

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

Trabalho de Conclusão em Ciências Biológicas

**Padrões de Mortalidade de Mamíferos em Três Rodovias do Estado do
Rio Grande do Sul**

Ingridi Camboim Franceschi

Orientador: Dr. Andreas Kindel

Coorientadora: Dr^a Tatiane Campos Trigo

Porto Alegre, 2018

INGRIDI CAMBOIM FRANCESCHI

**Padrões de Mortalidade de Mamíferos em Três Rodovias do Estado do
Rio Grande do Sul**

Trabalho de Conclusão apresentado à
Comissão de Graduação do curso de
Ciências Biológicas da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como
requisito parcial e obrigatório para a
obtenção do grau de Bacharel em
Ciências Biológicas.

Banca Examinadora:
Dr^a. Fernanda Zimmermann Teixeira
Dr^a. Flávia Pereira Tirelli
Prof. Dr. Andreas Kindel

Porto Alegre, Janeiro de 2018

Agradecimentos

Quero agradecer a meus orientadores, Andreas Kindel e Tatiane Trigo, por terem tornado esse trabalho de conclusão possível. Primeiramente, à Tati por ter me escolhido como sua bolsista, e estar me orientando há todos esses anos, me proporcionado tanto aprendizado e experiências que definam a pessoa e a bióloga que sou hoje, e por me aturar há tanto tempo com a minha ansiedade e drama. Ao Andreas por ter aceitado entrar nessa loucura, e apesar do pouco de orientação, aprendi e questionei muitas coisas, reforçando alguns assuntos que aprendi contigo em aula, e outras coisas novas, e obrigada por dar bons conselhos e ouvir os meus desabafos. Queridos orientadores, Andreas e Tati, obrigada por todo conhecimento, paciência e dedicação, e desculpa o meu desespero, cansaço e infinitos e-mails, mas, principalmente, por serem pessoas incríveis, admiro muito vocês, obrigada por me inspirarem.

Agradecer à Fundação Zoobotânica por ter me acolhido tantos anos, e apesar das dificuldades, seguimos na luta, e guardo no coração ótimas recordações e histórias, pois foi o local onde eu adquiri muito conhecimento da minha área, e descobri coisas novas. Foi na Fundação que conheci pessoas incríveis que levarei para vida toda, como as minhas amadas colegas de laboratório Cauanne e Glenda, o técnico Mariano, a Dr^a Márcia, e os Drs. Patrick e Jan. Obrigada FZB por ser tão encantadora, estar sempre de portas abertas a receber tantos estudantes, e prestar um excelente serviço ao estado.

Ao meu namorado, Daniel, por ser meu porto seguro, me dando todo apoio e carinho em todos os meus momentos bons e péssimos, me ajudando no possível, escutando todos os meus desabafos, me abraçando todas as vezes que eu chorava, e que não foram poucas. Obrigada por ser tão compreensivo, me distrair e me fazer rir quando eu mais precisava, por segurar as pontas comigo, e compartilhar comigo esta etapa da minha vida.

A todas as minhas amigas e amigos por me darem suporte e me aconselharem, mas em especial a Carol, Cíntia e a Vanessa, por serem ótimas amigas, certamente não teria conseguido chegar até aqui sem vocês durante todos estes anos. Obrigada gurias, por todas as risadas, histórias, desesperos, festas, enfim por todos os momentos. Nesta última etapa, agradeço a vocês por me ajudarem a qualquer momento, entenderem a minha ausência, e até mesmo compartilhando os mesmos sentimentos.

A minha família por todo amor, apoio e compreensão pela minha ausência e visitas rápidas. Dedico o fim desta etapa aos meus pais, Adriana e Iliceu, por sempre estarem dispostos a me ajudar e me escutar durante toda a faculdade, me dando muito amor e carinho em todos os meus altos e baixos, vocês são essenciais para mim. Obrigada por tudo, e desculpa todas as minhas falhas durante esses anos, estive muito ocupada tentando dar o meu melhor para dar orgulho a vocês e acabei sendo ausente as vezes.

A minha princesa, minha cadela, Bibi, por ser tão companheira e carinhosa, passando dias e noites ao meu lado me ajudando a estudar, me pedindo atenção para descontrair e me fazer relaxar, e me fazendo rir muitas vezes. Desculpa a minha ausência, tua presença é fundamental para mim.

O presente trabalho de conclusão é constituído por um artigo que foi formatado conforme as normas editoriais da Revista *European Journal of Wildlife Research* (Anexo I), com exceção das figuras que foram inseridas no corpo do texto.

Resumo

A mortalidade de mamíferos em rodovias no entorno de unidades de conservação é uma das ameaças que pode afetar a persistência das populações protegidas ou a dinâmica de recolonizações regionais a partir dessas áreas. Este estudo teve como objetivo avaliar os padrões de atropelamentos de mamíferos em três rodovias que atravessam ou circundam duas unidades de conservação no sul do Brasil, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) e o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) no estado do Rio Grande do Sul, e indicar as áreas prioritárias e as medidas mais adequadas para implementação de ações mitigatórias. Descrevemos a magnitude de atropelamentos e sua relação com atributos climáticos (temperatura e precipitação), a variação temporal na mortalidade e a distribuição espacial desta. As rodovias estudadas ERS-030, ERS-040 e BR-101 foram monitoradas mensalmente durante todo o ano de 2015. Foram registradas 274 carcaças de 15 espécies de mamíferos, sendo 105 registros na ERS-030, 107 na BR-101 e 62 na ERS-040. Não foram detectadas variações temporais significativas nas taxas de atropelamento ao longo do ano. Foi encontrado uma correlação positiva entre a temperatura e o número absoluto de atropelamentos mensais para a BR-101, e com a exclusão da espécie dominante, o gambá-de-orelha-branca, detectamos também uma correlação positiva entre número de atropelamentos e temperatura na ERS-030 e número de atropelamentos e precipitação na ERS-040. O número de *hotspots* em cada estrada variou quando comparamos análises com e sem a espécie dominante. Na escala regional, nossos resultados indicam, caso existam restrições orçamentárias ou técnicas, que a BR-101 deva receber ações de mitigação com prioridade em relação às demais rodovias. Para cada uma das rodovias, consideradas separadamente, os trechos apontados com maior concentração de mortalidade, sem a influência da espécie dominante, são prioritários para implementação de medidas mitigatórias.

Abstract

The mortality of mammals on roads around conservation areas is one of the threats that may affect the persistence of protected populations or the dynamics of regional recolonizations from these protected areas. The aim of this study was to evaluate the patterns of mammals' roadkills on three highways that cross or surround two conservation units from southern Brazil, Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) and Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) in Rio Grande do Sul state, and indicate priority areas and the most appropriate measures for the implementation of mitigation actions. We describe the magnitude of roadkills and its relationship with climatic attributes (temperature and rainfall), the temporal variation in mortality and its spatial distribution. The studied ERS-030, ERS-040 and BR-101 highways were monitored monthly throughout the year 2015. We recorded 274 carcasses of 15 mammalian species, being 105 records in ERS-030, 107 in BR-101 and 62 in ERS-040. We did not detect significant temporal variations in roadkills' rates over the year. We found a positive correlation between temperature and the absolute number of monthly roadkills from BR-101, and with the exclusion of the dominant species, the white-ear-opossum, we also detected a positive correlation between the number of roadkills and temperature in ERS-030 and number of roadkills and precipitation in ERS-040. The number of hotspots on each road varied when we compared analyses with and without the dominant species. At the regional scale, our results indicate that, if there are budget or technical constraints, BR-101 should receive mitigation actions with priority over other highways. For each highway, the sections with the highest mortality concentration, without the influence of the dominant species, are priority for the implementation of mitigation measures.

Padrões de Mortalidade de Mamíferos em Três Rodovias do Estado do Rio Grande do Sul

Ingridi Camboim Franceschi^{1,2}, Andreas Kindel², Glenda Jéssica Silva Villarroel³ e Tatiane Campos Trigo¹

¹Setor de Mastozoologia do Museu de Ciências Naturais, Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul, Rua Dr. Salvador França, 1427, CEP 90.690-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF), Departamento de Ecologia, Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, CEP 91501970, Porto Alegre, RS, Brasil.

³Laboratório de Ecologia de Mamíferos; Universidade do Vale do Rio do Sinos, São Leopoldo, RS, Brasil.

E-mail para correspondência: tatiane-trigo@fzb.rs.gov.br

Palavras-Chave: Ecologia de Estradas; Unidades de Conservação; Hotspots; Mitigação de impactos

Agradecimentos: Agradecemos ao CNPq pelo fornecimento da bolsa de iniciação científica a Ingridi Camboim Franceschi, ao Mariano Pairet pelo suporte em todos os monitoramentos, e a Fernanda Zimmermann Teixeira e Flávia Pereira Tirelli por revisarem o manuscrito.

