

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO**



**A FAUNA ATROPELADA EM RODOVIAS DO
SUDOESTE GOIANO E AS IMPLICAÇÕES PARA A
CONSERVAÇÃO**

JEFFERSON EDUARDO SILVEIRA MIRANDA

NOVA XAVANTINA – MT

MARÇO DE 2016

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO**

**A FAUNA ATROPELADA EM RODOVIAS DO
SUDOESTE GOIANO E AS IMPLICAÇÕES PARA A
CONSERVAÇÃO**

JEFFERSON EDUARDO SILVEIRA MIRANDA

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso como um requisito para a defesa e obtenção do título de Mestre.

Orientador: Dr. Ricardo Keichi Umetsu

Co-orientador: Dr. Fabiano Rodrigues de Melo

NOVA XAVANTINA – MT

MARÇO DE 2016

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa de pós-graduação em Ecologia e Conservação da Universidade do Estado de Mato Grosso, unidade de Nova Xavantina, pela oportunidade, a Capes pela bolsa concedida durante a maior parte do período em que estive no mestrado, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG) pelo apoio financeiro do projeto e ao diretor da Universidade Federal de Goiás (UFG), *campus* de Jataí, pela ajuda durante as coletas de dados disponibilizando transporte sempre que necessário.

Aos meus orientadores pela oportunidade, paciência e apoio nesse período. Todos que me ajudaram em campo: Felipe Sampaio Morais Zenha, Diego Afonso Silva, Letícia Pereira Silva, Edson Silva Ribeiro, Ana Paula da Silva Peixoto, Seixas Rezende, Gabriel Eliseu Silva, Emilly, Andra Cristina, Suelem Martini Assmann, Pedro Henrique, Ismin Ramos, Adriano, Kellen Martini Assmann, Caroline de Fátima Soares Flor, Thales Rickye Guimarães Cardoso, Renata Souza Menezes, Venilton da Costa Miranda Filho, Nathane Q., Monalisa Lombardi, Wagner Alves Gouveia Filho. Em especial, agradeço à Suelem Martini Assmann que me ajudou na maior parte das coletas, aos motoristas da UFG de Jataí sempre prestativos e ao Diego Afonso Silva que não só confirmou às identificações das espécies de aves e mamíferos, mas que teve paciência para me ensinar. Ao professor Paulo Sergio Bernarde e Seixas Rezende que identificaram o grupo de herpetofauna. Aos professores Henrique Augusto Mews pelas prosas, ideias e auxílio na estrutura e correções do trabalho, valeu muito a pena. Ao Thiago Bernadi Vieira, pelas correções, sugestões e apoio com a estatística principalmente. Também não posso esquecer todos da república “No Grau”, de Jataí, que me acolheram nesse período e ajudaram sempre que preciso.

Sou grato também aos colegas do programa, pela convivência e momentos compartilhados. Em especial aos amigos: Ana Carla Rodrigues, Letícia Pereira Silva, Diego Afonso Silva, Eduardo Queiroz Marques, Ana Clara Abadia, James Legal pelas discussões que acrescentaram no meu trabalho e às que me fizeram espairar e descontrair. Ao grande agregado e companheiro de turma, Hugo C. M. Costa, pelas prosas, ajuda com testes e discussões, principalmente no que se refere ao terceiro capítulo, e claro pela amizade.

Por fim, mas certamente a parte mais importante: Minha família! Meus pais, Venilton da Costa Miranda e Silma Alves da Silveira Miranda, que sempre me apoiaram, principalmente em períodos críticos e de estresse. Estavam sempre de braços abertos. Aos meus irmãos, Venilton da Costa Miranda Filho e Avenil de Miranda Neto, que me ensinaram muito, com atitudes ou com as corriqueiras perguntas. Aos meus avós, que até hoje tem dúvidas do que estou realmente fazendo, mas que sempre deram força (pois só tem certeza que estou estudando e quando acabar vou arrumar um “emprego de verdade”): Avenil de Miranda, Doraci da Costa Miranda, João Eduardo da Silveira e Maria Alves da Silveira. Grato à todos vocês, família, que me apoiaram!

*“A educação é a arma mais poderosa
que você pode usar para mudar o mundo.”*

Nelson Mandela

SUMÁRIO

Capítulo 1	8
Resumo	9
Introdução	10
Material e métodos	11
Resultados	13
Discussão	15
Referências	19
Capítulo 2	24
Resumo	25
Introdução	26
Material e métodos	27
Resultados	30
Discussão	31
Referências	34
Capítulo 3	38
Resumo	39
Introdução	40
Material e métodos	41
Resultados	45
Discussão	47
Referências	50
Conclusões gerais	56
Apêndice	57
Apêndice A	58
Apêndice B	62
Apêndice C	67

CAPÍTULO 1

Fauna atropelada no Cerrado brasileiro: conhecer e preservar

Resumo

Rodovias promovem a conexão entre cidades, mas fragmentam a paisagem e afetam a biodiversidade direta e indiretamente de maneira negativa. Dessas, o impacto mais visível é o atropelamento de fauna. Como o sudoeste goiano está integrado na rota de escoamento da soja, com rodovias que conectam a região com os principais portos do país e por isso possui elevado tráfego de caminhões, estudar e compreender a perda de espécies por atropelamentos na região é importante para saber o quanto e quais espécies estamos perdendo. Para isso, realizamos coletas durante um ano, uma vez ao mês, percorrendo cinco rodovias na região, todas com origem na cidade de Jataí e destino em Acreúna, Aporé, Itajá, Doverlândia e Portelândia. Utilizamos análise de variância fatorial com teste de Tukey *a posteriori* e limite de confiança de 95% para verificar a diferença na riqueza e abundância entre as rodovias e estações do ano. Registramos 1113 indivíduos, nove anfíbios, 55 répteis, 223 aves e 826 mamíferos. A rota composta de pista dupla apresentou maior riqueza e abundância, diferindo significativamente das demais. Encontramos diferença temporal para a abundância geral e abundância e riqueza de espécies do grupo herpetofauna, indicando que o período chuvoso tem maior número de atropelamentos. Assim, acreditamos que a instalação de medidas de mitigação nas rodovias é fundamental, principalmente em rotas de fluxo intenso. E em longo prazo, programas de educação ambiental podem ajudar na sensibilização de motoristas, mas devem ser enfatizados em períodos chuvosos.

Palavras-chave: Atropelamentos, Rodovias, Extinção local, Cerrado, Biodiversidade.

Abstract

Highways promote the connection between cities, but fragmenting the landscape and affect directly and indirectly biodiversity negatively. Of these, the most visible impact is the wildlife roadkill. As the southwest of Goiás is integrated in the soybean flow route, with roads connecting the region with the main ports of the country and therefore has high truck traffic, study and understand the loss of species by roadkills in the region is important to know how much and what species we are losing. For this, we collected for one year, monthly, traveling five highways in the region, all originating in the city of

Jataí and destination in Acreúna, Aporé, Itajá, Doverlândia and Portelândia. We used factorial analysis of variance with Tukey test, and 95% confidence limit, to detect differences in richness and abundance among the highways and seasons. We recorded 1113 individuals, nine amphibians, 55 reptiles, 223 birds and 826 mammals. The route consists of double track showed greater richness and abundance, differing from the others. We find seasonal difference to the overall abundance and abundance and richness of herpetofauna, indicating that the rainy season has increased the number of roadkill. Thus, we believe that the installation of mitigation measures on the roads is essential, especially in heavy flow routes. And at the long term, environmental education programs can help raise awareness of drivers, but should be emphasized during rainy periods.

Keywords: Roadkill, Road, Local extinction, Cerrado, Biodiversity.

Introdução

Rodovias melhoraram a acessibilidade às regiões e promovem novos usos da terra, formando uma malha complexa que fragmenta a paisagem (Antrop 2000). Assim, conforme a rede de estradas aumenta, a paisagem torna-se cada vez mais fragmentada (Coffin 2007). Nos Estados Unidos, por exemplo, aproximadamente 20% do território são afetados diretamente por rodovias (Forman and Alexander 1998).

Estradas alteram os componentes abióticos e bióticos do ecossistema (Coffin 2007) e afetam a fauna de diversas formas, atuando como barreiras ou filtros para o movimento de espécies (Forman and Alexander 1998). Estima-se que, caso o Brasil atinja a mesma porcentagem de território asfaltado que o Estados Unidos a taxa de atropelamentos que inclui animais selvagens poderá chegar a 603 milhões de atropelamentos/ano (Dornas et al. 2012). Por isso a necessidade de conhecer a situação atual.

As rodovias são uma das causas mais influentes na perda de biodiversidade (Coffin 2007; Cáceres et al. 2010) e o crescimento da malha viária gera aumento na demanda de pesquisas no campo de ecologia de estradas (ROSA; BAGER, 2013). O Brasil ainda possui conhecimento precário em relação aos impactos do atropelamento sobre a fauna (Bager et al. 2007) e isso acaba sendo um problema para o manejo e proteção da fauna, uma vez que estes estudos são o primeiro passo para se pensar em políticas conservacionistas junto à empreendimentos lineares.

Alguns dos principais efeitos das rodovias para a fauna são: o atropelamento de animais, sentido como efeito mais óbvio e direto (Forman and Alexander 1998; Coffin 2007); o efeito barreira em populações, que provavelmente afeta mais espécies, e se estende por uma área mais ampla (Forman and Alexander 1998), impedindo a circulação e reprodução de animais (Jaeger et al. 2005); e o efeito de borda, que é diretamente afetado pela dinâmica econômica do transporte (Coffin 2007). Esses processos podem isolar populações e aumentar a chance de extinção local (Jaeger et al. 2005).

