11	0,076	15	0,054	M	N	26
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	0	0,000	4	0,014	M	N	4
<i>Tapirus terrestris</i>	Anta	2	0,014	2	0,007	G	N	4
REPTILIA								
Colubridae	Serpente	0	0,000	4	0,014	P	D	4
<i>Crotalus durissus</i>	Cascavel	2	0,014	5	0,018	P	D	7
Indeterminado		1	0,007	0	0,000	P	D	1
<i>Oxirhopus sp.</i>	Falsa coral	1	0,007	1	0,004	P	D	2
<i>Philodryas sp.</i>	Cobra-verde	0	0,000	5	0,018	P	D	5
<i>Salvator merianae</i>	Teiú	10	0,069	14	0,050	M	D	24
<i>Spilotes pullatus</i>	Caninana	0	0,000	1	0,004	P	D	1



Táxon	Nome popular	Pré	Tx	Pós	%	Tamanho	Hábito	Total
Squamata	Serpente	1	0,007	1	0,004	P	D	2
Viperidae	Serpente	1	0,007	0	0,000	P	D	1
Total		77	0,537	186	0,664			263

Comparando o número de atropelamentos entre os períodos pré-EPF e pós-EPF usando o mesmo intervalo mensal (pré-EPF – 08/2015 a 01/2017 e pós-EPF – 08/2017 a 01/2019) para

os diferentes grupos (classe, tamanho, hábito e espécies (*C.thous*, *S. meriane* e *S. villosus*), não ocorreu diferença significativa entre os períodos (p-value > 0,05) (Tabela 2).

Tabela 2 – Comparação entre os períodos pré-EPF e pós-EPF dos vertebrados atropelados na BR-487/PR, ao lado da Reserva Biológica das Perobas em Tuneiras do Oeste/PR. NI – Número de indivíduos atropelados; Tx – taxa de atropelamento (indivíduos/km/mês).

	Pré-EPF	Pós-EPF	p-value
NI	77	87	-
TX	0,535	0,604	0,487
Mamíferos (%)	0,195	0,278	0,184
Aves (%)	0,21	0,201	0,720
Répteis (%)	0,111	0,104	0,804
Animais Médios/Grandes (%)	0,069	0,139	0,070
Animais pequenos (%)	0,06	0,12	0,268
Diurnos (%)	0,188	0,208	0,770
Noturnos (%)	0,139	0,215	0,461
<i>Cerdocyon thous</i>	0,049	0,069	0,386
<i>Sphiggurus villosus</i>	0,076	0,035	0,947
<i>Salvator merianae</i>	0,069	0,042	0,424

A partir das análises de agregação, foram encontrados agrupamentos significativos para o grupo dos mamíferos, vertebrados de médio/grande porte e noturnos, nos dois períodos, pré e pós-EPF (p-value <0,05). Para aves, répteis,

vertebrados pequenos, diurnos, *C. thous*, *S. villosus* e *S. merianae*, foram observadas agregações apenas no período pós-EPF, sendo que, anteriormente (pré-EPF), o padrão de distribuição dos atropelamentos foi aleatório (Fig. 2).