Resumo

A mortalidade de mamíferos em rodovias próximas de unidades de conservação é uma das ameaças que pode afetar a persistência das populações protegidas ou a dinâmica de recolonizações regionais. Este estudo teve como objetivo avaliar os padrões de atropelamentos de mamíferos em três rodovias próximas a duas unidades de conservação no sul do Brasil, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) e o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) no estado do Rio Grande do Sul, e indicar as áreas prioritárias e as medidas mitigatórias mais adequadas. Descrevemos a magnitude de atropelamentos e sua relação com atributos climáticos (temperatura e precipitação), a variação temporal na mortalidade e a distribuição espacial. As rodovias estudadas ERS030, ERS040 e BR101 foram monitoradas mensalmente durante todo o ano de 2015. Registramos 274 carcaças de 15 espécies de mamíferos, sendo 105 registros na ERS030, 107 na BR101 e 62 na ERS040. Não detectamos variações temporais significativas nas taxas de atropelamento ao longo do ano. Encontramos uma correlação positiva entre a temperatura e o número absoluto de atropelamentos mensais para a BR101, e com a exclusão da espécie dominante, detectamos também uma correlação positiva entre número de atropelamentos e temperatura na ERS030 e número de atropelamentos e precipitação na ERS040. O número de *hotspots* em cada estrada variou quando comparamos análises com e sem a espécie dominante. Para cada uma das rodovias, os trechos apontados com maior concentração de mortalidade, sem a influência da espécie dominante, são prioritários para implementação de medidas mitigatórias.

Introdução

As rodovias são infraestruturas lineares presentes em todo o mundo, sendo consideradas importantes para o desenvolvimento econômico e social de uma região (Coffin 2007; Laurance e Balmford 2015). No entanto, a introdução de uma rede de rodovias pode provocar alterações profundas nas características de uma paisagem, podendo gerar efeitos negativos no ambiente de entorno. Dentre os principais impactos negativos das rodovias sobre a fauna silvestre, incluem-se a alteração no comportamento das espécies devido à poluição sonora e visual, emissão de poluentes químicos e presença humana; a fragmentação e isolamento de populações; e alterações nas dinâmicas populacionais, com interferência nas taxas de mortalidade por altos índices de atropelamentos (Fahrig e Rytwinski 2009; Rytwinski e Fahrig 2015; Taylor e Goldingay 2010).

Os atropelamentos vêm sendo amplamente considerados em estudos de conservação por constituírem um dos impactos mais evidentes sobre a fauna silvestre, ultrapassando até mesmo a caça ilegal como principal fator antropogênico de mortalidade direta de vertebrados terrestres (Forman e Alexander 1998; Laurance et al. 2002). A mortalidade tem consequências importantes sobre as comunidades locais, incluindo alterações na composição, riqueza e abundância relativa de espécies, assim como na persistência de populações locais prazo (Fahrig e Rytwinski 2009; Jackson e Fahrig 2011; Rosa e Bager 2013; Rytwinski e Fahrig 2015).

Vários estudos recentes têm focado na avaliação dos padrões de mortalidade de mamíferos em rodovias. As colisões de veículos com espécimes da fauna silvestre são influenciadas temporal e espacialmente por características das rodovias, pelo ambiente adjacente e pela ecologia das espécies da região (Ascensão et al. 2015; Downing et al. 2015; Fahrig e Rytwinski 2009). Variações nos padrões temporais de atropelamentos podem ser propiciadas por fatores climáticos como temperatura e precipitação, indicando os períodos de atividade das espécies, tais como épocas de reprodução, dispersão e forrageio (Coelho et al. 2008; Cuyckens et al. 2016; Garriga et al. 2012, 2017). Já os padrões espaciais de atropelamentos podem ter causas diferentes, podendo ser influenciados pelo design da estrada, incluindo tipo de pavimentação, presença de curvas, largura e extensão, e ainda a intensidade do tráfego (Rosa e Bager 2013; Carvalho et al. 2015; Jones et al. 2015; Teixeira et al. 2013). Além disso, a qualidade e a quantidade de habitats e recursos disponíveis, e a presença de áreas sob influência

antrópica nas proximidades das rodovias são aspectos que podem influenciar espacialmente as taxas de atropelamentos (Coffin 2007; Karlson et al. 2014; Saranholi et al. 2016; Teixeira et al. 2013). Próximo a áreas protegidas, tendo em vista que estes locais tendem a apresentar uma maior diversidade e abundância de espécies, é esperado um maior índice de atropelamentos (Garriga et al. 2012; Jones et al. 2015; Saranholi et al. 2016).

É evidente a necessidade de estudos voltados especialmente para espécies que tendem a sofrer um maior impacto sobre suas populações locais. Mamíferos de médio a grande porte, em geral, apresentam menores densidades populacionais e taxas reprodutivas e áreas de vida maiores, presumivelmente aumentando a interação com rodovias e os riscos para a persistência das populações (Rytwinski e Fahrig 2011). A condução deste tipo de estudo em áreas mais suscetíveis a estes impactos como aquelas incluídas dentro ou próximo de áreas protegidas também é prioritária.

Nosso estudo teve como objetivo avaliar os padrões de atropelamentos de mamíferos em trechos específicos de três rodovias que atravessam ou circundam duas unidades de conservação no sul do Brasil, a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) e o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) na porção leste do Estado do Rio Grande do Sul. Avaliamos a hipótese da existência de diferenças entre as três rodovias monitoradas através da composição e a magnitude de atropelamentos da fauna de mamíferos silvestres nativos e exóticos, bem como a distribuição temporal e espacial dos atropelamentos. A intenção foi identificar períodos e locais de maior abundância de atropelamentos e indicar as áreas prioritárias e as medidas mais adequadas para implementação de estratégias que reduzam o impacto destas infraestruturas sobre a comunidade de mamíferos ocorrente nas unidades de conservação e suas adjacências.

Materiais e Métodos

Área de Estudo

O estudo foi realizado no estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil, na região metropolitana de Porto Alegre, em uma área de transição entre os biomas Pampa e Mata Atlântica, envolvendo seis municípios (Gravataí, Glorinha, Santo Antônio da Patrulha, Osório, Capivari do Sul e Viamão).

Duas unidades de conservação estaduais encontram-se nesta região: a Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) e o Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP), sendo que esta última se encontra dentro da primeira unidade (Fig. 1; MS1). A APABG é uma unidade de categoria VI pela classificação da IUCN (Dudley 2008) com uma área de 136.935 hectares, ocupando 2/3 da bacia hidrográfica do rio Gravataí. A APABG é um mosaico de áreas úmidas (herbáceas, arbustivas e arbóreas), áreas urbanas e agropastoris (predominando o cultivo de arroz), tendo como principal objetivo a proteção dos banhados formadores do rio Gravataí, compatibilizando o desenvolvimento socioeconômico com a proteção dos ecossistemas preservados (SEMA 2017a). O RVSBP por sua vez, é uma unidade categoria IV da IUCN (Dudley 2008) com cerca de 2.560 hectares destinada também à proteção de banhados e outros ecossistemas relacionados ao bioma Pampa (SEMA 2017b).

Três importantes rodovias do estado cortam áreas destas unidades ou encontram-se no entorno destas, sendo duas delas rodovias estaduais, ERS-030 e ERS-040, e uma federal, BR-101 (Fig. 1; MS1). As três rodovias são asfaltadas e de pista simples para cada sentido, e apresentam limite de velocidade de 80 km/h. O trecho avaliado na ERS-030 faz conexão entre os municípios de Gravataí na região metropolitana de Porto Alegre a Osório na região litorânea, com extensão de 69 km. Esta rodovia atravessa a porção norte da APABG, e apresenta paisagens de entorno que incluem trechos de urbanização ou áreas rurais intercaladas por áreas ainda preservadas de matas de encosta. O segmento da BR-101 incluído no estudo encontra-se a leste da APABG, não atravessando a unidade, mas situando-se na sua região de entorno. O trecho estende-se da cidade de Osório até a cidade de Capivari do Sul, somando 36 km de extensão. A vegetação presente no entorno desta rodovia é basicamente composta por campos, plantações de arroz ou *Eucalyptus* sp., e algumas manchas de mata nativa. Já a ERS-040 atravessa a porção sul da APABG, e inclui o limite sul do RVSBP. O trecho monitorado para esta rodovia conecta as cidades de Capivari do Sul, próxima ao litoral, a Viamão na região metropolitana, totalizando 53 km de extensão. Esta rodovia apresenta uma paisagem dominada por mosaicos de campos, áreas agrícolas (sobretudo arrozais) e plantações de *Eucalyptus* sp., sendo ainda possível encontrar pequenos fragmentos de mata nativa. Incluindo os três trechos descritos, o monitoramento dos atropelamentos compreendeu a extensão total de 158 km.