Com importantes rodovias federais no Centro-Oeste, constituindo rotas de escoamento da produção de soja para os portos (Correa and Ramos 2010), além de diversas rodovias que ligam a capital brasileira às mais importantes cidades do país (Klink and Moreira 2002), é fundamental que estudos faunísticos em empreendimentos lineares sejam realizados para compreender e minimizar o impacto na fauna do Cerrado. Desse modo, o objetivo do trabalho foi analisar e descrever a fauna atropelada para a região sudoeste do Cerrado goiano, considerando as variações temporais e influência da estrutura das rodovias (pistas simples, duplas, conservadas, por exemplo). O efeito temporal poderá fornecer informação de períodos em que ações conservacionistas e educacionais devem ser concentradas, enquanto a estrutura das rodovias pode indicar o tipo de pista que deve receber mais atenção de conservacionistas.

Material e Métodos

O monitoramento foi conduzido de janeiro de 2014 a janeiro de 2015, em cinco trechos de rodovias no Sudoeste de Goiás, tendo como ponto de referência a cidade de Jataí. Percorremos ao todo 9.624 km, nos trajetos: 170 km sentido norte – cidade de Caiapônia (BR 158) e Doverlândia (GO 221), chamado de DV; 160 km sentido leste – cidade de Acreúna (BR 060), chamado de AC; 142 km sentido noroeste – cidade de Mineiros (BR 364) e Portelândia (GO 194), chamado de PO; 144 km sentido sudoeste – cidade de Aporé (GO 184/BR 060), chamado de AP; e 186 km sentido sul – Itajá (BR 364, GO 206 e GO 178), chamado de IT (Figura 1).

A metodologia de campo foi adaptada do manual para equipe de campo do Centro Brasileiro de Estudo em Ecologia de Estradas (Bager 2013). Realizamos uma campanha ao mês, com saída para coleta pela manhã (07:00h). Os trajetos foram percorridos de carro em baixa velocidade (limite de 70 km.h⁻¹). Cada viagem contou com um motorista e dois observadores (um para observar cada lado da rodovia). Os

animais encontrados foram identificados *in loco*, ao nível taxonômico mais específico possível. Registramos todos os espécimes por meio de fotografia para servir de documentação, comprovação dos dados e de auxílio na confirmação da identificação das espécies. Além disso, os locais onde as carcaças foram encontradas tiveram suas coordenadas geográficas obtidas. E sempre que possível, removemos as carcaças para evitar falsos registros.

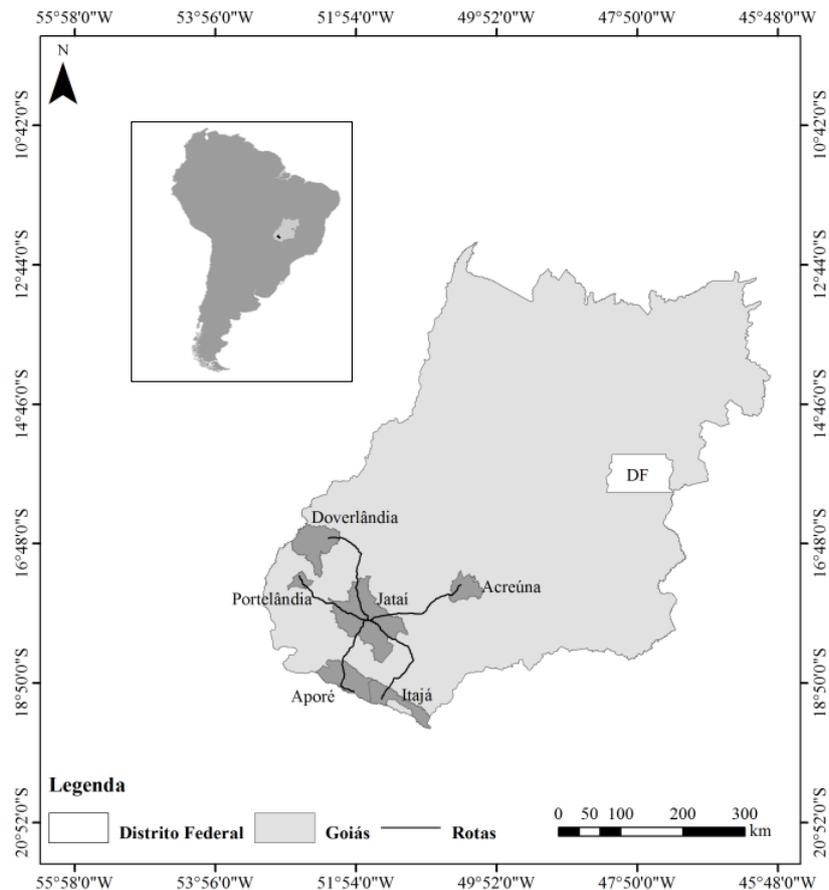


Figura 1. Mapa da área de trabalho com os cinco trajetos percorridos no sudoeste do Cerrado Goiano.

Para verificar a diferença na riqueza e composição de espécies entre as estações do ano, e também entre as estradas, separamos análises por grupos: mastofauna, avifauna, herpetofauna e uma análise geral incluindo todos os grupos. Fizemos uma análise de variância fatorial, usando limite de confiança de 5%, para testar a interação com as estações do ano (sazonalidade) e as estradas, com teste de Tukey *a posteriori* para confirmação, utilizando o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007).

Resultados

Registramos 1.113 indivíduos, pertencentes a 87 espécies e 52 famílias. Representando as classes tivemos: 9 anfíbios, 55 répteis, 223 aves e 826 mamíferos. As espécies com maior número de registro foram o tatu-peba, *Euphractus sexcinctus* (23,5%), cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous* (17,8%), tamanduá-bandeira, *Myrmecophaga tridactyla* (7,6%), tamanduá-mirim, *Tamandua tetradactyla* (6,7%) e a seriema, *Cariama cristata* (4,4%). Acreúna foi o trajeto com maior número de indivíduos e espécies atropeladas, seguido por Portelândia, Itajá, Aporé e Doverlândia, respectivamente (Figura 2). Dos animais que registramos, apenas alguns mamíferos estão presentes na lista brasileira de animais ameaçados (MMA 2014) (Apêndice A).

A rota AC se destacou, diferenciando das demais na riqueza e abundância (Figuras 3) para todas as análises (Tabela 1). Quanto à variação temporal, encontramos diferença significativa apenas para o Grupo Geral e herpetofauna. O Grupo Geral demonstrou maior riqueza no período de chuva ($F_{1, 50} = 5,168$; $p = 0,027$) e herpetofauna maior riqueza ($F_{1, 40} = 8,228$; $p = 0,006$) e abundância ($F_{1, 40} = 6,872$; $p = 0,012$) no período chuvoso (Figura 4).

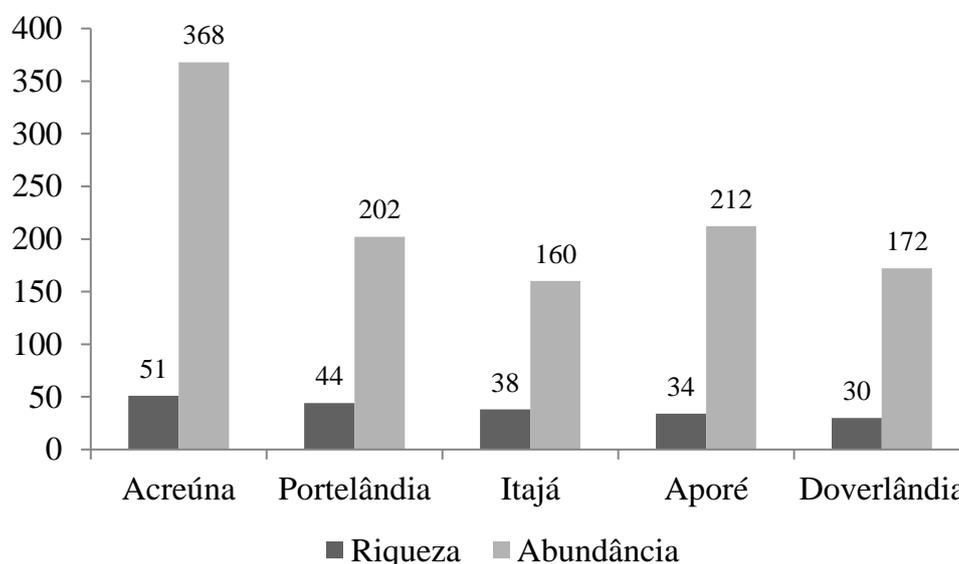


Figura 2. Riqueza de espécies e abundância entre as rotas.