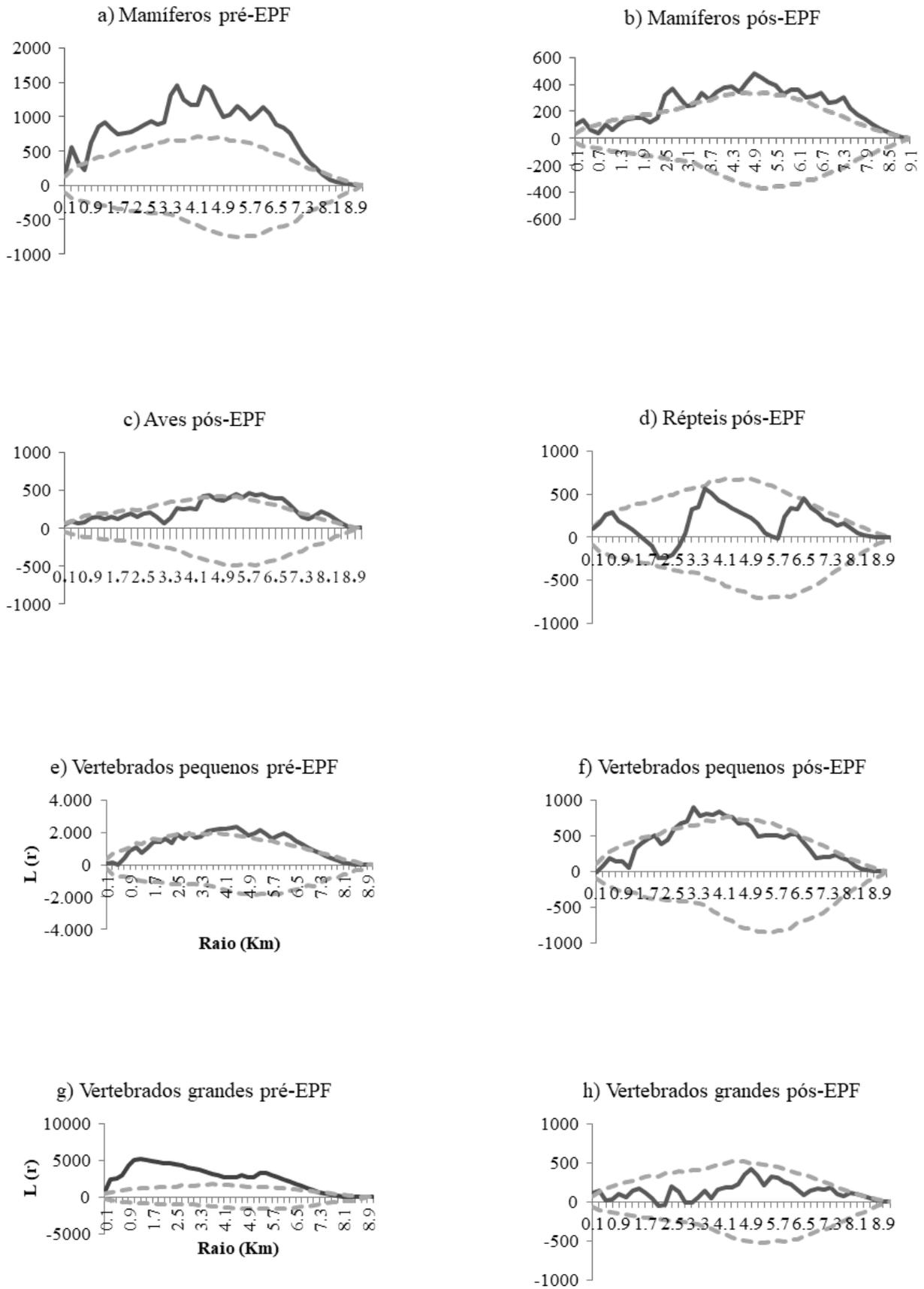


Figura 2 – Agregações de atropelamentos de acordo com os raios. Linha escura contínua – função $L(r)$; Linhas claras pontilhadas – limites de confiança superior e inferior.

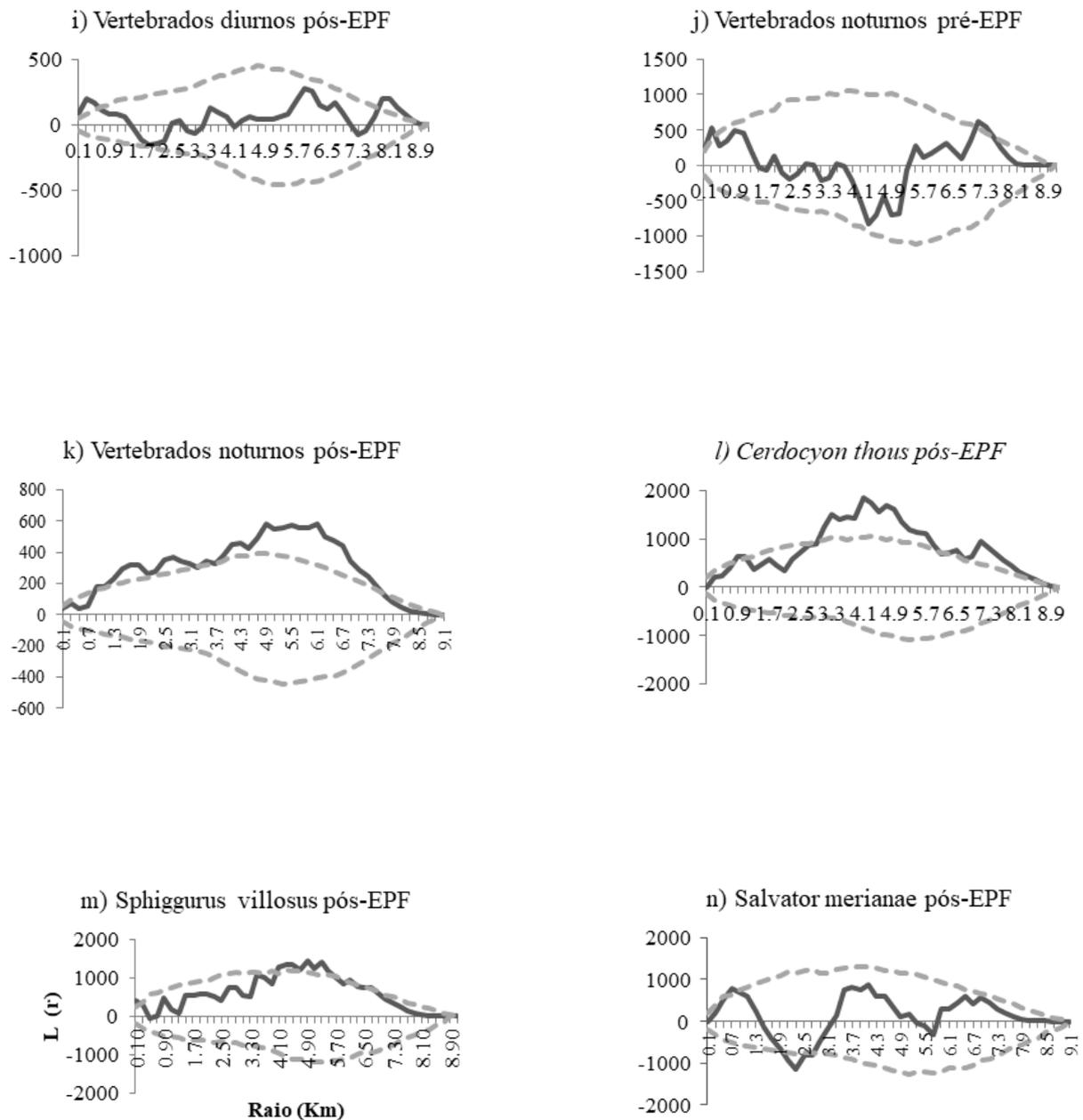


Figura 2 – (cont.) Agregações de atropelamentos de acordo com os raios. Linha escura contínua – função $L(r)$; Linhas claras pontilhadas – limites de confiança superior e inferior.