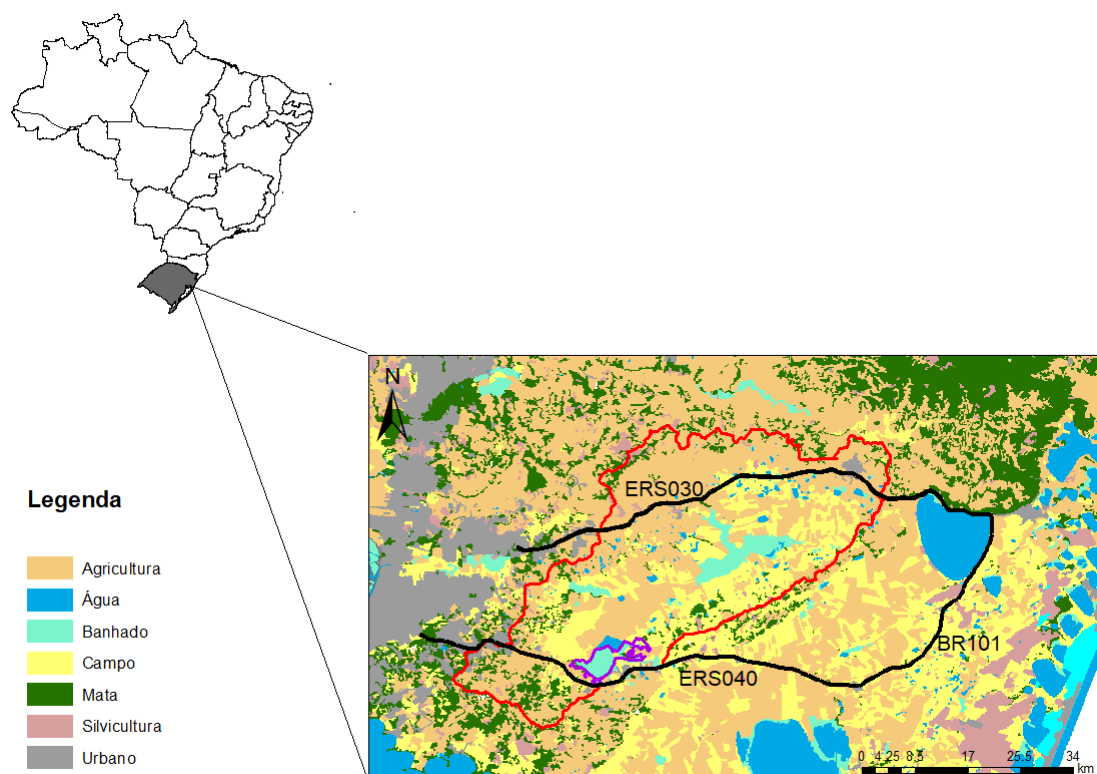


Fig. 1 Localização da área de estudo no Rio Grande do Sul (localização do Estado no Brasil em escala menor). Os limites da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) estão representados em linha vermelha, e os limites do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP) em linha roxa. As rodovias estão indicadas pelas linhas pretas.

Obtenção dos dados

O monitoramento das rodovias ocorreu mensalmente no ano de 2015, de janeiro a dezembro, com um intervalo médio de 23 dias ($\sigma = 4,338$ dias) entre as saídas, totalizando 12 campanhas. Os trechos das estradas selecionadas foram percorridos de carro a uma velocidade de aproximadamente 60 km/h, com três observadores monitorando as duas faixas de rolamento e acostamentos. Para cada animal encontrado foram aferidas as coordenadas geográficas com equipamento de GPS (Global Positioning System) e *datum* WGS84 (World Geodetic System).

Todos os mamíferos silvestres nativos e exóticos visualizados foram fotografados para documentação, e identificados ao nível de espécie ou gênero com

auxílio da literatura (Gonçalves et al. 2014; Silva 2014). Mamíferos domésticos não foram registrados.

Análise dos dados

A magnitude de atropelamentos em cada rodovia foi estimada através do número de atropelamentos mensais dividido pelo número de extensão de cada trecho das rodovias monitoradas, de modo a tornar os dados entre rodovias comparáveis, tendo em vista as diferentes extensões dos trechos monitorados em cada uma delas. Para testar a hipótese de diferentes magnitudes de atropelamentos entre as três rodovias utilizamos a análise de variância com teste de randomização (Pillar e Orlóci1 1996) implementada no programa MULTIV 2.3 (Pillar 2006). Para esta análise utilizamos a distância Euclidiana como medida de semelhança entre as unidades amostrais (meses de amostragem), com 100.000 iterações. Devido ao grande número de registros do gambá-de-orelha-branca *Didelphis albiventris*, espécie generalista e tolerante a áreas antropizadas (Iob e Stolz 2014; Sigrist 2012), esta mesma análise foi também realizada com a exclusão dos registros de atropelamentos desta espécie.

Com o objetivo de investigar a existência de variações temporais nas taxas de atropelamento nas três rodovias utilizamos a análise circular com a aplicação do teste de Rayleigh de uniformidade (z) no programa ORIANA 4 (Kovach 2011). Na análise circular, os meses são convertidos em ângulos (intervalos de 30 graus) e o número absoluto de atropelamentos no mês em frequência para cada ângulo.

Avaliamos também a influência de variações climáticas locais sobre os eventos de atropelamentos. Duas variáveis climáticas foram avaliadas, temperatura e precipitação. Para esta análise foram obtidas as médias mensais para os municípios de Porto Alegre e Tramandaí a partir da página na rede de computadores do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET 2015). A relação entre as médias mensais de temperatura e precipitação e o número de atropelamentos em cada mês foi verificada através da correlação de Pearson no programa estatístico BIOESTAT 5.0 (Ayres 2007).

Os padrões espaciais dos atropelamentos foram inicialmente investigados através da estatística K de Ripley modificada por Coelho et al. (2008) para manutenção da bidimensionalidade (K de Ripley-2D). Esta análise permite a avaliação da distribuição espacial dos atropelamentos quanto à existência de um padrão randômico ou não randômico destes eventos e se o padrão é dependente da escala, ou seja,

referindo-se ao tamanho do raio determinado. Para esta análise utilizamos como parâmetros iniciais um raio de 100 metros e incremento do raio de 500 metros. Avaliamos a significância das agregações, descontando os valores K observados do K médio obtido em 1.000 simulações (estatística L; Coelho et al. 2008) e intervalo de confiança de 95%.

Para as rodovias com agregações significativas identificadas nesta primeira análise foi conduzida a análise de Hotspots-2D (Coelho et al. 2012) para a identificação da localização das zonas de agregações de atropelamentos. Nesta análise, cada rodovia é dividida em segmentos de mesmo comprimento sobre os quais é estabelecido um círculo de determinado raio centrado em cada segmento. O número de atropelamentos é avaliado dentro de cada raio, considerando-se um fator de correção que considera o comprimento da rodovia dentro de cada raio. Este procedimento é realizado para todos os segmentos, resultando em um valor de intensidade de agregação de atropelamento para cada segmento estabelecido. Para esta análise utilizamos um raio de 100 metros e divisões de cada rodovia em segmentos de 40 metros para uma análise detalhada da extensão de cada trecho avaliado. A significância das agregações foi avaliada através de 1.000 simulações e limite de confiança de 95%. Ambas as análises foram realizadas no programa SIRIEMA v2 (Coelho et al. 2014).

Resultados

Nas 12 campanhas realizadas registramos 274 mamíferos silvestres atropelados dos quais, apenas seis não foram identificados em nível de espécie, incluindo quatro registros do gênero *Dasybus* e dois de roedores de pequeno porte. Um total de 15 espécies de mamíferos foram registradas (Tabela 1) sendo as mais abundantes o gambá-de-orelha-branca *Didelphis albiventris* (53,28% dos registros), o tatu-galinha *Dasybus novemcinctus* (8,4%), o zorrilho *Conepatus chinga* (7,7%), a preá *Cavia aperea* (6,9%), o graxaim-do-mato *Cerdocyon thous* (6,5%) e o ratão-do-banhado *Myocastor coypus* (5,1%) (Tabela 1). O gambá-de-orelha-branca foi a espécie dominante na contagem total de atropelamentos e sua frequência relativa variou de cerca de 75% na ERS-030 para 58% na ERS-040 e 29% na BR-101.