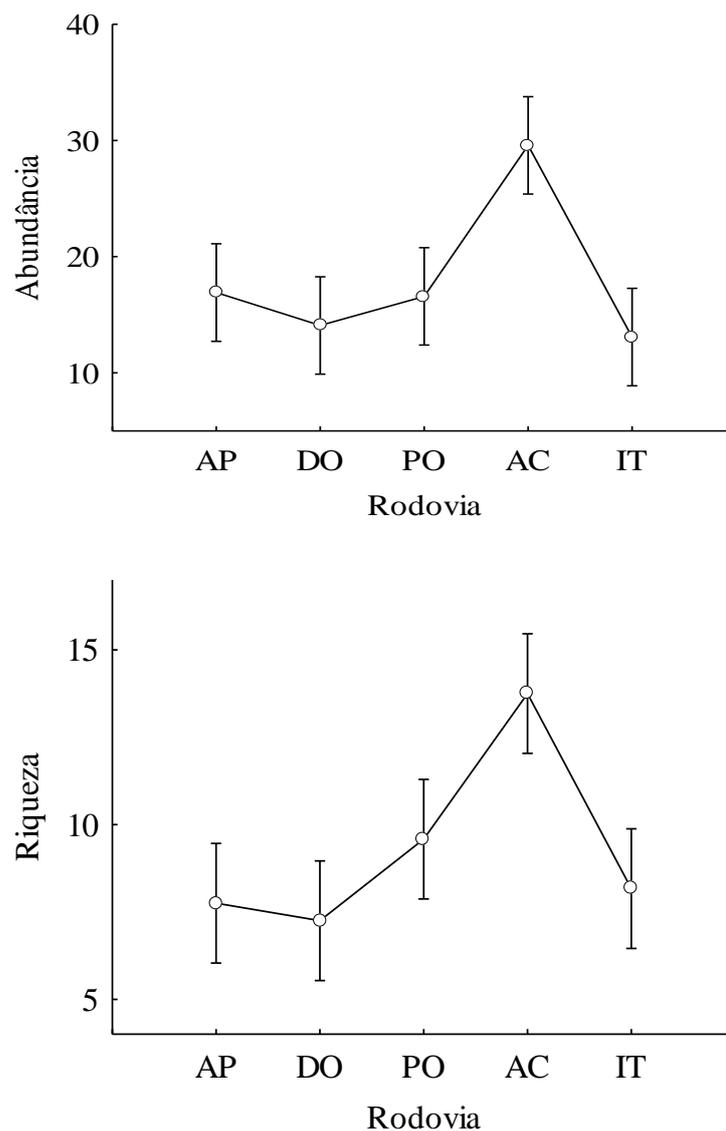


Figura 3. Diferença entre Abundância ($F_{4, 50}=10.148$, $p=0.00000$) e Riqueza de espécies ($F_{4, 50}=9.5547$, $p=0.00001$) entre as rotas estudadas.

Tabela 1. Resultados das análises de riqueza e abundância entre as rodovias.

Grupo	Riqueza		Abundância	
Geral	$F(4,50)=9,5547$	$p=0,00001$	$F(4,50)=10,148$	$p=0,00000$
Avifauna	$F(4,50)=5,6117$	$p=0,00082$	$F(4,50)=7,1275$	$p=0,00013$
Herpetofauna	$F(4,40)=4,3036$	$p=0,00546$	$F(4,40)=4,3808$	$p=0,00496$
Mastofauna	$F(4,50)=4,0206$	$p=0,00664$	$F(4,50)=6,4361$	$p=0,00029$

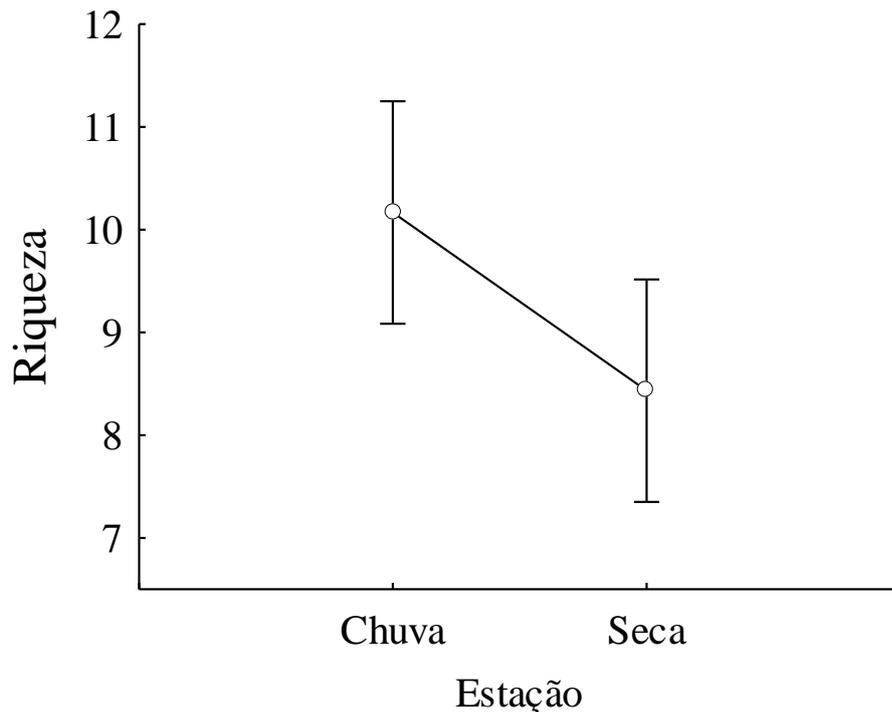


Figura 4. Diferença temporal na riqueza de espécies atropeladas na região estudada ($F_{1, 50}=5.1682$, $p=.02733$).

Discussão

Economia regional, largura da rodovia e nível do tráfego (Forman and Alexander 1998; Trombulak and Frissell 2000; Jaeger et al. 2005; Coffin 2007) podem ter influenciado o maior número de registros em AC, parte de uma rodovia federal que liga o sudoeste goiano com a capital do país e a fronteira com o Paraguai, pavimentada e duplicada por todo trecho da pesquisa. Com maior fluxo de veículos, maior a chance de haver atropelamentos, principalmente por animais como carcará (*Caracara plancus*), comumente encontrado próximo à rodovia.

AP e PO ficaram logo atrás de AC na quantidade de animais atropelados. AP é continuação da BR 060 (que sobrepõe a GO 184 nesse trecho), composta apenas por pista simples, e outro importante trecho de ligação do sudoeste goiano com outras rodovias e regiões do Brasil, principalmente sul e sudeste onde estão os principais portos do país. Ou seja, o fato de ser pista dupla realmente interfere na quantidade de atropelamentos. Provavelmente a maior superfície de pista interfira, fazendo com que os animais demorem mais para atravessar. Além disso, rodovias duplicadas possuem maior limite de velocidade e, conseqüentemente, os motoristas podem optar por essas áreas para correr mais.

A maior parte da rota PO pertence a BR 364, que vai do estado de São Paulo até o Acre, ligando o Brasil com países vizinhos. É uma via de pista simples, no trecho que pesquisamos, mas com intenso tráfego de caminhões. As rotas DV e IT mesclam rodovias estaduais e federais, com trechos de domínios equivalentes. As estaduais possuem baixo fluxo de veículos e quase não se vê caminhões, o que sugere possuir menor importância econômica para região em relação às demais, além de um menor fluxo de veículos, como percebemos.

Nossas observações corroboram com outros autores, indicando que a mortalidade de animais aumenta com maior fluxo de veículos (Trombulak and Frissell 2000; Jaeger et al. 2005; Coelho et al. 2008; Beaudry et al. 2010; Martins-Hatano et al. 2012), além de ser influenciada pela velocidade mínima da rodovia (Rosa and Bager 2013), uma vez que rodovias duplicadas possuem limite de velocidade superior às rodovias de pista simples. Acreditamos que a qualidade da rodovia também possa influenciar nos atropelamentos, pois observamos em trechos precários sentido IT e DV que não havia animais atropelados. Possivelmente, a menor velocidade atingida pelos veículos em pistas precárias promove a ausência de atropelamentos. Quanto à diferença na riqueza, é possível que a paisagem no entorno da rodovia tenha influenciado (Forman and Alexander 1998; Coffin 2007; Grilo et al. 2009). No entanto, não significa necessariamente que estradas com riqueza e composição de espécies semelhantes apresentem o mesmo tipo de paisagem no entorno da rodovia.

Quanto ao período, herpetofauna foi o único grupo que demonstrou diferença entre seca e chuva. Isso sugere que o volume de tráfego pode ainda estar ligado ao período estacional, e produzir padrões temporais de atropelamentos da fauna (Beaudry et al. 2010). Muitos trabalhos registram maior mortalidade em período mais quente e chuvoso (Clevenger et al. 2003; Coelho et al. 2008; Grilo et al. 2009; Beaudry et al. 2010; Dornelles et al. 2012; Hartmann et al. 2012; Leite et al. 2012; Rosa and Bager 2012; Costa et al. 2015), e sugerem que os padrões temporais estão ligados também à história de vida, como período de acasalamento, migrações e dispersão (Coelho et al. 2008; Grilo et al. 2009; Beaudry et al. 2010; Costa et al. 2015). Para herpetofauna, encontramos o mesmo padrão esperado de acordo com a bibliografia, sendo provável que tenha influenciado na diferença de riqueza geral entre as estações. Esse comportamento certamente se relaciona com a busca por calor e migração reprodutiva de répteis e anfíbios (Martins-Hatano et al. 2012). Alguns trabalhos, como o presente estudo e o de Souza & Anacleto (2012), também não encontram significância na

distribuição temporal para alguns grupos. Padrão justificável pela locomoção de alguns animais de porte maior que utilizam estradas para deslocar (Coffin 2007), ou pela frequência constante de espécies ao longo da rodovia que utilizam fragmentos no entorno como via de dispersão (Cunha et al. 2010). Ademais, espécies comumente atropeladas no Cerrado, como tatu-peba e cachorro do mato, ocorrem em áreas alteradas e consomem carniça, utilizando da disponibilidade de recursos as margens da rodovia (Souza and Anacleto 2012), assim, estão sempre presentes no entorno e são facilmente registradas nas duas estações.