Para a maioria dos grupos analisados, o principal local de hotspots de atropelamentos no período pré-EPF foi o km 1 (mamíferos, vertebrados médios/grandes e vertebrados noturnos) (Fig. 3 A, G, I). Após a instalação dos refletivos e radar no km 1, esse ponto deixou de ser um dos principais hotspots para esses grupos (Fig. 3 B, H, J). No pós-EPF a maioria dos grupos apresentaram pelo menos um hotspot em local com passagem de fauna e alambrado, com exceção de *C. thous*, com

hotspots apenas onde há refletivos (Fig. 3 L). Os locais com maior número de hotspots foi entre os km 3 e 4 (mamíferos, aves, vertebrados médios/grandes, noturnos e diurnos e *S. merianae* (Fig. 3 B, C, H, J, F, K)), e entre os km 6 e 7 (mamíferos, répteis, vertebrados pequenos e *S. villosus* (B, D, E, M)). Nesses pontos estão instaladas passagens de fauna com alambrados e um radar. Em pontos com refletivos ocorreram hotspots para mamíferos, répteis e *C. thous* (Fig. 3 B, D, L).

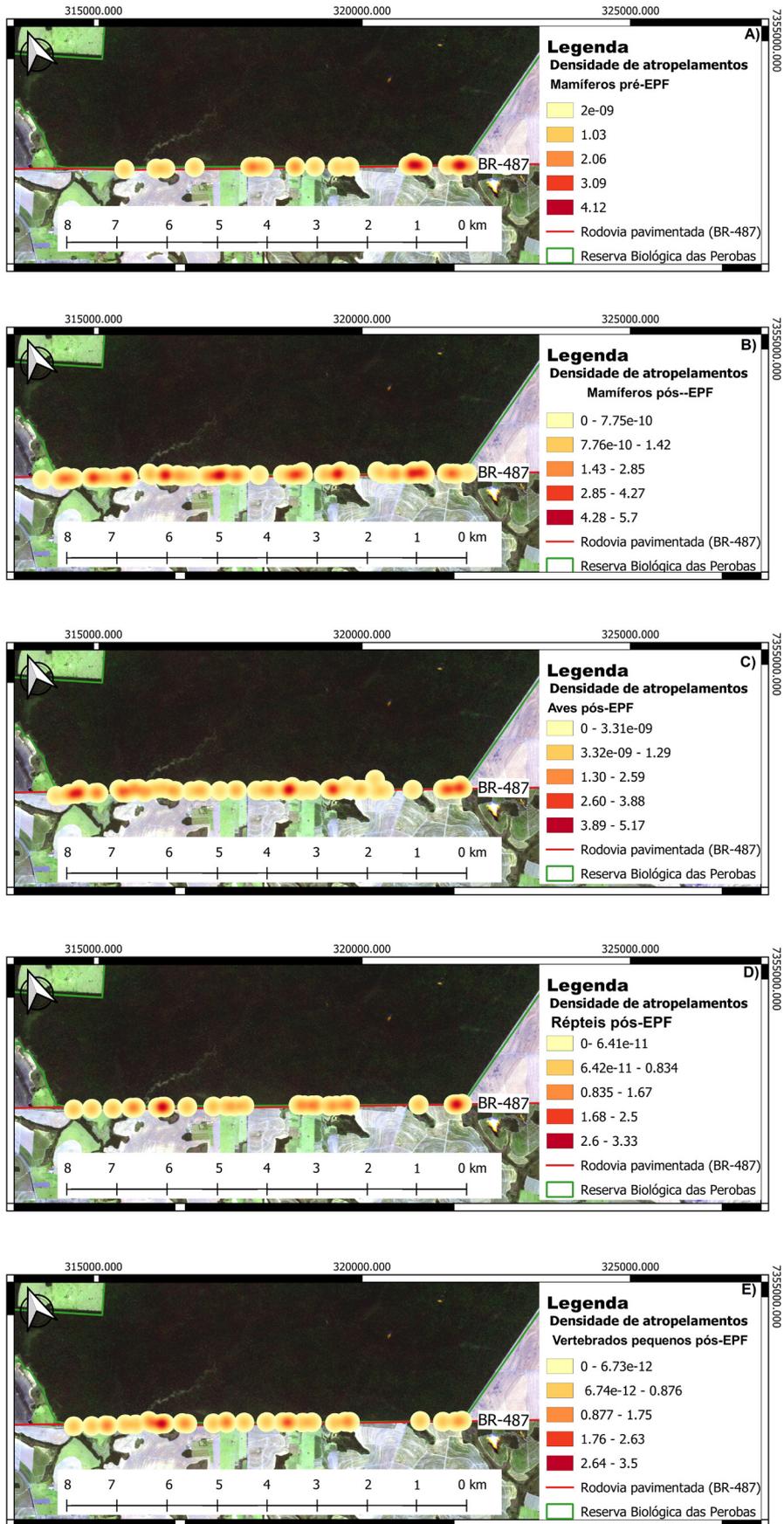


Figura 3 – apas dos hotspots de atropelamentos identificados através da estimativa da densidade de Kernel na BR-487 ao lado da Reserva Biológica das Perobas.