Tabela 1. Frequência absoluta e relativa (porcentagem do total de registros da espécie para cada rodovia e no total, entre parênteses) das espécies de mamíferos silvestres nativos e exóticos (*) registradas em cada uma das rodovias avaliadas.

Espécie	Nome popular	ERS-030	BR-101	ERS-040	Total
Carnivora					
<i>Cerdocyon thous</i>	graxaim-do-mato	0	16 (15,1)	2 (3,3)	18 (6,5)
<i>Conepatus chinga</i>	zorrião	4 (3,8)	14 (13,2)	3 (4,9)	21 (7,7)
<i>Galictis cuja</i>	furão	0	2 (1,9)	4 (6,6)	6 (2,2)
<i>Lontra longicaudis</i>	lontra	0	1 (0,9)	1 (1,6)	2 (0,7)
<i>Procyon cancrivorus</i>	mão-pelada	2 (1,9)	4 (3,8)	0	6 (2,2)
Cingulata					
<i>Dasypus hybridus</i>	tatu-mulita	0	2 (1,9)	0	2 (0,7)
<i>Dasypus novemcinctus</i>	tatu-galinha	7 (6,7)	13 (12,3)	3 (4,9)	23 (8,4)
<i>Dasypus</i> sp.		0	3 (2,8)	1 (1,6)	4 (1,5)
<i>Euphractus sexcinctus</i>	tatu-peludo	0	1 (0,9)	0	1 (0,4)
Rodentia					
<i>Cavia aperea</i>	preá	9 (8,6)	8 (7,5)	2 (3,3)	19 (6,9)
<i>Coendou spinosus</i>	ouriço	2 (1,9)	1 (0,9)	1 (1,6)	4 (1,5)
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	capivara	0	2 (1,9)	1 (1,6)	3 (1,1)
<i>Holochilus brasiliensis</i>	rato d'água	1 (0,9)	1 (0,9)	0	2 (0,7)
<i>Myocastor coypus</i>	ratão-do-banhado	1 (0,9)	5 (4,7)	8 (11,5)	14 (5,1)
Roedor não identificado		0	2 (1,9)	0	2 (0,7)
Didelphimorphia					
<i>Didelphis albiventris</i>	gambá-de-orelha-branca	79 (75)	31 (28,3)	36 (59)	146 (53,3)
Lagomorpha					
<i>Lepus europaeus*</i>	lebre-européia	0	1 (0,9)	0	1 (0,4)
Total		105	107	62	274

Considerando a extensão do trecho de cada rodovia amostrado, a BR-101 apresentou a maior taxa de atropelamento com 0,248 indivíduos/km/mês, para 0,127 indivíduos/km/mês para a ERS-030 e 0,097 para a ERS-040. As taxas de atropelamento mensais diferiram significativamente, principalmente entre a BR-101 e as demais rodovias ($p < 0,01$), mas não na comparação entre ERS-030 e ERS-040 ($p = 0,138$) e o resultado não foi alterado com a exclusão dos registros de atropelamentos do gambá-de-orelha-branca.

Não detectamos variações temporais significativas nas taxas de atropelamento ao longo do ano nas três rodovias de estudo (ERS-030: $z = 0,657$, $p = 0,518$; BR-101: $z = 2,341$, $p = 0,096$; ERS-040 $z = 0,114$ e $p = 0,892$; Fig. 2), sendo o mesmo padrão observado nas análises excluindo os registros da espécie dominante (dados não mostrados).

Ao analisar a influência de fatores climáticos sobre as taxas de atropelamentos, verificamos a existência de uma correlação positiva entre a temperatura e o número absoluto de atropelamentos mensais para a BR-101 ($r = 0,6195$; $p < 0,05$) quando considerado o conjunto de dados completo (com registros de gambá-de-orelha-branca; Fig. 3). Para as demais rodovias não identificamos nenhuma correlação significativa para o mesmo conjunto de dados, entre número de atropelamentos mensais e temperatura média (ERS-030 $r = 0,1626$, ERS-040 $r = 0,8419$; $p > 0,05$), assim como não houve correlação significativa entre atropelamentos e precipitação média para nenhuma das três rodovias (ERS-030: $r = 0,2341$, BR-101: $r = -0,4041$, ERS-040: $r = 0,3050$; $p > 0,05$). No entanto, ao analisarmos o conjunto de dados com a exclusão do gambá-de-orelha-branca, foi detectada também uma correlação positiva entre número de atropelamentos e temperatura na ERS-030 ($r = 0,744$; $p < 0,05$), e número de atropelamentos e precipitação na ERS-040 ($r = 0,6107$; $p < 0,05$; Fig. 3).

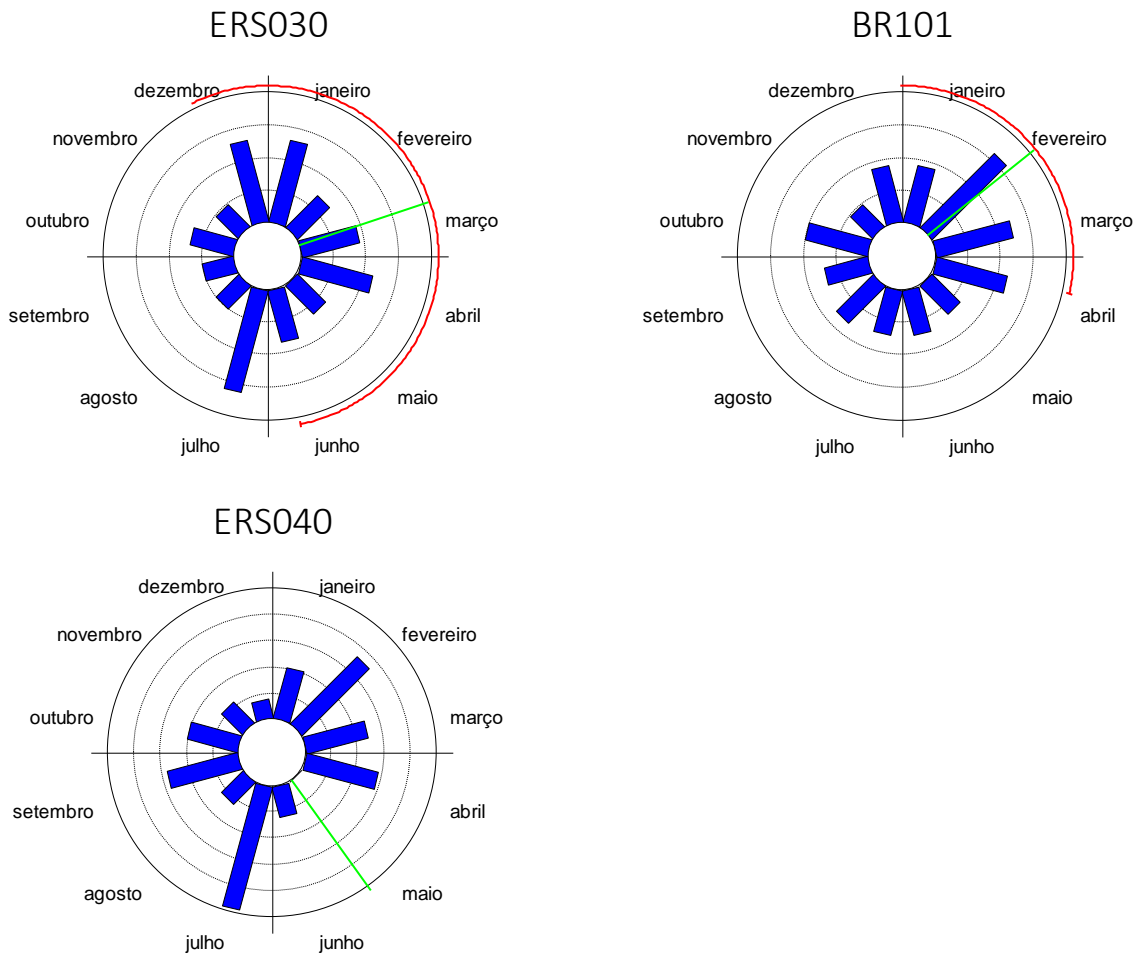


Fig. 2 Padrão temporal de mortalidade de mamíferos em 2015 em três rodovias do entorno da APABG e RVSBP. A linha verde indica a média dos atropelamentos num intervalo de meses, e a linha vermelha representa o limite de confiança da média.