A ampla distribuição dos mamíferos com ocorrência para o Cerrado juntamente com a variedade de habitats utilizados por eles (Marinho-filho et al. 2002), contribui com um índice maior de mamíferos encontrados em atropelamentos para a região. Além disso, o tamanho da maioria dos mamíferos encontrados contribui para que sejam mais difíceis de serem arrastados por carniceiros (Melo and Santos-Filho 2007). *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus*, *Myrmecophaga tridactyla* e *Tamandua tetradactyla* estão entre as espécies mais encontradas em rodovias do Cerrado (Prado et al. 2006; Cáceres et al. 2010; Silva et al. 2011; Carvalho et al. 2015). Essas populações de mamíferos podem isolar-se ou fragmentar-se devido, muitas vezes, terem de atravessar matrizes abertas entre fragmentos (Cáceres et al. 2010).

Da mesma forma que alguns mamíferos, certas aves também podem ser atraídas para a pista pela disponibilidade de alimento (Forman and Alexander 1998), e isso aumenta o risco de atropelamentos. Determinadas espécies de aves suportam melhor a presença da rodovia (Bager and Rosa 2012), como algumas espécies de Falconiformes e Passeriformes que não sofrem com o efeito do volume do tráfego, de acordo com a revisão de Rosa e Bager (2013). Mas os ruídos atrapalham a reprodução e a dispersão de algumas aves e sapos, com possibilidade de mudança de hábitos como a frequência de vocalização (Helldin et al. 2013).

Exceto por *Lycalopex vetulus*, endêmica do Cerrado, as outras seis espécies são de ampla distribuição no país e possuem como principal ameaça a perda de habitat (Medici et al. 2012; Beisiegel et al. 2013; Jorge et al. 2013; Lemos et al. 2013; Paula et al. 2013; Tortato et al. 2013). *Speothos venaticus* e *Puma yagouaroundi* apresentam baixa densidade populacional (Almeida et al. 2013; Jorge et al. 2013) e talvez nosso trabalho indique por onde começar uma busca de novas populações dessas espécies no Cerrado, bem como de *Leopardus wiedii*, que segundo Tortato et al.(2013) não possui um programa de conservação próprio da espécie, e de *L. vetulus* que é endêmica na

região (Lemos et al. 2013). Dado que *Tapirus terrestris* é encontrada apenas em áreas preservadas do Cerrado e/ou próxima de fontes d'água permanentes (Medici et al. 2012), nossos registros apontam possíveis áreas para proteção desse táxon. *Chrysocyon brachyurus* e *M. tridactyla* são conhecidos por sofrerem com o impacto das rodovias, principalmente com atropelamentos (Paula et al. 2013; Miranda et al. 2014).

Obtivemos também um registro incomum para o Cerrado, de Jupará (*Potos flavus*, Schreber 1774). A espécie é classificada como Menos Preocupante, com ressalva de estar sendo afetada pela alta taxa de desmatamento, uma vez que é de hábito arbóreo (Sampaio et al. 2013). É adaptada a ambientes tropicais (Ford and Hoffmann 1988), com ocorrência do México à América do Sul, em regiões de Mata Atlântica (Ford and Hoffmann 1988; Kays et al. 2008) e Amazônica, mas ainda não se tinha confirmado ocorrência para o Cerrado (Sampaio et al. 2013).

Registro de animais atropelados é um método que ajuda na obtenção de dados sobre presença de espécies em determinada área de estudo, apesar de limitada para algumas espécies (Souza and Anacleto 2012). Fornecemos então, uma lista de espécies encontradas na região, que aponta para locais que precisam de atenção dos conservacionistas e interessados em estudo de populações de algumas espécies, como o cachorro vinagre e gato mourisco. Principalmente por que as estradas influenciam diretamente e de maneira negativa na variação genética das populações (Jackson and Fahrig 2011). Indicamos ainda, quais espécies mais vulneráveis a atropelamentos no Cerrado, fundamental para impulsionar estudos que evitem a redução de populações marginais à essas rodovias. Espécies como *M. tridactyla* e *C. brachyurus*, comumente encontradas atropeladas em rodovias, merecem atenção, sendo necessário que medidas mitigadoras, que influenciem na conservação dessas espécies, sejam iniciadas junto aos empreendimentos lineares, urgentemente.

Por fim, acreditamos que em longo prazo, atividades relacionadas à educação ambiental pode ser uma boa alternativa para sensibilizar sobre os efeitos dos atropelamentos da fauna na biodiversidade, sociedade e economia. Mas atividades pontuais em períodos chuvosos também são fundamentais na região. Outra alternativa é incluir a educação ambiental em cursos preparatórios para motoristas.

Referências

- Almeida, L.B. De, Queirolo, D., Beisiegel, B.D.M., Oliveira, T.G. De, 2013. Avaliação do estado de conservação do Gato-mourisco *Puma yagouaroundi* (É. Geoffroy Saint-Hilaire, 1803) no Brasil. *Biodiversidade Bras.* 3, 99–106.
- Antrop, M., 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 17–28.
- Ayres, M., Ayres, M.J., Ayres, D.L., Santos, A.D.A.S., 2007. *BioEstat 5.0 Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas.* Soc. Civ. Mamirauá/Imprensa Of. do Estado do Pará.
- Bager, A., 2013. Projeto Malha. Manual para equipe de campo. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - UFLA, Lavras, Minas Gerais.
- Bager, A., Piedras, S.R.N., Martin, T.S., Hóbus, Q., 2007. Fauna Selvagem e Atropelamento - Diagnóstico do Conhecimento Brasileiro, in: Bager, A. (Ed.), *Áreas Protegidas: Repensando as Escalas de Atuação.* Armazém Digital, Porto Alegre, pp. 49–62.
- Bager, A., Rosa, C.A. da, 2012. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. *Rev. Bras. Ornitol.* 20, 30–39.
- Beaudry, F., DeMaynadier, P.G., Hunter Jr., M.L., 2010. Identifying hot moments in road-mortality risk for freshwater turtles. *J. Wildl. Manage.* 74, 152–159. doi:10.2193/2008-370
- Beisiegel, B.D.M., Lemos, F.G., Azevedo, F.C. De, Queirolo, D., Jorge, R.S.P., 2013. Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Bras.* 3, 138–145. doi:10.2307/3503974
- Cáceres, N.C., Hannibal, W., Freitas, D.R., Silva, E.L., Roman, C., Casella, J., 2010. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zool. (Curitiba, Impreso)* 27, 709–717. doi:10.1590/S1984-46702010000500007
- Carvalho, C.F., Iannini Custódio, A.E., Marçal Júnior, O., 2015. Wild vertebrates roadkill aggregations on the BR-050 highway, state of Minas Gerais, Brasil. *Biosci. J.* 31, 951–959.
- Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biol. Conserv.* 109, 15–26.

- Coelho, I.P., Kindel, A., Coelho, A.V.P., 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *Eur. J. Wildl. Res.* 54, 689–699. doi:10.1007/s10344-008-0197-4
- Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology : A review of the ecological effects of roads. *J. Transp. Geogr.* 15, 396–406. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006
- Correa, V.H.C., Ramos, P., 2010. A Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste : situação e perspectivas. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 48, 447–472.
- Costa, A.S., Ascensão, F., Bager, A., 2015. Mixed sampling protocols improve the cost-effectiveness of roadkill surveys. *Biodivers. Conserv.* doi:10.1007/s10531-015-0988-3
- Cunha, H.F. Da, Moreira, F.G.A., Silva, S.D.S., 2010. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Sci. Biol. Sci.* 32, 257–263. doi:10.4025/actascibiolsoci.v32i3.4752
- Dornas, R.A.P., Kindel, A., Bager, A., Freitas, S.R., 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. *Ecol. Estrad. tendências e Pesqui.* 139–152.
- Dornelles, S.S., Schilickman, A., Cremer, M.J., 2012. Mortalidade de vertebrados na rodovia BR-101, no sul do Brasil, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 179–192.
- Ford, L.S., Hoffmann, R.S., 1988. *Potos flavus*. *Mamm. Species*. doi:10.1126/science.95.2469.427-b
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207–231.
- Grilo, C., Bissonette, J.A., Santos-Reis, M., 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biol. Conserv.* 142, 301–313. doi:10.1016/j.biocon.2008.10.026
- Hartmann, P.A., Mainardi, L.M., Rebelato, M.M., Delabary, B.F., 2012. Ecologia de estradas no pampa brasileiro: a perda de répteis por atropelamentos, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 153–166.
- Helldin, J.O., Collinder, P., Bengtsson, D., Karlberg, Å., Askling, J., 2013. Assesment of traffic noise impact in important bird sites in sweden - A practical method for the regional scale. *Oecologia Aust.* 17, 48–62.
- Jackson, N.D., Fahrig, L., 2011. Relative effects of road mortality and decreased