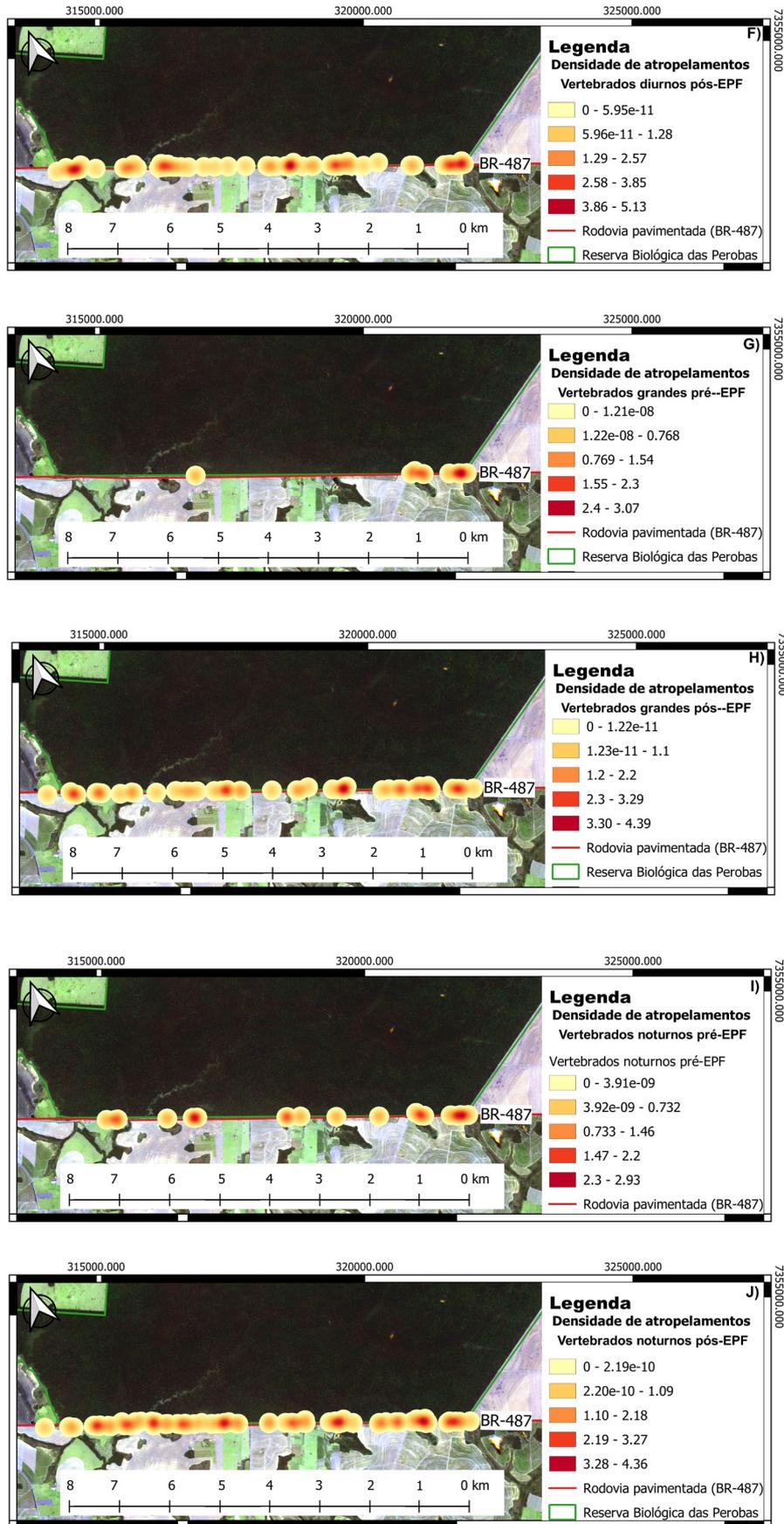


Figura 3 – (cont.) Mapas dos hotspots de atropelamentos identificados através da estimativa da densidade de Kernel na BR-487 ao lado da Reserva Biológica das Perobas.

Na estação chuvosa (de outubro a março), ocorreram 157 atropelamentos (59,7%), enquanto na estação seca (abril a setembro) foram 106 (40,3%). Para aves e mamíferos não ocorreu diferença no número de atropelamentos entre as

estações seca e chuvosa. Foi registrado apenas um anfíbio atropelado na estação seca; no entanto, não houve diferença significativa entre os períodos devido ao baixo número de registros total (9). Para répteis, os atropelamentos foram mais frequentes na estação chuvosa (p -value $<0,05$) (Fig. 4).

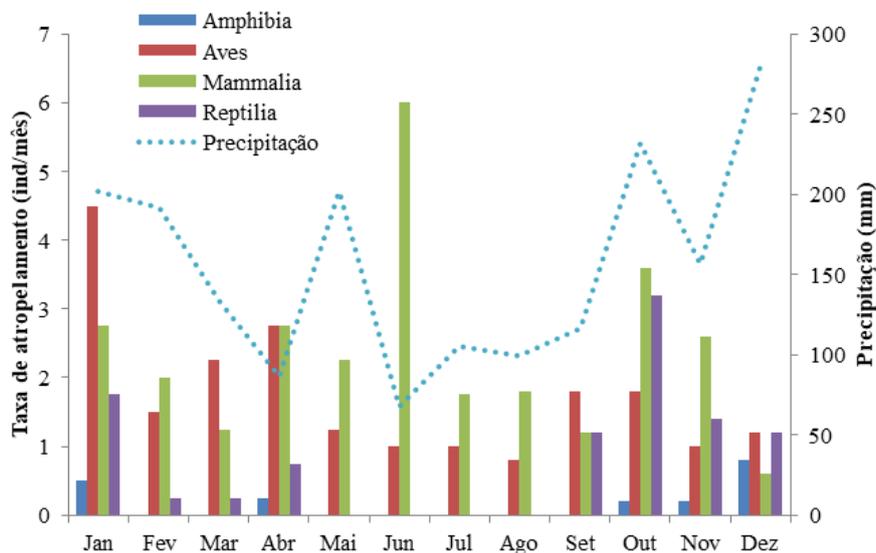


Figura 4 – Dados mensais de precipitação e taxa média mensal de atropelamentos de vertebrados (Anfíbios, Aves, Mamíferos e Répteis) na BR-487/PR, ao lado da Reserva Biológica das Perobas em Tuneiras do Oeste PR, no período de agosto de 2015 a dezembro de 2019 (Águas Paraná, 2020).