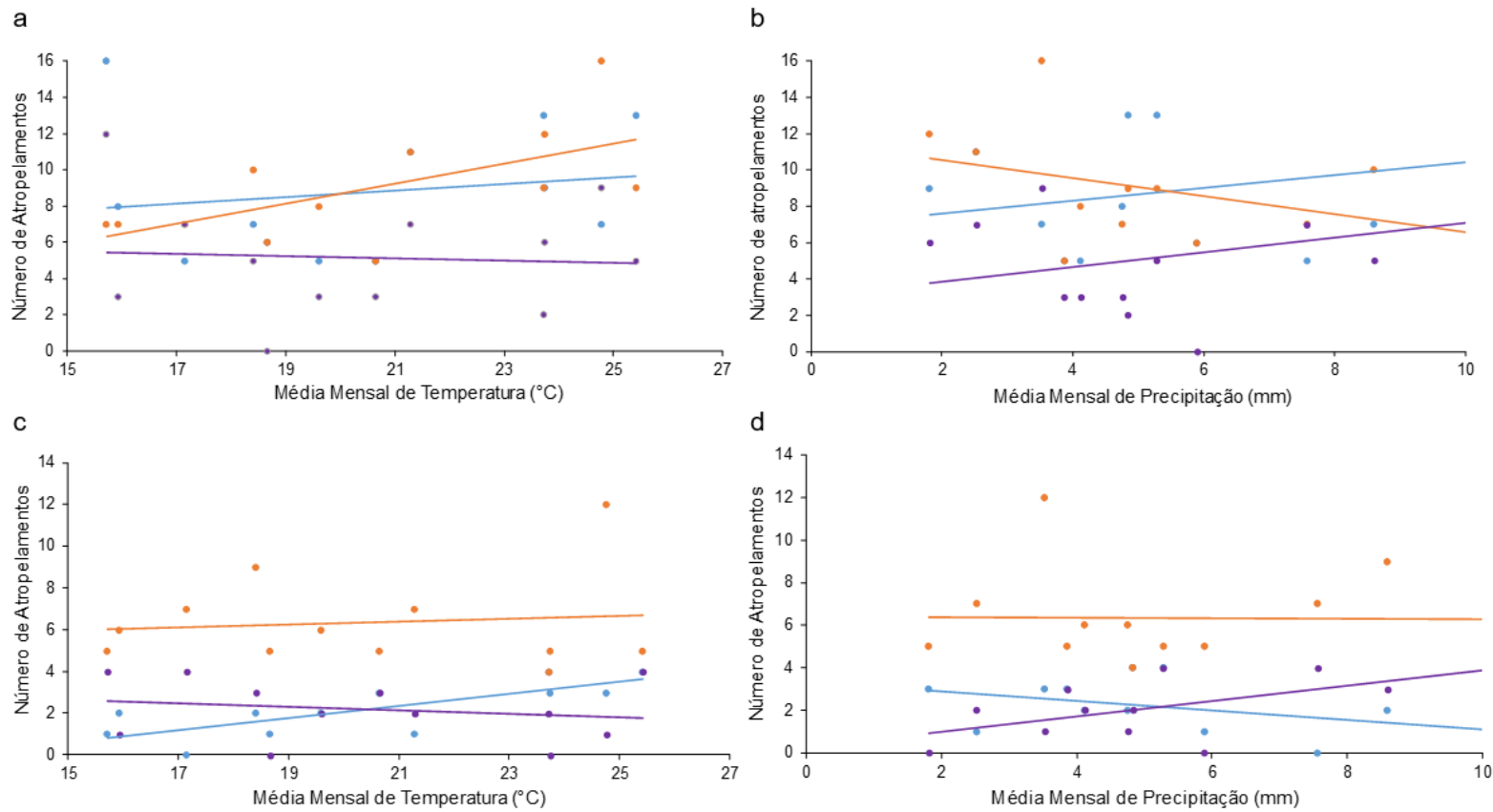


Fig. 3 Correlação entre as variáveis climáticas (temperatura e precipitação) e o número absoluto de registros de atropelamentos nas três rodovias, ERS-030 (azul), BR-101 (laranja) e ERS-040 (roxo). A análise foi realizada considerando os registros totais (a, b) e desconsiderando os registros de gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) (c, d). A linha representa a tendência para cada rodovia em relação a cada variável avaliada, e os pontos indicam os registros.

Os resultados da análise K de Ripley-2D indicaram a existência de agregações significantes para duas das três rodovias avaliadas, BR-101 e ERS-040, ao considerarmos os registros totais, e excluindo os registros de gambá-de-orelha-branca as três rodovias apresentaram agregações significativas (MS2).

Para a ERS-030, excluindo os registros do gambá-de-orelha-branca foram detectadas quatro *hotspots* (Fig. 4). Para a BR-101 identificamos 11 *hotspots*, sendo que com a exclusão dos registros do gambá-de-orelha-branca, o número de *hotspots* diminuiu para sete, mantendo-se os pontos nos mesmos trechos e apenas um novo ponto próximo ao km 12 (Fig. 4). Para a ERS-040, com o banco de dados total identificamos 13 *hotspots* distribuídos ao longo de vários trechos da rodovia, porém com a exclusão da espécie dominante, apenas três pontos foram mantidos como significativos (Fig. 4).

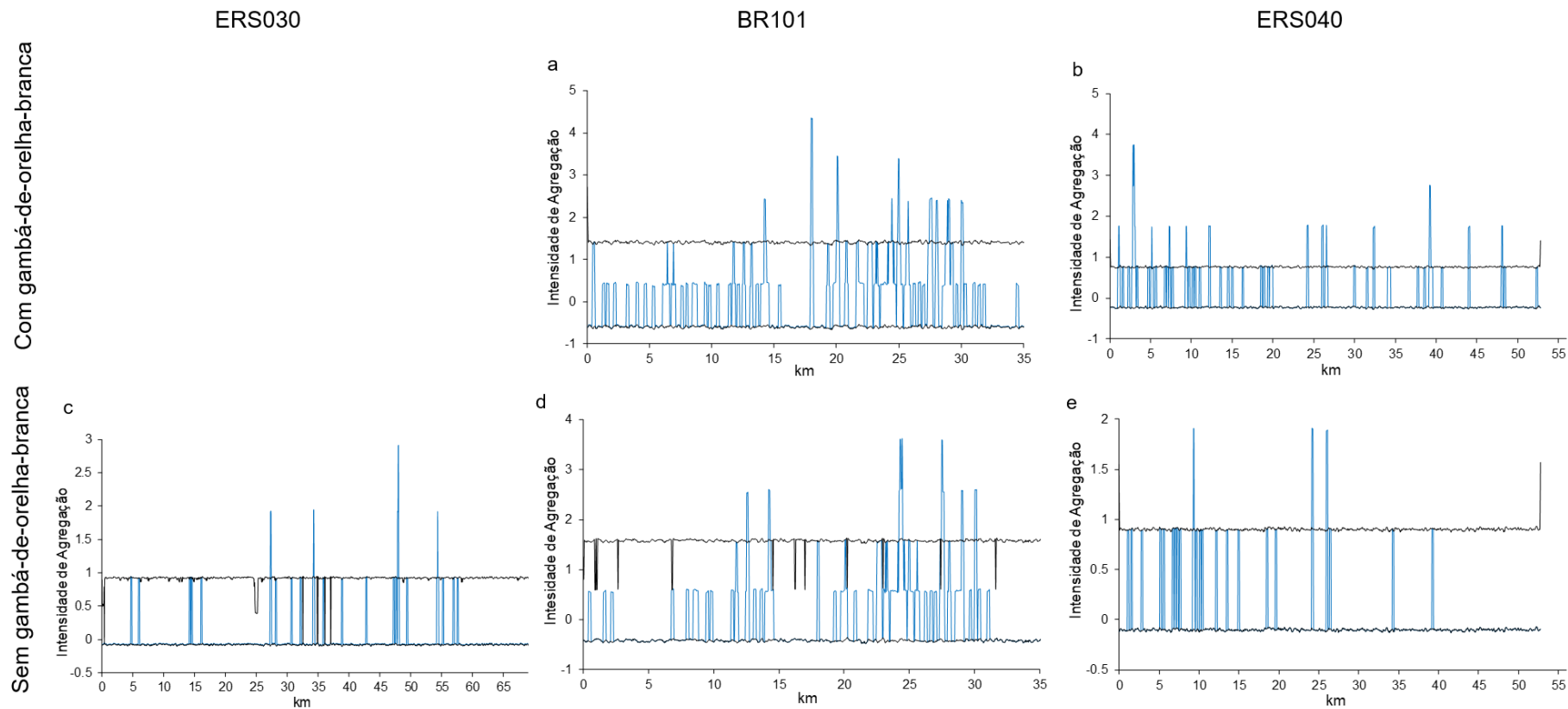


Fig. 4 Locais de agregação de atropelamentos (*hotspots*) ao longo das rodovias no entorno da APABG e RVSBP a partir de análise considerando o conjunto completo de dados (a, b), e sem o gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) (c, d, e). Os picos de eventos (linhas azuis) que ultrapassam o limite superior do intervalo de confiança (linha preta) indicam os locais de agregações significativas.