- connectivity on population genetic diversity. *Biol. Conserv.* 144, 3143–3148.
doi:10.1016/j.biocon.2011.09.010
- Jaeger, J.A.G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B., Tluk, K., Toschanowitz, V., 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads : an interactive model of road avoidance behavior. *Int. J. Ecol. Model. Syst. Ecol.* 185, 329–348.
doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015
- Jorge, R.P.S., Beisiegel, B.D.M., Lima, E.D.S., Jorge, M.L. da S.P., Pitman, M.R.P.L., Paula, R.C. De, 2013. Avaliação do estado de conservação do Cachorro-vinagre *Speothos venaticus* (Lund, 1842) no Brasil. *Biodiversidade Bras.* 3, 179–190.
- Kays, R., Reid, F., Schipper, J., Helgen, K., 2008. *Potos flavus*. Disponível em: IUCN Red List Threat. Species 2008 e.T41679A10507696. URL <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T41679A10507696.en> (acessado 11.4.15).
- Klink, C.A., Moreira, A.G., 2002. Past and Current Human Occupation, and Land Use, in: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R. (Eds.), *The Cerrados of Brazil - Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. University Press, New York, pp. 69–90.
- Leite, R.M., Bóçon, R., Belão, M., Silva, J.C., 2012. Atropelamento de mamíferos silvestres de médio e grande porte nas rodovias PR-407 e PR-508, planície costeira do estado do Paraná, Brasil, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 193–206.
- Lemos, F.G., Azevedo, F.C. De, Beisiegel, B.D.M., Jorge, R.P.S., Paula, R.C. De, Rodrigues, F.H.G., Rodrigues, L.D.A., 2013. Avaliação do risco de extinção da Raposa-do-campo *Lycalopex vetulus* (Lund, 1842) no Brasil. *Biodiversidade Bras.* 3, 160–171.
- Marinho-filho, J., Rodrigues, F.H.G., Juarez, K.M., 2002. The Cerrado Mammals: Diversity, Ecology, and Natural History, in: Oliveira, P.S., Marquis, R.J. (Eds.), *The Cerrados of Brazil. Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, New York, pp. 266–284.
- Martins-Hatano, F., Monteiro, P.S.D., Alves, A.G., Dutra, F.M., Oliveira, M.C., Miranda-Silva, R., Castro, R.B., Ueoka, P.Y.B., Hatano, F.H., 2012. Estudo dos atropelamentos dos animais silvestres na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 223–236.

- Medici, E.P., Flesher, K., Beisiegel, B.D.M., Keurighlian, A., Desbiez, A.L.J., Gatti, A., Pontes, A.R.M., Campos, C.B. de, Tófoli, C.F. de, Junior, E.A.M., Azevedo, F.C. de, Pinho, G.M. de, Cordeiro, J.L.P., Júnior, T. da S.S., Morais, A.A. de, Mangini, P.R., Rodrigues, L.F., Almeida, L.B. de, 2012. Avaliação do Risco de Extinção da Anta brasileira *Tapirus terrestris* (Linnaeus, 1758), no Brasil. Biodiversidade Bras. Ano II, 103–116.
- Melo, E.S., Santos-Filho, M., 2007. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. Rev. Bras. Zoociências 9, 185–192.
- Miranda, F., Bertassoni, A., Abba, A., 2014. *Myrmecophaga tridactyla*. Disponível em: IUCN Red List Threat. Species 2014 e.T14224A47441961. URL <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T14224A47441961.en> (acessado em: 12.3.15).
- MMA, 2014. Lista de espécies ameaçadas. Disponível em: URL <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html> (acessado em: 11.12.15).
- Paula, R.C. de, Rodrigues, F.H.G., Queirolo, D., Jorge, R.P.S., Lemos, F.G., Rodrigues, L. de A., 2013. Avaliação do estado de conservação do Lobo-guará *Chrysocyon brachyurus* (Illiger, 1815) no Brasil. Biodiversidade Bras. 3, 146–159.
- Prado, T.R. do, Ferreira, A.A., Guimarães, Z.F.S., 2006. Efeito da implantação de rodovias no cerrado Brasileiro sobre a fauna de vertebrados. Acta Sci. - Biol. Sci. 28, 237–241. doi:10.4025/actascibiolsci.v28i3.215
- Rosa, C.A., Bager, A., 2013. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. Oecologia Aust. 17, 6–19.
- Rosa, C.A., Bager, A., 2012. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. J. Environ. Manage. 97, 1–5. doi:10.1016/j.jenvman.2011.11.004
- Sampaio, R., Beisiegel, B.D.M., Pontes, A.R.M., 2013. Avaliação do risco de extinção do Jupará *Potos flavus* (schreber, 1774) no Brasil. Biodiversidade Bras. 3, 277–282.
- Silva, R.M. da, Borba, C.H.O., Leão, V.P. de C., Mineo, M.F., 2011. O impacto das rodovias sobre a fauna de vertebrados silvestres no Cerrado mineiro. Enciclopédia Biosf. 7, 1–9.
- Souza, J.L., Anacleto, T.C.S., 2012. Levantamento de mamíferos atropelados na

rodovia BR-158, estado de Mato Grosso, Brasil, in: Bager, A. (Ed.), Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 139–152.

Tortato, M.A., Oliveira, T.G. de, Almeida, L.B. de, Beisiegel, B. de M., 2013.

Avaliação do risco de extinção do Gato-maracajá *Leopardus wiedii* (Schinz, 1821) no Brasil. Biodiversidade Bras. 3, 76–83.

Trombulak, S.C., Frissell, C. a, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. Conserv. Biol. 14, 18–30.

CAPÍTULO 2

Os *hotspots* de atropelamentos no Cerrado brasileiro são coincidentes entre grupos de vertebrados?

Resumo

É necessário conhecer os *hotspots* de atropelamentos para implementar medidas mitigatórias, informando motoristas do alto índice de cruzamento de animais nessas áreas. Estudos no sudoeste goiano possibilitam compreender o impacto de estradas em regiões dominadas pela agricultura no Cerrado. Para identificar os *hotspots* de atropelamentos no sudoeste goiano, percorremos cinco trechos de rodovias, uma vez ao mês, à 70 km.h⁻¹, partindo da cidade de Jataí para Acreúna, Portelândia, Aporé, Itajá e Doverlândia. Antes de identificar os pontos de agregação foi preciso analisar em quais escalas as agregações eram significativas. Por meio do teste K de Ripley bidimensional identificamos essas escalas de agregação e em seguida escolhemos a melhor escala significativa de acordo com nosso objetivo e realizamos uma análise de bidimensional de *Hotspots*. Ambas análises foram feitas no programa SIRIEMA. Com intuito de detectar influências de grupos separamos os atropelamentos em grupos: Geral, incluindo todos; Mamíferos; Aves; Vertebrados; Geral subtraído pela espécie mais abundante na rota; e Espécie mais abundante em cada rota separadamente. Ressaltamos que os testes foram feitos separadamente para cada rota. As escalas de agregação variaram bastante entre os grupos, inclusive entre as rotas. Os *hotspots* foram semelhantes para alguns grupos, mas revelaram distintos para mamíferos e aves, principalmente. Assim, uma análise geral nem sempre é a melhor maneira de definir locais para implantação de medidas. Uma opção são os redutores e sinalizadores nas estradas, que são mais em conta em relação às estruturas de passagem de fauna.

Palavras-chave: Ecologia de estradas, Atropelamentos, *Hotspots*, Extinção local, Vertebrados, Cerrado.

Abstract

It's necessary to know the roadkill hotspots to implement mitigation measures, informing drivers of the high rate of crossing animals in these areas. Studies in southwest of Goiás enable to understand the impact of roads in regions dominated by agriculture in the Cerrado. To identify roadkill hotspots in southwestern Goiás, we traveled five stretches of highway, monthly, at 70 km.h⁻¹, from Jataí to Acreúna,

Portelândia, Aporé, Itajá and Doverlândia. Before identifying the points of aggregation it was necessary to analyze in which aggregations scales were significant. Through the two-dimensional Ripley K test we identified these scales of aggregation and after choose the best significant scale according to our purpose and Hotspots conducted a two-dimensional analysis. Both analyzes were done in SIRIEMA program. To detect influences of groups we separate the roadkills in groups: General, including all; Mammals; Birds; Vertebrates; General subtracted the most abundant species on the route; and Most abundant species in each route separately. We emphasize that the tests were done separately for each route. Aggregate scales varied greatly between groups, even among the routes. Hotspots were similar to some groups but revealed distinct for mammals and birds, mainly. Thus, a general analysis is not always the best way to define locations for implementation measures. One option is the reduction and flags on the roads, which are more into account in relation to wildlife crossing structures.

Keywords: Road ecology, Roadkills, Biodiversity, Conservation.

Introdução

Rodovias são parte integrante da sociedade, providenciando benefícios para a saúde, educação e recreação (Quintero-Ángel et al. 2012). A construção de estradas pode diminuir a pobreza e enriquecer comunidades, mas também cria uma ilusão de desenvolvimento, com o qual não está de fato preocupado com custos ambientais em longo prazo (Caro et al. 2014). Além disso, modificam componentes do ecossistema (Coffin 2007), fragmentam a paisagem (Antrop 2000) e afetam a fauna de diversas maneiras (Forman and Alexander 1998), alterando qualidade e quantidade de habitat viável (Glista et al. 2009).

O atropelamento de animais é somente o efeito mais direto e óbvio das rodovias na fauna (Forman and Alexander 1998; Coffin 2007) e devido à grande diversidade de espécies afetadas por colisão é preciso elaborar propostas de mitigação (Teixeira et al. 2013). Nesse contexto, a obtenção de dados baseados em taxas de atropelamentos pode ser o meio mais rápido, simples e barato (Bager and Fontoura 2012), que se acompanhado de avaliações locais, melhora ainda mais a eficácia das medidas (Coelho et al. 2008). Mas a frequência com que essas medidas são implantadas não corresponde a sua eficácia percebida (Glista et al. 2009). O baixo controle durante a fase de planejamento e construção das rodovias, acompanhado de má qualidade de programas ambientais, resulta em medidas ineficientes (Bager et al. 2015). Por isso projetos de

rodovias devem ser elaborados com cuidado e examinados com rigor (Caro et al. 2014), apesar de sabermos que os fatores econômicos ditam na maioria das vezes a escolha da medida a ser implantada (Glista et al. 2009).