Discussão

Durante o período de monitoramento considerado para este estudo, de agosto de 2015 a dezembro de 2019, o maior número de atropelamentos registrados na BR-487, ao lado da Reserva Biológica das Perobas, ocorreu com os mamíferos, aves, répteis e anfíbios, em ordem decrescente de abundância, resultado comum em outras rodovias do Brasil (Rosa, 2004; Melo e Santos-Filho, 2007; Cunha et al., 2010). No entanto, a abundância total de animais atropelados nas rodovias frequentemente é subestimada, considerando que alguns indivíduos podem não ser registrados por desaparecem rapidamente da rodovia ou não serem detectados. Isso ocorre porque animais que se alimentam de carcaças podem remover os pequenos espécimes mortos (Antworth et al., 2005). Além disso, alguns animais podem ser lançados para fora da rodovia pela força da colisão ou ficam feridos e morrem longe da estrada (Slater, 2002). Entre as quatro classes de vertebrados atropelados na rodovia, o impacto

sobre os anfíbios pode ser o mais subestimado. Como esses animais apresentam menor tamanho, sua visualização por parte dos observadores se torna difícil devido à condição das carcaças, aos efeitos do tempo, consumo por outros animais, ou remoção pelo fluxo de veículos (Fischer, 1997; Guinard et al., 2012; Teixeira et al., 2013). Isso pode ter influenciado o baixo número de anfíbios registrados durante todo o período de estudo.

Para os répteis ocorreu maior número de atropelamentos na estação chuvosa, provavelmente devido ao movimento desses animais para reprodução, frequentemente associado com as estações de temperaturas elevadas (Becker et al., 2007; Freitas, 2009; Rosa et al., 2012; Braz & França, 2016). Os resultados encontrados neste estudo corroboram a hipótese de que o atropelamento de répteis é altamente influenciado pelas variações sazonais. Além da movimentação na fase de reprodução, os répteis são exotérmicos, então eles procuram áreas próximas das rodovias como fonte de calor, o que

umenta os riscos de atropelamentos (Laurance et al., 2009; Grilo et al., 2010; Machado et al., 2015).

Na classe das aves as espécies mais atropeladas foram *Crotophaga ani*, *Athene cunicularia* e *N. albicollis*. Essas espécies frequentemente estão entre as mais atingidas por atropelamentos (Turci e Bernarde, 2009; Dornas et al., 2012). *C. ani* é uma espécie que apresenta o hábito de se alimentar em áreas abertas, permanecendo bastante tempo perto das rodovias. Assim como *C. ani*, as espécies *A. cunicularia* e *N. albicollis* ficam expostas ao risco de atropelamento por buscarem alimento nas estradas. Além disso, são aves noturnas, o que contribui para o aumento de colisões devido à diminuição da visibilidade (Orlowski, 2008; da Rosa e Bager, 2012).

Os registros de mamíferos mostraram que as espécies mais atropeladas (*Cerdocyon thous* e *Sphiggurus villosus*) são aquelas que normalmente apresentam grande densidade populacional, possuem hábitos generalistas e noturnos, são localmente abundantes e que se deslocam bastante pela paisagem (Ford e Fahring, 2007; Smith-Patten e Patten, 2008; Barthelmess e Brook, 2010). O resultado encontrado por este estudo está de acordo com os achados de Cáceres et al. (2010), que registraram muitos cachorros-domato atropelados nas rodovias na Mata Atlântica. Na classe dos mamíferos ocorreu o registro de anta (*Tapirus terrestris*), espécie que está na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção, classificada como vulnerável (MMA, 2014). Para populações de espécies ameaçadas, a mortalidade por atropelamento, mesmo que em baixa ocorrência, gera impactos mais intensos, pois, para essas espécies que apresentam baixa densidade, qualquer mortalidade adicional pode contribuir para sua extinção (Rytwinski e Fahring, 2015). E, adicionalmente, é importante ressaltar que esse animal é uma espécie chave para o ecossistema florestal, pois exerce um papel fundamental na dispersão de sementes, devido à sua dieta rica em frutos (Guimarães et al., 2008).

O principal ponto de atropelamentos de mamíferos, inclusive de antas no período pré-EPF estava localizado próximo à entrada da Reserva (km 1). Com a instalação de refletivos e radar, esse local deixou de ser um dos principais *hotspots* de atropelamentos para mamíferos, demonstrando a importância da manutenção dessas medidas nesse ponto. Nos locais com refletivos, é necessária a

roçada do capim com frequência para que essas estruturas não fiquem escondidas, interferindo na efetividade delas. Além disso, é indispensável a reinstalação dos radares que foram retirados em outubro de 2018, porque, apesar do limite estabelecido na via de 60 Km/h, a condução com excesso de velocidade é uma prática recorrente, facilitada pela característica retilínea da pista. Antes da instalação dos radares, ocorreu o atropelamento de duas antas próximo à entrada da reserva. Após os radares, não houve nenhum acidente com essa espécie; e, no dia seguinte à retirada desses equipamentos, mais uma anta foi atropelada, enfatizando a necessidade dessa medida para evitar colisões com esse animal, que, além de estar ameaçado de extinção, pode colocar em risco os usuários da rodovia, devido ao seu grande porte.