Discussão

Neste estudo, avaliamos a mortalidade de mamíferos em três estradas do entorno de duas unidades de conservação, e registramos aproximadamente 70% das espécies de mamíferos (com porte maior do que 450 gramas) com ocorrência conhecida na região (Roman et al. 2014). O pequeno número de registros de espécies de pequeno porte (< 1kg) obtido, provavelmente, resulta da dificuldade de visualização de suas carcaças durante o monitoramento realizado de carro, ou da rápida remoção pelo tráfego e carneiros (Teixeira et al. 2013a). Por outro lado, a ausência de registros de espécies de porte médio a grande, e consideradas mais raras como o veado-do-pantanal e diferentes espécies de pequenos felinos de distribuição conhecida na região, provavelmente deve-se às suas baixas densidades populacionais, além do fato de sua ocorrência estar mais restrita aos remanescentes mais preservados no interior da APABG/RVSBP. Dentre as espécies encontradas apenas a lontra está na categoria “quase ameaçada” em nível estadual e mundial (FZB 2014; Rheingantz e Trinca 2015).

A dominância verificada para algumas espécies, aparentemente, está associada com a cobertura vegetal, e diferentes hábitos da fauna e usos da terra existente na área de estudo. Geralmente, as espécies com maior mortalidade nas estradas são espécies comuns, oportunistas e tolerantes a habitats alterados (Cáceres et al. 2013; Anacleto 2013; Estrela e Freitas 2013; Trigo et al. 2013). Diversos estudos identificam espécies com estas características biológicas, como os graxains, tatus, e gambás, como as espécies com as maiores taxas de atropelamentos (Ascensão et al. 2017; Cáceres et al. 2011; Coelho et al. 2008; Cuyckens et al. 2016; Conard e Gipson 2006; Kanda et al. 2006, Rosa e Mauhs 2004). Em nosso estudo, o gambá-de-orelha-branca foi a espécie com o maior número de registros, e apesar de ser a mais registrada nas três rodovias, os registros foram mais comuns nas estradas com uma quantidade relativamente maior de áreas com algum grau de urbanização.

Apesar das três rodovias serem interligadas, encontramos diferenças na composição da fauna e na magnitude de atropelamentos entre elas, indicando impactos distintos sobre a mastofauna da região. Entre as rodovias monitoradas, a BR-101 apresentou a maior taxa de atropelamento (0,248 indivíduos/km/mês). Este resultado pode estar associado ao volume de tráfego mais intenso existente nesta rodovia ao longo do ano, principalmente por esta representar uma das principais conexões entre diferentes municípios litorâneos do estado (Cybis et al. 2013). Além disto, particularmente no

trecho monitorado, praticamente não há presença de áreas mais urbanizadas e lavouras extensas, sendo a área dominada praticamente por campos/pastagens e capões de mata. Este fator pode favorecer uma maior abundância das espécies selvagens na área de entorno, e conseqüentemente uma maior movimentação próximo à rodovia para dispersão e/ou forrageio, elevando as chances de atropelamentos. Esta característica da paisagem também pode estar relacionada com a menor frequência relativa obtida para o gambá-de-orelha-branca para esta rodovia.

A ERS-030 e a ERS-040 apresentaram taxas menores de atropelamentos, 0,127 indivíduos/km/mês, e 0,097 indivíduos/km/mês, respectivamente. Estes resultados podem estar relacionados com o menor fluxo de veículos observado durante a maior parte do ano nestas rodovias, com exceção da época de verão, onde aumenta a intensidade do tráfego em direção ao litoral (Cybis et al. 2013; Borges 2011). E, também, a paisagem de entorno pode ter sua influência, sendo que grande parte das áreas de entorno da ERS-030 apresentam diferentes graus de urbanização, sendo a região bastante influenciada por centros urbanos maiores e mais próximos uns dos outros. Já na ERS-040, há o mosaico de trechos mais urbanizados e com extensas áreas destinadas a agricultura. Esta paisagem pode interferir na composição e abundância das espécies selvagens locais, desfavorecendo a utilização de grande parte destas áreas para dispersão e/ou forrageio, e conseqüentemente reduzindo as probabilidades de atropelamentos. Além disto, para estas rodovias, ao desconsiderarmos a espécie dominante, a taxa de atropelamento diminuiu consideravelmente, com a ERS-030 diminuindo para 1/4 da mortalidade (0,031 indivíduos/km), e a ERS-040 tendo a sua taxa reduzida a menos da metade (0,041 indivíduos/km/mês).

A ocorrência de associação da mortalidade com a temperatura provavelmente decorre de um aumento do tráfego nos períodos mais quentes de veraneio, já que a BR-101 recebe, além do tráfego de circulação entre as praias, parte do tráfego entre a região metropolitana e o litoral que passa também pelas duas outras rodovias. A correlação positiva entre a mortalidade e a precipitação observada apenas na ERS-040, pode ter alguma relação com a presença de extensos trechos de rizicultura às margens dessa rodovia, que no período de precipitação mais intensa, podem ficar mais alagados favorecendo o deslocamento de espécies semi-aquáticas como o ratão-do-banhado, que somente foi registrado nos meses de maior precipitação. Contudo, essas associações precisam ser interpretadas com cautela, pois podem ser apenas resultado do acaso,

principalmente, pelo fato de termos utilizado apenas as médias mensais de precipitação e temperatura. A avaliação destas associações, considerando múltiplos intervalos de tempo (dias) antes do registro da carcaça, seria interessante para avaliar se as correlações observadas persistiriam (Coelho et al. 2012).

O padrão espacial de mortalidade foi fortemente influenciado pela espécie dominante, o gambá-de-orelha-preta, uma espécie sinantrópica bastante abundante o que pode ser uma razão para justificar a sua exclusão para avaliar locais prioritários para a mitigação, caso se pretenda a mitigação de espécies menos comuns.

Implicações para a mitigação

Nossos dados indicaram que o padrão espacial de mortalidade observado nas três rodovias avaliadas foi influenciado pela espécie dominante, o gambá-de-orelha-branca, uma espécie sinantrópica e bastante abundante. Deste modo, consideramos que a exclusão dos registros obtidos para esta espécie é aconselhável na avaliação dos locais prioritários para a mitigação, caso se pretenda a mitigação de espécies menos comuns.

Na escala regional, nossos resultados indicaram que, caso existam restrições orçamentárias ou técnicas, a BR-101 deva receber ações de mitigação com prioridade em relação às demais rodovias. Já na escala local (considerando cada uma das rodovias) os trechos apontados com maior concentração de mortalidade, sem a influência da espécie dominante, são prioritários para implementação de medidas mitigatórias com a finalidade de proteger mais espécies (opção similar a recomendada por Grilo et al. 2010; Taylor e Goldingay 2010).

A partir dos nossos dados, sugerimos duas estratégias para mitigação dos atropelamentos. Quando viável, as passagens de fauna podem ser implementadas seguindo dois métodos. A primeira envolve apenas a modificação de tubos de escoamentos de água para a instalação de plataformas não inundadas, permitindo assim, a livre passagem dos animais (Ascensão e Mira 2007; Glista et al. 2009; Grilo et al. 2010). Este método pode ser implementado considerando questões orçamentárias e a existência de pontos de alta taxa de mortalidade identificados neste trabalho, próximo a estas estruturas pré-existentes. A segunda alternativa envolve a construção de pontes estendidas. Juntamente a essas passagens, deve ser avaliada a instalação de cercas direcionadoras da fauna para estas estruturas (Bond e Jones 2008; Glista et al. 2009; Lesbarresres e Fahrig 2012; van der Grift et al. 2013). A segunda estratégia seria a

implementação de redutores de velocidade em trechos onde a construção de passagens de fauna não seria viável (Hobday e Minstrell 2008). A instalação de placas sinalizadoras de atenção com a fauna nas estradas nestes segmentos também é fortemente recomendada (Clevenger e Ford 2010; Teixeira et al. 2013b).

Juntamente às medidas estruturais citadas acima, sugerimos a manutenção periódica da vegetação nos acostamentos das estradas, e/ou próximo, para evitar que pequenos mamíferos utilizem essas áreas como microhabitats e atraiam espécies de predadores, fazendo com que ambos se tornem alvos mais suscetíveis dos atropelamentos. Ao mesmo tempo, essa medida aumenta a visibilidade dos motoristas e dos animais, ampliando a distância de reação, e, assim, evitando as colisões (Ascensão et al. 2013; Grilo et al. 2009).