Então, devido aos impactos já conhecidos de atropelamentos sobre as populações de animais selvagens, as medidas para atenuar perdas na fauna são obrigatórias (Coelho et al. 2008), e identificar fatores relacionados com os padrões espaciais é útil para gestores rodoviários e ambientais (Grilo et al. 2009). Conseqüentemente, precisamos conhecer *hotspots* de atropelamentos para decidir quais medidas de mitigação são necessárias (Bager et al. 2007), informar motoristas do potencial de cruzamento de animais, evitar atropelamentos (Glista et al. 2009), além de oferecer menor risco à vida. De acordo com dados da Polícia Rodoviária Federal (2014), dos 3.380 acidentes em rodovias federais no ano de 2014 envolvendo animais na pista, mais da metade resultou em óbitos.

Assim, objetivamos descrever os pontos de agregação de atropelamento de animais em rodovias do sudoeste goiano e descobrir se há coincidências entre diferentes grupos no padrão espacial. Como foi descrito anteriormente (no primeiro capítulo), a região tem grande quantidade de atropelamentos, sendo que a maioria é por colisão com mamíferos de médio e grande porte. Por isso, indicamos padrões espaciais esperados para o Cerrado, bem como os pontos de maior agregação dos atropelamentos, e esperamos que esses pontos possam ser indicados para implantação de medidas necessárias, a fim de evitar colisões com animais silvestres na região.

Material e Métodos

Área de estudo

Goiás está situado no Planalto Central brasileiro, com clima predominantemente tropical, composto de duas estações bem definidas durante o ano: verão úmido e inverno seco (GOIÁS, 2006). O clima é classificado como AW de Köppen (Silva et al. 2008). A região sudoeste do estado de Goiás, tendo como referência principal o município de Jataí (17°52'37" S, 51°43'17" O), possui as mesmas características regionais e climáticas.

Monitoramento e coleta de dados

O monitoramento foi conduzido entre janeiro 2014 e janeiro de 2015, em cinco trechos de rodovias no Sudoeste de Goiás (Figura 1) e percorremos o total de 9.624 km.

Tivemos como ponto de partida a cidade de Jataí, com os seguintes destinos: Acreúna (AC), Aporé (AP), Doverlândia (DV), Itajá (IT) e Portelândia (PO).

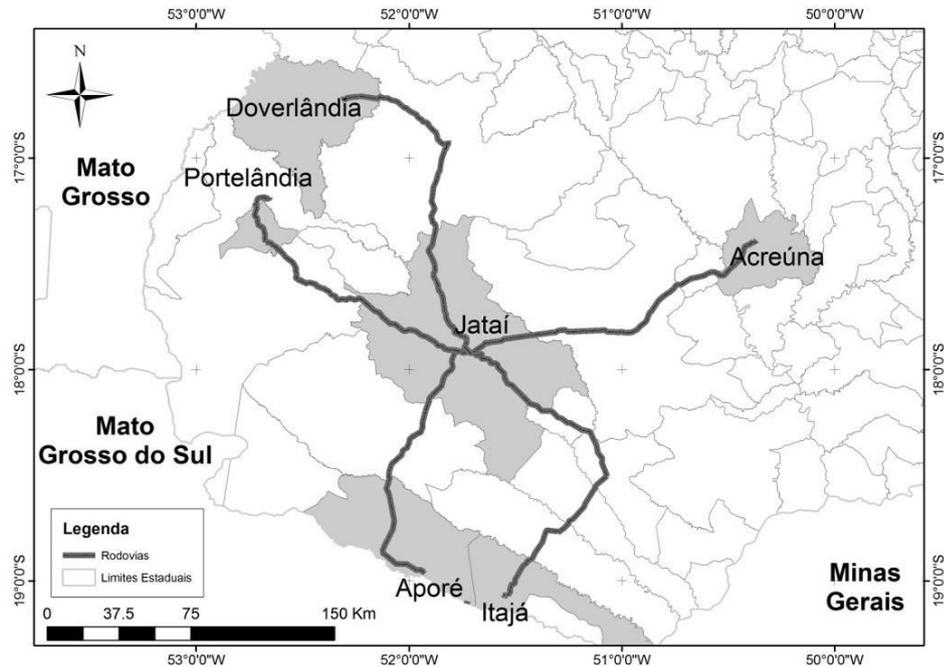


Figura 1: Mapa com as rotas percorridas.

Adaptamos a metodologia do manual de campo do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (Bager 2013). Percorremos os trajetos uma vez ao mês, com saídas por volta das sete da manhã, priorizando os finais de semana. O carro foi conduzido em velocidade baixa (70 km.h^{-1}), adaptando às necessidades das rodovias, quase sempre movimentadas por caminhões e algumas vezes sem acostamento. Tentamos manter a velocidade constante, de maneira que não prejudicasse o trânsito nem as coletas, parando sempre que necessário. O veículo sempre continha um motorista e dois observadores, a fim de observar os dois lados da pista. Os animais encontrados foram registrados por meio de fotografias e identificados *in loco* ao nível taxonômico mais específico possível. As coordenadas geográficas foram obtidas por meio de GPS para utilizarmos na análise espacial.

Análise dos dados

Para verificarmos como os atropelamentos estavam distribuídos ao longo das rodovias e se havia diferença na distribuição espacial para os grupos de vertebrados, utilizamos o teste K de Ripley bidimensional modificado (Coelho et al. 2008; Coelho et al. 2012). O teste permite analisar processos de dados espaciais mapeados, descrevendo características de processos pontuais em varias escalas (Dixon 2002). Para isso contamos com o programa SIRIEMA 1.1 (Coelho et al. 2011).

O teste gera uma circunferência em torno de um ponto de atropelamento (um evento) e soma o número dos demais eventos dentro da área. O somatório de eventos em cada área é multiplicado por um fator de correção, já que a rodovia não é retilínea e pode ter variações. Isso é feito para todos os pontos marcados na rodovia, e ao final realiza uma soma geral correspondente à intensidade de agregação para o tamanho do raio escolhido. Mais detalhes podem ser conferidos em Coelho (2011).

Analisamos os cinco trechos de rodovia separadamente. Primeiro verificamos a distribuição para todos os indivíduos atropelados encontrados em cada rota (chamada de análise Geral). Depois analisamos por grupo: avifauna, mastofauna e herpetofauna. Por fim, retiramos a espécie com maior ocorrência do grupo Geral (o qual foi denominado como Vertebrados) para analisar a influência e outra apenas para a espécie dominante (que recebeu o nome da espécie). Com essa separação, esperamos entender se há influência da espécie dominante em cada rota e como os grupos se distribuem. Então contabilizamos cinco grupos, tratados daqui pra frente como: Aves (apenas com aves); Masto (apenas mamíferos); Geral (com todas as espécies); Vertebrados (Geral sem a espécie dominante na rota); e Espécie dominante (que variou, com *Cerdocyon thous*, cachorro-do-mato, dominante em AC e *Euphractus sexcinctus*, tatu-peba, para as outras rotas). Utilizamos raio inicial de 100 metros, 500 metros de raio de incremento, com 1000 simulações e limite de confiança de 95%. Valores acima do valor do limite de confiança são considerados significativamente agrupados (Teixeira et al. 2013). O raio inicial foi escolhido por ser considerado como eficaz para as medidas mais comuns de mitigação, como os redutores de velocidade (Teixeira et al. 2013).

Para encontrarmos os *hotspots* de atropelamentos fizemos a análise bidimensional de identificação de *HotSpot* utilizando o programa SIRIEMA 1.1 (Coelho et al. 2011; Coelho et al. 2012; Teixeira et al. 2013). Dividimos a rodovia em segmentos de 200 metros cada (Teixeira et al. 2013). O raio utilizado na análise foi de 4 km, uma vez que apresentou agrupamento significativo para todas as rotas. Além disso, procuramos identificar agregações numa escala mais ampla, a fim de posteriormente estudar o que há nessas áreas. De modo geral, buscamos por áreas nas rodovias que podem nos indicar padrões, para que em futuros estudos essas regiões possam ser detalhadas. Retiramos dessa análise a herpetofauna, pelo baixo número de indivíduos registrados e os grupos que não demonstram agregação em nenhuma escala espacial no teste K de Ripley.

Resultados

As rodovias apresentaram diferentes escalas de agregação (Apêndice B), com variação entre os grupos e rodovias. Todos os grupos de AC, AP e PO demonstraram agrupamento em alguma escala. Para DV, Aves e Vertebrados não apresentaram agregação espacial em nenhum raio. Em IT *E. sexcinctus* também não demonstrou agregação espacial.

Os *hotspots* de atropelamentos variaram entre alguns grupos, mas em alguns casos manteve o padrão entre rodovias (Figura 2). As aves tiveram pontos diferentes dos demais grupos em AC, AP e IT. Mesmo com sobreposição de um ponto entre Masto e Aves de IT, há outros pontos de Aves bem separados dos demais, semelhante ao que acontece em AP. Na rota AC uma abordagem geral seria suficiente para a maioria das espécies terrestres, apesar de ocultar um ponto de *C. thous*. Masto, *E. sexcinctus* e Geral ocuparam as mesmas áreas na rota DV. Em PO, notamos influência de *E. sexcinctus* em alguns pontos da análise Geral. E apesar de Aves sobrepor a maioria dos grupos nessa rota, há um pequeno ponto afastado que é camuflado pela análise Geral.