Após a instalação das EPFs, os principais pontos de atropelamentos de vertebrados silvestres ocorreram em locais onde estão presentes alambrados com passagens de fauna. Esse resultado sugere que répteis, e até mesmo mamíferos de pequeno e médio porte, principalmente o ouriço (*Sphiggurus villosus*), podem estar passando pelo alambrado, indicando que o espaçamento da malha poderia ser menor para evitar atropelamentos desses animais. A malha utilizada nos alambrados é de 10x10 cm, não correspondendo ao indicado por Luell et al. (2003), que advertem para a necessidade de uma malha de, no máximo, 4x4 cm. Além disso, esse tipo de alambrado não é adequado para evitar que animais escaldadores e cavadores, como ouriços e tatus consigam transpor. Estudos sugerem que o alambrado pode apresentar um topo negativo e uma superfície vertical lisa, para evitar que os animais subam sobre eles, ou a base da cerca pode ser enterrada ou incluir uma saia para evitar que os animais cavem e ultrapassem o alambrado (van der Ree et al., 2015; Rytwinski et al., 2016).

É necessário ressaltar que as variações espaciais e temporais de atropelamentos possivelmente estão relacionadas com as diferenças no fluxo de veículo durante o ano ou flutuações populacionais (Smith-Patten e Patten, 2008; Coelho et al., 2012). Infelizmente, para nosso conhecimento, os dados de fluxo de veículos não existem para nossa área de estudo. No entanto, é possível ter um indício de que o fluxo de veículos aumentou ao longo dos anos, considerando que isso é uma tendência em rodovias novas, que

apresentam um aumento de tráfego nos anos subsequentes a sua pavimentação. Deste modo, o fato de o número de atropelamento ter se mantido similar entre os períodos pré-EPF e pós-EPF, mesmo com o aumento do fluxo de veículo na BR-487, pode sugerir que as medidas de mitigação de atropelamentos estão sendo efetivas para reduzir o número potencial de acidentes de animais de médio e grande porte. É importante destacar que estudos com maior força inferencial sobre a efetividade de medidas de mitigação utilizam o modelo antes-depois-controle-impacto (BACI), que compara os locais antes e após a instalação das estruturas de proteção com os locais controle, que não possuem essas estruturas (Roedenbeck et al., 2007). No presente estudo, como não foi possível aplicar o modelo BACI completo, devido à falta de uma área controle adequada, então foi utilizado o delineamento parcial antes-depois (BA). No entanto, como não há locais de controle, não é possível excluir a interferência de outros fatores no número de atropelamentos. Para os animais de pequeno porte, a avaliação da efetividade das medidas de proteção é dificultada, considerando que o número de atropelamentos real pode ser maior que o registrado, devido à maior facilidade de remoção das carcaças pela passagem de veículos. Desta forma, os alambrados necessitam de melhorias para evitar atropelamentos de animais de pequeno e médio porte e daqueles que possuam capacidade de escavar e escalar.

A avaliação em longo prazo da efetividade dos radares e refletivos é comprometida em parte pela ação de vândalos, que depredam os refletivos e danificam os radares. Vários refletivos foram removidos, e a reposição dessas estruturas depende de recursos financeiros externos, pois são caras e não são fabricadas no Brasil. Os radares, logo após sua instalação, foram danificados. Uma medida alternativa aos radares são os redutores de velocidade, que são efetivos na mudança de comportamento dos condutores de veículos, e menos suscetíveis ao vandalismo. (Ascensão et al., 2013; van der Ree et al., 2015). É importante destacar que a manutenção das estruturas de proteção da fauna não visa apenas à proteção dos animais silvestres, mas também à segurança dos usuários da rodovia, considerando que a colisão ou a tentativa de desviar de um animal na pista pode provocar graves acidentes.

Este estudo reforça a importância de monitorar o atropelamento de fauna nas rodovias,

especialmente ao redor de áreas protegidas, considerando que esse impacto ambiental negativo pode representar uma forte ameaça para as populações silvestres. Identificar os principais pontos de atropelamentos e as espécies ou grupos taxonômicos mais afetados pode auxiliar na elaboração de medidas eficazes para melhorar a conservação da biodiversidade. Avaliar a efetividade das EPFs é fundamental para expor as necessidades de melhorias nessas estruturas, além de auxiliar na decisão de gestores de outras áreas protegidas, sobre a implementação de medidas e recursos para a proteção da fauna silvestre.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicam quais são os animais mais registrados e a distribuição espacial dos atropelamentos na BR-487, ao lado da Reserva Biológica das Perobas. Esses dados podem direcionar algumas adequações necessárias nas EPFs, como a reinstalação dos radares, as adequações dos alambrados e a roçada do capim com mais frequência para evitar a sobreposição dos refletivos. Esses ajustes podem contribuir para o aumento da efetividade das EPFs, influenciando na proteção da fauna local e dos condutores de veículos.

A similaridade no número de atropelamentos nos períodos pré- e pós-EPF, mesmo com o aumento no fluxo de veículos, indicam que as EPFs estão contribuindo para que o número de atropelamentos de animais de médio e grande porte não apresente um aumento significativo.

É necessário que o monitoramento da fauna silvestre atropelada ao lado da Reserva Biológica das Perobas continue ocorrendo, e as recomendações feitas sejam implementadas, para que as estruturas instaladas para a redução dos atropelamentos sejam eficazes. Do mesmo modo, é fundamental que a avaliação da efetividade das estruturas de proteção seja contínua, considerando que as informações levantadas por estas análises, podem contribuir com outras áreas protegidas do país que necessitem reduzir os impactos negativos das estradas.

Agradecimentos

À equipe de brigadistas da Reserva Biológica das Perobas (Júlio Cezar dos Santos, Sidnei do

Carmo Bequer, Wilians Batista de Oliveira, Vitor Emanuel Silva Machado, Maykon Junior Moraes Danguí, Clodoaldo Araújo dos Reis e João Henrique Secco), pelo auxílio na coleta de dados.