Referências

- Anacleto TCS (2013) Capítulo III: Cingulata e Pilosa. In: Roman C, Weber MM, Cáceres NC (orgs) Mamíferos do Rio Grande do Sul, 1rd edn, Editora UFSM, Santa Maria, pp 87-88
- Ascensão F, Clevenger A, Santos-Reis M, Urbano P, Jackson N (2013) Wildlife-vehicle collision mitigation: Is partial fencing the answer? Na agente-based model approach. *Ecological Modelling* 257:36-43. doi:10.1016/j.ecolmodel.2013.02.026
- Ascensão F, Desbiez ALJ, Medici EP, Bager A (2017) Spatial patterns of road mortality of medium-large mammals in Mato Grosso do Sul, Brazil. *Wildlife Research*. doi:10.1071/WR16108
- Ascensão F, LaPoint S, van der Ree R (2015) Roads, traffic and verges: big problems and big oportunites for small mammals. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of road ecology*, 1rd edn. Wiley Blackwell, Oxford, pp 325–333
- Ascensão F, Mira A (2007) Factors affecting culvert use by vertebrates along two stretches of road in southern Portugal. *Ecological Research* 22(1):57-66. doi:10.1007/s11284-006-0004-1.7
- Ayres M, Junior MA, Ayres DL, Santos AAS (2007) *BioEstat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. 5ed. Belém, Brasil. Disponível em: <https://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/>
- Bond AR, Jones DN (2008) Temporal trends in use of fauna-friendly underpasses and overpasses. *Wildlife Research* 35(2):103-112. doi:10.1071/wr07027
- Borges C (2011) Está aberta a temporada de verão nas rodovias gaúchas. DETRANRS. Disponível em: <http://www.detran.rs.gov.br/conteudo/4396/esta-aberta-a-temporada-de-verao-nas-rodovias-gauchas-/termosbusca=valor>. Acessado em 05 de dezembro de 2018
- Cáceres NC (2011) Biological characteristics influence mammal road kill in na Atlantic Forest-Cerrado interface in South-western Brazil. *Italian Journal of Zoology* 78(3):379-389. doi:10.1080/11250003.2011.566226

- Cáceres NC, Machado AF, Magnus LZ (2013) Capítulo II: Didelphimorphia. In: Weber MM, Roman C, Cáceres NC (orgs) Mamíferos do Rio Grande do Sul, 1rd edn. Editora UFSM, Santa Maria, pp 54-55
- Carvalho CF, Custódio AEI, Júnior OM (2015) Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. *Bioscience Journal*. 31(3):951-959. doi:10.14393/BJ-v31n3a2015-27468
- Clevenger AP, Ford AT (2010) Wildlife crossing structures, fencing, and others. In: Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA (eds) *Safe passages: Highways, wildlife and habitat connectivity*, 2rd edn. Island Press, Washington, pp 17-50
- Coelho AVP, Coelho IP, Teixeira FT, Kindel A (2014) Siriema: road mortality software. Manual do Usuário V. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. Disponível em: www.ufrgs.br/siriema
- Coelho IP, Kindel A, Coelho AVP (2008) Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, Southern Brazil. *European Journal Wildlife of Research* 54:689-699. doi:10.1007/s10344-008-0197-4
- Coelho IP, Teixeira FZ, Colombo P, Coelho AVP, Kindel A (2012) Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *Journal of Environmental Management* 112: 17-26. doi:10.1016/j.jenvman.2012.07.004
- Coffin AW (2007) From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography* 15:396-406. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006
- Conard JM, Gipson OS (2006) Spatial and seasonal variation in wildlife-vehicle collisions. *The Prairie Naturalist* 38(4):251-260
- Cuyckens GAE, Mochi LS, Vallejos M, Perovic PG, Biganzoli F (2016) Patterns and composition of road-killed wildlife in northwest Argentina. *Environmental Management*. doi:10.1007/s00267-016-0755-6
- Cybis HBB, Nodari CT, Albano JF, Michel FD, Caleffi F, Moisan Y (2013) *Concepção de Sistema de Gerenciamento Ativo de Tráfego*. Triunfo Concepa.

- Downing RJ, Rytwinski T, Fahrig L (2015) Positive effects of roads on small mammals: a test of the predation release hypothesis. *Ecological Research* 30:651-662. doi:10.1007/s11284-015-1264-4
- Dudley N (2008) Definition and Categories. In: Dudley N (ed) *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories: IUCN WCPA Best Practice Guidance on Recognising Protected Areas and Assigning Management Categories and Governance Types, Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 21*. IUCN, Gland, Switzerland, pp 7-23
- Estrela PC, Freitas TRO (2013) Capítulo V: Hystricomorpha e Sciuromorpha. In: Weber MM, Roman C, Cáceres NC (orgs) *Mamíferos do Rio Grande do Sul*, 1rd edn. Editora UFSM, Santa Maria, pp 126-127,151-152
- Fahrig L, Rytwinski T (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society* 14(1):21. (www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art21/)
- Forman RTT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29:207–231. doi:10.1146/annurev.ecolsys.29.1.207
- FZB – Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul (2014) *Avaliação do Estado de Conservação de Espécies: Fauna*. Sema, Porto Alegre. Disponível em: https://secweb.procergs.com.br/livlof/?id_modulo=1&id_uf=23&ano=2012. Acessado em 18 de dezembro de 2017
- Garriga N, Franch M, Santos X, Montori A, Llorente GA (2017) Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. *Landscape and Urban Planning* 157:36-44. doi:10.1016/j.landurbplan.2016.05.029
- Garriga N, Santos X, Montori A, Richter-Boix A, Franch M, Llorente GA (2012) Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna. *Biodiversity and Conservation*. doi:10.1007/s10531-012-0332-0
- Glista DJ, DeVault TL, DeWoody JA (2009) A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning* 91:1-7. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.11.001

- Gonçalves GL, Quintela FM, Freitas TRO (2014) Mamíferos do Rio Grande do Sul, 1rd edn. Pacartes, Porto Alegre
- Grilo C, Bissonette JA, Cramer PC, Cramer PC, (2010) Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: Jones SR (ed.), Highways: construction, management, and maintenance, 1rd edn. Nova Science, New York, pp 73–114
- Grilo C, Bissonette JA, Santos-Reis M (2009) Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. *Biological Conservation* 142:301–313. doi:10.1016/j.biocon.2008.10.026
- INMET – Instituto Nacional de Meteorologia (2017) Estações Automáticas - Gráficos. http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf. Acessado 25 de outubro de 2017
- Iob G, Stolz JFB (2014) As cuícas, as guaiquicas e os gambás. In: Gonçalves GL, Quintela FM, Freitas TRO (org) Mamíferos do Rio Grande do Sul, 1rd edn. Porto Alegre, pp 23-36
- Jackson ND, Fahrig L (2011) Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biological Conservation* 144:3143-3148
- Jones D, Bekker H, van der Ree R (2015) Road ecology in na urbanising world. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) *Handbook of road ecology*, 1rd edn. Wiley Blackwell, Oxford, pp 391-396
- Kanda LL, Fuller TK, Sievert PR (2006) Landscape associations of road-killed virginia opossums (*Didelphis virginiana*) in Central Massachusetts. *The American Midland Naturalist* 156:128-134. doi:10.1674/0003-0031(2006)156[128:LAORVO]2.0.CO;2
- Karlson M, Mortberg U, Balfors B (2014) Road ecology in environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review* 48:10-19. doi:10.1016/j.eiar.2014.04.002
- Kovach WL (2011) Oriana – Circular Statistics for Windows, Manual do Usuário V.4. Kovach Computing Services, Pentraeth, Wales, U.K. Disponível em: <https://www.kovcomp.co.uk/downl.html>

- Laurance WF (2015) Bad roads, good roads. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) Handbook of road ecology, 1rd edn. Wiley Blackwell, Oxford, pp 10-15
- Laurance WF, Albernaz AKM, Schroth G, Fearnside PM, Bergen S, Venticinque EM, Costa C (2002) Predictors of deforestation in the Brazilian Amazon. *Journal of Biogeography* 29:737–748
- Lesbarresres D, Fahrig L (2012) Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology and Evolution* 27(7):374-380. doi:10.1016/j.tree.2012.01.015
- Pillar VDP (2006) Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling User's Guide v.2.4. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil, pp 51
- Pillar VDP, Orłóci L (1996) On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *Journal of Vegetation Science* 7:585–592
- Rheingantz ML, Trinca CS (2015) *Lontra longicaudis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T12304A21937379. doi:10.2305/IUCN.UK.2015-2.RLTS.T12304A21937379.en. Acessado em 18 de dezembro de 2017
- Roman C, Weber MM, Cáceres NC (2014) Mamíferos do Rio Grande do Sul, 1rd edn. Editora UFSM, Santa Maria
- Rosa AO, Mauhs J (2004) Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS-040. *Caderno de Pesquisa Série Biológica, Santa Cruz do Sul* 16(1):35-42
- Rosa CA, Bager A (2013) Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecologia Australis* 17(1):6-9. doi.org/10.4257/oeco.2013.1701.02
- Rytwinski T, Fahrig L (2011) Reproductive rate and body size predict road impacts on mammal abundance. *Ecological Applications* 21(2):589-600
- Rytwinski T, Fahrig L (2015) The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations. In: van der Ree R, Smith DJ, Grilo C (eds) Handbook of road ecology, 1rd edn. Wiley Blackwell, Oxford, pp 237-246