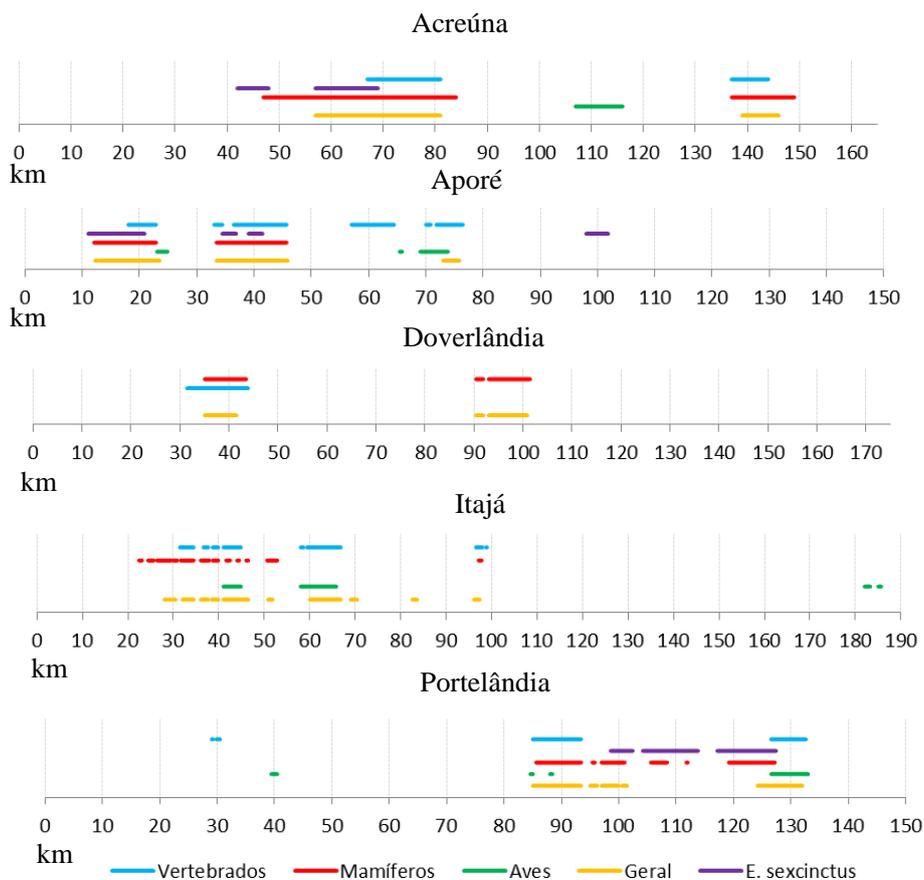


Figura 2. Hotspots de atropelamento ao longo das rodovias estudadas.

Discussão

As diferenças na escala de agregação revela que aves tendem a seguir um padrão diferente de mamíferos. E mesmo quando se sobrepõem, não atingem os mesmo limites. A maioria dos mamíferos que registramos é de médio e grande porte, e essa característica facilita a visualização dessas espécies na pista (Rosa et al. 2012). Pode também ter sido o mesmo motivo pelo qual o grupo atingiu maiores raios de agregação, uma vez que teve quantidade elevada de mortes registradas ao longo das rodovias em relação aos demais grupos.

Também notamos em nossas análises a quantidade e tamanho de *hotspots* de mamíferos e aves. Aves tendem a ser mais pontuais. Certamente que características ecológicas e comportamentais, como o modo de locomoção (Laurance et al. 2009) são a resposta para esse padrão. Em geral *hotspots* de atropelamentos são espacialmente diferentes e dependentes da escala, com tendência a aumentar a semelhança em raios maiores (Teixeira et al. 2013).

Padrões de agregação de atropelamentos para grupos taxonômicos indicam existência de fatores que afetam a distribuição espacial desses eventos (Coelho et al. 2008) e refletem diferentes respostas em relação ao habitat dos animais (Clevenger et al. 2003), demonstrando que algumas áreas são melhores do que outras para implementação de medidas (Coelho et al. 2008). Na rota AC e AP, por exemplo, certamente as aves não utilizam dos mesmos recursos adjacentes à rodovia do que os mamíferos, uma vez que os dois grupos possuem distribuição distinta. Em PO e IT, Aves sobrepõem Vertebrados, que pode indicar a utilização de recursos semelhantes nesses pontos, como a presença de água por exemplo.

A distribuição de grãos podem ter influenciado na resposta de populações em relação à utilização de recursos no entorno das rodovias (Beaudry et al. 2010), pois a região é agrária e as rodovias são cercadas por plantações, e faz com que haja tráfego de caminhões durante o ano todo por conta da rotação entre agriculturas na região (principalmente soja e milho). Assim, este maior tráfego de caminhões também contribui, já que os animais param na pista para consumir grãos que caem dos veículos (Silva et al. 2011). Espécies como tatu-peba e cachorro-do-mato, que utilizam recursos às margens de rodovias são comumente encontrados atropelados no Cerrado (Souza and Anacleto 2012).

Mamíferos tiveram grande influência na análise Geral em todas as rotas, que nos remete ao cuidado em juntar grupos distintos em uma análise dessas para tomar

decisões conservacionistas em relação à fauna atropelada. Também é preciso ter cuidado para não usar grupos substitutos que não são bons indicadores, além de carcaças de fácil visualização para planejamento de medidas (Teixeira et al. 2013). Nesse sentido, não acreditamos que utilizar um único grupo em análise de *hotspots* seja eficiente para todo o restante, na região do Cerrado.

As agregações também são influenciadas pela topografia da borda das estradas e aumento da cobertura da vegetação (Clevenger et al. 2003). Segundo os autores, é pouco provável que os animais ultrapassem em locais que a estrada é mais alta. Sugerem ainda que o aumento de cobertura vegetal próximo às estradas ofereça proteção e segurança para animais que pretendem atravessar trechos vegetados. PO condiz com padrões semelhantes, em que não houve agregações em áreas de maiores elevações em torno da rodovia, como trechos próximos à cidade de Portelândia. Apesar da grande quantidade de vegetação, a estrada é margeada por elevações. Além disso, o tráfego, que influencia no número de atropelamentos (Trombulak and Frissell 2000; Jaeger et al. 2005; Coelho et al. 2008; Beaudry et al. 2010), também é importante na explicação de padrões espaciais, em que estradas com mais curvas e baixa velocidade demonstram padrões descontínuos comparadas às estradas lineares que permitem maior velocidade (Clevenger et al. 2003). E IT é um reflexo disso, em que seus trechos de rodovias estaduais, que possuem menor fluxo, não demonstraram agregações.

Quanto a ocupação humana no entorno das rodovias, o Cerrado parece não apresentar o mesmo padrão de distribuição de atropelamentos que a região amazônica, mas se assemelha à região de Mata Atlântica. Omena Junior et. al (2012) registraram maior número de atropelamentos próximo a áreas ocupadas, e sugerem que a movimentação nessas áreas seja o principal fator de influência. Contrariamente, no Cerrado encontraram mais registros distantes de cidades (Cáceres et al. 2012; Bueno et al. 2015). Provavelmente é reflexo da destruição de habitat adequado. A região possui rotas de escoamento da soja (Correa and Ramos 2010), além de pastagens e culturas resultantes do avanço da fronteira agrícola, que aumentam os danos ambientais (Klink and Moreira 2002; Klink and Machado 2005). Desse modo, o efeito cumulativo de atividades humanas pode influenciar a dispersão e movimentos da fauna, provocando impacto sobre a abundância (Grilo et al. 2009). Por isso, longe dos centros urbanos pode ser onde a fauna ainda se encontra mais bem protegida, e justamente onde o efeito da estrada é maior atualmente (Cáceres et al. 2012).

Seleção de trechos para a implementação de medidas deve ser cautelosa, de modo que as áreas importantes não sejam eliminadas durante o processo (Bager and Rosa 2010). Nenhum agrupamento envolvendo todos os grupos numa única análise pode ser um bom substituto para análises específicas na Mata Atlântica (Teixeira et al. 2013), e o mesmo acontece para o Cerrado. Mesmo que agências de transporte se preocupem com locais apropriados para instalação de medidas para uma espécie-alvo (Ford et al. 2011), um aparente sucesso desses programas voltados para uma espécie pode deixar de reconhecer efeitos impostos em outras espécies não-alvos (Clevenger and Waltho 2005). É necessário que os *hotspots* sejam analisados para selecionar áreas mais específicas, em pequenas escalas (Teixeira et al. 2013). Análises gerais, envolvendo vários grupos num só teste, não são eficientes para o Cerrado. É preciso que análises mais específicas dentro de grupos, ou entre classes, sejam realizadas, uma vez que grupos distintos não seguem o mesmo padrão de agregação, como encontramos para aves e mamíferos.

Notamos a falta de confiança de trabalhos em pequenos trechos, que tentam extrapolar seus resultados. Mas jamais descartamos a importância deles. Análises em ampla escala possibilitam que padrões sejam definidos com maior precisão e confiabilidade. O trecho DV é um exemplo, onde todas as análises com algum raio de significância se sobrepõem no espaço. E aves, nem se quer apresentaram escala de agregação na análise K de Ripley. Analisar apenas essa região induziria conclusões equivocadas. Não se sabe o quanto resultados locais podem ser extrapolados para escalas maiores (van der Ree et al. 2011), por isso acreditamos na necessidade de ampliação das áreas de coletas para tentar encontrar padrões que ajudem na implementação de passagens de fauna.

Passagens de fauna são ligações entre habitat geralmente formados por corredores de vegetação (Clevenger and Waltho 2005) e, quando implementadas de forma inadequada (e.g. locais errados), aumentam a fragmentação (Bager and Fontoura 2013). Ng et al. (2004) registraram o uso de passagens subterrâneas por animais de interesse conservacionista e constataram que apesar de tubulações serem instaladas para passagem de água, podem ser utilizadas por animais. Mas é preciso cuidado, pois a largura da estrutura da travessia e a posição em relação à estrada e o *design* são fatores-chave (Mata et al. 2008). Passagens inferiores podem utilizar recursos do terreno e promover passagens de maior variedade de espécies, mas são mais caras e ainda não há um projeto universal que funcione bem para todas as estradas (Glista et al. 2009).