Referências

Andrews KM, Gibbons JW, Jochimsen DM. Ecological effects of roads on amphibians and reptiles: a literature review In: Mitchell JC, Jung Brown RE, Bartholomew B. Urban Herpetology: Herpetological Conservation, Society for the Study of Amphibians and Reptiles, Salt Lake City, Utah, USA; 2008; 3: 121-143.

Antworth RL, Pike DA, Stevens EE. Hit and run: effects of scavenging on estimates of roadkilled vertebrates. *Southeastern Naturalist*. 2005; 4(4): 647-656.

Ascensão F, Clevenger A, Santos-Reis M, Urbano P, Jackson N. Wildlife-vehicle collision mitigation: is partial fencing the answer? An agent-based model approach. *Ecol. Model*. 2013; 257: 36-43.

Bager A. Repensando as medidas mitigadoras impostas aos empreendimentos viários associados às unidades de conservação. In: Bager A. (ed.), Áreas Protegidas. Conservação no âmbito do Cone Sul, Pelotas; 2003; 159-172p.

Barthelme EL, Brooks MS. The influence of body-size and diet on road-kill trends in mammals. *Biodivers. Conserv*. 2010; 19: 1611-1629.

Becker CG, Fonseca CR, Haddad CFB, Batista RF, Prado PI. Habitat-split and the Global Decline of Amphibians. *Science*. 2007; 318: 1775-1777.

Decreto de 20 de março de 2006 (Brasil). Cria a Reserva Biológica das Perobas, no Estado do Paraná, e dá outras providências. [Internet] Diário Oficial da União. 2006 mar. 06 [citado 20/05/2019]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/dnn/Dnn10793.htm.

Braz VDS, França FGR. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. *Biota Neotropica*. 2016; 16(1).

Brehme CS, Tracey JA, McClenaghan LR, Fisher RN. Permeability of roads to movement of scrubland lizards and small mammals. *Conservation Biology*. 2013; 27: 710-720.

Cáceres NC, Hannibal W, Freitas DR, Silva EL, Roman C and Casella J. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in southwestern Brazil. *Zoologia*, 27: 709-717.

Clark RW, Brown WS, Stechert R, Zamudio KR. Roads, interrupted dispersal, and genetic diversity in Timber Rattlesnakes. *Conservation Biology*. 2010; 24: 1059-1069.

Clevenger AP, Ford AT. Wildlife crossing structures, fencing, and other highway design considerations. In: Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA (eds). *Safe passages: highways, wildlife, and habitat connectivity*. Island Press, Washington. 2010; 17-49.

Coelho AVP, Coelho PI, Kindel A, Teixeira FZ. *Siriema: manual do Usuário v1.1*. Universidade federal de Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2011; 23p.

Coelho AVP, Coelho IP, Teixeira FT, Kindel A. *Siriema: road mortality software*. Manual do Usuário v. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2014; [acesso em: 23/06/2019]. Disponível em: www.ufrgs.br/siriema

Coelho IP, Teixeira FZ, Colombo P, Coelho AVP, Kindel A. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management*. 2012; 112: 17-26.

Cunha HF Da, Moreira FGA, Silva SDS. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 2010; 32(3): 257-263.

da Rosa CA, Bager A. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. *J. Environ. Manag*. 2012; 97: 1-5.

Dettke GA, Crespão LMP, Siquerolo LV, Siqueira EL, Caxambú MG. Floristic composition of the Seasonal Semideciduous Forest in Southern Brazil: Reserva Biológica das Perobas, State of Paraná. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*. 2018; 40.

Dornas RAP, Kindel A, Bager A, Freitas SR. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: Bager A. *Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas*. Lavras: Editora UFLA. 2012; 139-152.

Eisenberg JF, Redford KH. *Mammals of the Neotropics – the Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*, Chicago: University of Chicago; 1999.

Emmons LH, Feer F. *Neotropical rainforest mammals: A field guide*, Chicago: University of Chicago. 1997.

Fischer WA. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal/MS [dissertação]. Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. 1997.

Ford AT, Fahrig L. Diet and body size of North American mammal road mortalities. *Transp. Res. Part D: Transp. Environ*. 2007; 12: 498-505.

Freitas CH. Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos condicionantes e valoração econômica da fauna [tese]. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2009; 85p.

Glista DJ, De Vault TL, De Woody JA. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landsc Urban Plan*. 2009; 91: 1-7.