- Saranholi BH, Bergel MM, Ruffino PHP, Rodríguez-C KG, Ramazzotto LA, Freitas PD, Galetti PM (2016) Roadkill hotspots in a protected área of Cerrado in Brazil: planning actions to conservation. *MVZ Córdoba* 21(2):5441-5448
- SEMA – Secretária Estadual do Meio Ambiente (2017a) Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande. PROCERGS. <http://www.sema.rs.gov.br/area-de-protecao-ambiental-do-banhado-grande>. Acessado 24 de outubro de 2017
- SEMA – Secretária Estadual do Meio Ambiente (2017b) Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos. PROCERGS. <http://www.sema.rs.gov.br/refugio-de-vida-silvestre-banhado-dos-pachecos>. Acessado 24 de outubro de 2017
- Sigrist T (2012) Gambás, cuícas e guaiquicas – Ordem Didelphimorphia. In: Sigrist T (ed) *Mamíferos do Brasil: uma visão artística*, 1rd edn. Avis Brasilis, Vinhedo, pp 224-226
- Silva F (2014) *Mamíferos silvestres do Rio Grande do Sul. Via sapiens*, Porto Alegre.
- Taylor BD, Goldingay RL (2010) Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. *Wildlife Research* 37:320-331. doi:10.1071/WR09171
- Teixeira FZ, Coelho AVP, Esperandio IB, Kindel A (2013a) Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation* 157: 317-323. doi:10.1016/j.biocon.2012.09.006
- Teixeira FZ, Coelho IP, Esperandio IB, Oliveira NR, Peter FP, Dornelles SS, Delazeri NR, Tavares M, Martins MB, Kindel A (2013b) Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? *Oecologia Australis* 17(1): 36-47. doi:10.4257/oeco.2013.1701.04
- Trigo TC, Fontoura-Rodrigues ML, Kasper CB (2013) Capítulo VII: Carnívoros continentais. In: Weber MM, Roman C, Cáceres NC (orgs) *Mamíferos do Rio Grande do Sul*, 1rd edn. Editora UFSM, Santa Maria, pp 362-363,366
- van der Grift EA, van der Ree R, Fahrig L, Findley S, Houlahan J, Jaeger JAG, Klar N, Madriñan LF, Olsen L (2013) Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. *Biodiversity and Conservation*, London 22:425-448. doi:10.1007/s10531-012-0421-0

Considerações finais

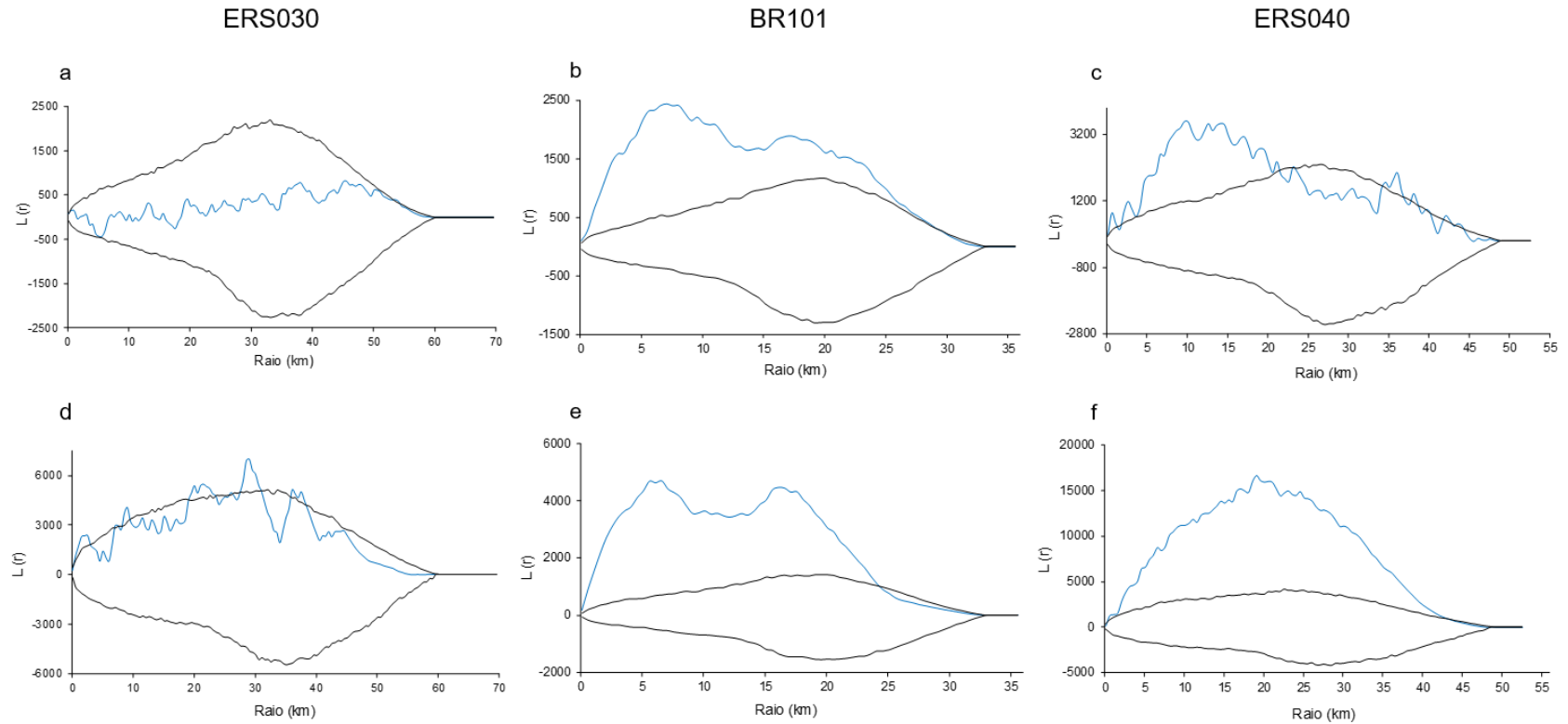
As rodovias monitoradas neste estudo demonstraram causar diferentes padrões de mortalidade na fauna de mamíferos silvestres da região. Por essa razão, evidencia a necessidade da implementação de medidas mitigatórias, como as sugeridas no presente trabalho, a fim de minimizar os atropelamentos na mastofauna. Para efetuar a mitigação deste impacto estas orientações serão incluídas no plano de manejo da APA do Banhado Grande, o qual está em elaboração, e também serão apresentadas ao empreendedor da rodovia, ao órgão licenciador e ao ministério público federal para debater a construção destas medidas.

Material Suplementar

MS1.

Arquivo em formato kmz: MS1_Mapacom a localização dos trechos monitorados nas rodovias (ERS-030, BR-101 e ERS-040) as unidades de conservação que estão próximas (Limite_UCs_RS), os pontos de registros de cada atropelamento nas três rodovias (Registros_dos_Atropelamentos), e os segmentos com agregações significantes para os registros totais (Hotspots_ERS030, Hotspots_BR101, Hotspots_ERS040) e para a análise excluindo o gambá-de-orelha-branca (Hotspots_SG_ERS030, Hotspots_SG_BR101, Hotspots_SG_ERS040).

MS2.



MS2. Estatística L (intensidade de agregação) em função da escala (raio) e Intervalo de Confiança (95%) da distribuição da mortalidade de mamíferos nas rodovias do entorno da Área de Proteção Ambiental do Banhado Grande (APABG) e do Refúgio de Vida Silvestre Banhado dos Pachecos (RVSBP). As agregações são significantes quando a função $L(r)$ (linha azul) ultrapassa o limite de superior de confiança (linhas

pretas). Esta análise foi realizada incluindo o número de registros totais (a, b, c) e excluindo os registros do gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*) (d, e, f).

Anexos

Anexo I

Arquivo em formato PDF: Normas_EJWR.pdf