- Goosem M, Izumi Y, Turton S. Efforts to restore habitat connectivity for an upland tropical rainforest fauna: a trial of underpasses below roads. *Ecol. Manage. Restor.* 2001; 2: 196-202.
- Graham K, Boulanger J, Duval J, Stenhouse G. Spatial and temporal use of roads by grizzly bears in west-central Alberta. *Ursus.*, 2010; 21(1): 43-56.
- Grilo C, Bissonette J, Santos-Reis M. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. *Biol. Conserv.*, 2009; 142: 301-313.
- Grilo C, Bissonette JA, Cramer PC. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: Jones SR (ed.). *Highways: Construction, Management, and Maintenance.* 2010; 73-114. USA: Nova Science Publishers, Inc. Retrieved from <http://digital.csic.es/handle/10261/42404>
- Guimarães PR, Galetti M, Jordano P. Seed dispersal anachronisms: rethinking the fruits extinct megafauna ate. *PLoS ONE.* 2008; 3(3).
- Guinard E, Julliard R, Barbraud C. Motorways and bird traffic casualties: carcasses surveys and scavenging bias. *Biol. Conserv.* 2012; 147: 40-51.
- Gray CL, Hill SL, Newbold T, Hudson LN, Börger L, Contu S, Hoskins JA, Ferrier S, Andy Purvis A, Scharlemann JP. Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide. *Nature Communications.* 2016; 7(1): 1-7.
- Huijser MP, MCGowen PT. Reducing Wildlife-Vehicle Collisions. In: Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty, JA (eds.). *Safe passages*, Island Press, Washington, DC. 2010; 51-74p.
- ICMBio. (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade). Plano de Manejo da Reserva Biológica das Perobas. Encarte 3: Análise de Unidade de Conservação. Brasília. 2012.
- Instituto das Águas do Paraná – Águas Paraná. Dados históricos de precipitação. [acesso: 03 de março de 2020]. Disponível em: <http://www.sihweb.aguasparana.pr.gov.br/sih-web/gerarRelatorioAlturasMensaisPrecipitacao.do?action=carregarInterfaceInicial>.
- IUCN. The IUCN Red List of Threatened Species 2014. [acesso: 03 de março de 2020] Disponível em: www.iucnredlist.org.
- Iuell B, Bekker H, Cuperus R, Dufek J, Fry G. Wildlife and Traffic: a European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. In: The XXIInd PIARC World Road Congress World Road Association-PIARC. 2003.
- Laurance WF, Goosem M, Laurance SGW. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Tree.* 2009; 24(12): 659-699.
- Lesbarrères D, Fahrig L. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends Ecol. Evol.* 2012; 27: 374-380.
- Machado FS, Fontes MA, Moura AS, Mendes PB, Romão BDS. Roadkill on vertebrates in Brazil: seasonal variation and road type comparison. *North-Western Journal of Zoology.* 2015; 11(2).
- Malo JE, Suárez F, Díez A. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? *J. Appl. Ecol.* 2004; 41: 701-710.
- Melo ES, Santos-Filho M. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. *Revista Brasileira de Zootecias.* 2007; 9(2): 85-192.
- Myers P, Espinosa R, Parr CS, Jones T, Hammond GS, Dewey TA. The animal diversity web. University of Michigan Museum of Zoology [internet]. [cited: 2020 september 15]; 2020. Available from: <http://animaldiversity.org>.
- MMA (Ministério do Meio Ambiente) 2014. Portaria Nº 444, de 17 de Dezembro de 2014. Diário Oficial da União. 2014 dez. 17 [citado: 2019 mai. 21]. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-plano-de-acao/00-saiba-mais/04_-_PORTARIA_MMA_N%C2%BA_444_DE_17_DE_DEZ_DE_2014.pdf.
- Orlowski G. Roadside hedgerows and trees as factors increasing road mortality of birds: implications for management of roadside vegetation in rural landscapes. *Landsc. Urban Plan.* 2008; 86: 153-161.
- Ortêncio Filho H, Canuto VC. Mamíferos. In: Reserva Biológica das Perobas – Uma Ilha de Biodiversidade no Noroeste do Paraná. 1ed. Curitiba: UFPR/ICMBio. 2015; 40-47p.
- Roedenbeck IA, Fahrig L, Findlay CS, Houlahan JE, Jaeger JAG, Klar N, Kramer-Schadt S, Van der Griff EA. The Rauschholzhausen agenda for road ecology. *Ecology and Society.* 2007; 12(1): 11. [internet]. [citado: 2010 jun. 21] Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art11/>
- Rosa CA, Cardoso TR, Teixeira FZ, Bager A. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: Bager A (ed.). *Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas.* Lavras, MG: Editora UFPA; 2012; 79-99p.
- Rouse JD, Willson RJ, Black R, Brooks RJ. Movement and spatial dispersion of *Sistrurus catenatus* and *Heterodon platirhinus*: Implications for interactions with roads. *Copeia.* 2011; 3: 443-456.
- Rytwinski T, Fahrig L. The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations. In: Van Der Ree R, Smith DJ, Grilo C. *Handbook of Road Ecology.* Oxford: Wiley Blackwell; 2015; 237-246p.



Rytwinski T, Soanes K, Jaeger JA, Fahrig L, Findlay CS, Houlihan J, Van Der Ree R, van der Grift EA. How effective is road mitigation at reducing road-kill? A meta analysis. *PLoS one*. 2016; 11: 1-25.

Slater FM. An assessment of wildlife road casualties - The potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecology*. 2002; 3: 33-42.

Smith-Patten BD, Patten MA. Diversity, seasonality, and context of mammalian roadkills in the southern Great Plains. *Environ. Manag.* 2008; 41: 844-852.

Teixeira FZ, Coelho AVP, Esperandio IB, Kindel A. Vertebrate road mortality estimates: effects of sampling methods and carcass removal. *Biol. Conserv.* 2013; 157: 317-323.

Turci LCB, Bernarde PS. Vertebrados atropelados na rodovia estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*. 2009; 22(1): 121-127.

van der Ree R, Gagnon JW, Smith DJ. Fencing: a valuable tool for reducing wildlife-vehicle collisions and funneling fauna to crossing structures. In: van der Ree R, Smith D, Grilo C, (eds.). *Handbook of Road Ecology*. Oxford: John Wiley & Sons. 2015; 159-171p.

van der Ree R, van der Grift EA, Gulle N, Holland K, Mata C, Suarez F. Overcoming the barrier effect of roads: how effective are mitigation strategies? An international review of the use and effectiveness of underpasses and overpasses designed to increase the permeability of roads for wildlife. In: Irwin CL, Nelson D, McDermott KP (eds.). *Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation*. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh. 2007; 423-431p.

Biodiversidade Brasileira – BioBrasil.
Fluxo Contínuo
n.1, 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