Apesar da recomendação de instalação de cercas (Ng et al. 2004; Glista et al. 2009), acreditamos que em áreas de agregações mistas, como a nossa, redutor de velocidade pode ser mais eficiente.

Reduzir de fato os efeitos negativos das estradas só é possível com diálogo entre cientistas e políticos (van der Ree et al. 2011). Além do mais, não adianta terminar as ações com implantação de medidas durante a construção de estradas, é preciso manter essas estruturas de passagens em funcionamento, com monitoramento contínuo (Clevenger and Waltho 2005). Modelos espaciais que considerem as características da paisagem podem ser utilizados também (Coelho et al. 2012).

Assim, sugerimos que essas áreas de *hotspots* sejam analisadas para identificar possíveis indicadores ambientais que contribuem com a presença das espécies registradas nesses pontos, como atributos da paisagem. Além disso, medidas mínimas dentro desses pontos de agregações devem ser implantadas, como placas, redutores e principalmente passagens de fauna. Por fim, concluímos que escalas de agregações gerais, com mais de um grupo incluídos não são bons indicadores de *hotspots* para o Cerrado, pois podem mascarar áreas de conservação. Nesse sentido, acreditamos que as classes devam ser analisadas separadamente e mais profundamente também, separando em grupos distintos por comportamento.

Referências

- Antrop, M., 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 17–28.
- Bager, A., 2013. Projeto Malha. Manual para equipe de campo. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - UFLA, Lavras, Minas Gerais.
- Bager, A., Borghi, C.E., Secco, H., 2015. The influence of economics , politics and environment on road ecology in south america.
- Bager, A., Fontoura, V., 2013. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. *Ecol. Eng.* 53, 31–38.
doi:10.1016/j.ecoleng.2013.01.006
- Bager, A., Fontoura, V., 2012. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 13–34.
- Bager, A., Piedras, S.R.N., Martin, T.S., Hóbus, Q., 2007. Fauna Selvagem e Atropelamento - Diagnóstico do Conhecimento Brasileiro, in: Bager, A. (Ed.),

- Áreas Protegidas: Repensando as Escalas de Atuação. Armazém Digital, Porto Alegre, pp. 49–62.
- Bager, A., Rosa, C., 2010. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotrop.* 10, 2–7.
- Beaudry, F., DeMaynadier, P.G., Hunter Jr., M.L., 2010. Identifying hot moments in road-mortality risk for freshwater turtles. *J. Wildl. Manage.* 74, 152–159. doi:10.2193/2008-370
- Cáceres, N.C., Casella, J., Goulart, C.D.S., 2012. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no Bioma Cerrado, Rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. *Mastozoología Neotrop.* 19, 21–23.
- Caro, T., Dobson, A., Marshall, A.J., Peres, C.A., 2014. Compromise solutions between conservation and road building in the tropics. *Curr. Biol.* 24, 722–725. doi:10.1016/j.cub.2014.07.007
- Clevenger, A.P., Chruszcz, B., Gunson, K.E., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biol. Conserv.* 109, 15–26.
- Clevenger, A.P., Waltho, N., 2005. Performance indices to identify attributes of highway crossing structures facilitating movement of large mammals. *Biol. Conserv.* 121, 453–464. doi:10.1016/j.biocon.2004.04.025
- Coelho, I.P., Kindel, A., Coelho, A.V.P., 2011. SIRIEMA. Spatial Evaluation of Road Mortality Software. User's Guide.
- Coelho, I.P., Kindel, A., Coelho, A.V.P., 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *Eur. J. Wildl. Res.* 54, 689–699. doi:10.1007/s10344-008-0197-4
- Coelho, I.P., Teixeira, F.Z., Colombo, P., Coelho, A.V.P., Kindel, A., 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *J. Environ. Manage.* 112, 17–26. doi:10.1016/j.jenvman.2012.07.004
- Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology : A review of the ecological effects of roads. *J. Transp. Geogr.* 15, 396–406. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006
- Correa, V.H.C., Ramos, P., 2010. A Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o Escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste : situação e perspectivas. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 48, 447–472.
- Dixon, P.M., 2002. Ripley's K function. *Environmetrics* 3, 1796–1803. doi:10.1002/9780470057339.var046

- Ford, A.T., Clevenger, A.P., Huijser, M.P., Dibb, A., 2011. Planning and prioritization strategies for phased highway mitigation using wildlife-vehicle collision data. *Wildlife Biol.* 17, 253–265. doi:10.2981/09-051
- Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207–231.
- Glista, D.J., Devault, T.L., Dewoody, J.A., 2009. Landscape and Urban Planning A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways 91, 1–7. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.11.001
- Goiás (Estado), 2006. Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Caracterização Climática do Estado de Goiás. Por Silvano Carlos da Silva, Neiva Maria Pio de Santana, José Cardoso Pelegrini. Goiânia.
- Grilo, C., Bissonette, J.A., Santos-Reis, M., 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biol. Conserv.* 142, 301–313. doi:10.1016/j.biocon.2008.10.026
- Jaeger, J.A.G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B., Tluk, K., Toschanowitz, V., 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads : an interactive model of road avoidance behavior. *Int. J. Ecol. Model. Syst. Ecol.* 185, 329–348. doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015
- Klink, C.A., Machado, R.B., 2005. Conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1, 147–155.
- Klink, C.A., Moreira, A.G., 2002. Past and Current Human Occupation, and Land Use, in: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R. (Eds.), *The Cerrados of Brazil - Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. University Press, New York, pp. 69–90.
- Laurance, W.F., Goosem, M., Laurance, S.G.W., 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends Ecol. Evol.* 24, 659–669. doi:10.1016/j.tree.2009.06.009
- Mata, C., Hervás, I., Herranz, J., Suárez, F., Malo, J.E., 2008. Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *J. Environ. Manage.* 88, 407–415. doi:10.1016/j.jenvman.2007.03.014
- Ng, S.J., Dole, J.W., Sauvajot, R.M., Riley, S.P.D., Valone, T.J., 2004. Use of highway undercrossings by wildlife in southern California. *Biol. Conserv.* 115, 499–507. doi:10.1016/S0006-3207(03)00166-6
- Omena Junior, R., Pantoja-Lima, J., Santos, A.L.W., Ribeiro, G.A.A., Aride, P.H.R.,

2012. Characterization of the vertebrate fauna hit on roadway br 174, Amazonas, Brazil, caracterización de la fauna de vertebrados atropellada en la carretera br 174, amazonas, brasil. *Rev. Colomb. Ciência Anim.* 4, 291–307.
- Polícia Rodoviária Federal, 2014. Relatório de acidentes da Polícia Rodoviária Federal. Disponível em: URL <https://www.prf.gov.br/portal/policiamento-e-fiscalizacao/estatisticas> (accessed 11.7.15).
- Quintero-Ángel, A., Osorio-Dominguez, D., Vargas-Salinas, F., Saavedra-Rodríguez, C. a., 2012. Roadkill rate of snakes in a disturbed landscape of Central Andes of Colombia. *Herpetol. Notes* 5, 99–105.
- Rosa, C.A., Cardoso, T.R., Teixeira, F.Z., Bager, A., 2012. Atropelamento de fauna selvagem: amostragem e análise de dados em ecologia de estradas, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 79–100.
- Silva, R.M. da, Borba, C.H.O., Leão, V.P. de C., Mineo, M.F., 2011. O impacto das rodovias sobre a fauna de vertebrados silvestres no Cerrado mineiro. *Enciclopédia Biosf.* 7, 1–9.
- Silva, F.A.M., Assad, E.D., Evangelista, B.A., 2008. Caracterização Climática do bioma Cerrado, in: Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F. (Eds.), *Cerrado: Ecologia E Flora*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, pp. 69–87.
- Souza, J.L., Anacleto, T.C.S., 2012. Levantamento de mamíferos atropelados na rodovia BR-158, estado de Mato Grosso, Brasil, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 139–152.
- Teixeira, F.Z., Coelho, I.P., Esperandio, I.B., Oliveira, N.R., Peter, F.P., Dornelles, S.S., Delazeri, N.R., Tavares, M., Martins, M.B., Kindel, A., 2013. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups? *Oecologia Aust.* 17, 36–47. doi:10.4257/oeco.2013.1701.04
- Trombulak, S.C., Frissell, C. a, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol.* 14, 18–30.
- van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., van der Grift, E.A., Clevenger, A.P., 2011. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. *Ecol. Soc.* 16, 48. doi:48

CAPÍTULO 3

A paisagem é preditora de atropelamentos de animais silvestres em rodovias do cerrado?

Resumo

Rodovias são agentes modificadores da paisagem, pois fragmentam habitats e promovem a perda da biodiversidade, principalmente por meio de atropelamentos de animais selvagens. Mas os organismos respondem de diversas maneiras ao mosaico paisagístico e aos efeitos da rodovia. Com uma extensa área composta de agricultura e com rodovias que fazem parte do escoamento da produção agrária no Brasil, o sudoeste goiano é uma ótima área de trabalho para se compreender os efeitos da paisagem antropizada sobre a fauna atropelada. Para isso coletamos durante um ano, uma vez ao mês, em rodovias que partem de Jataí com destino à Itajá, Aporé, Doverlândia, Portelândia e Acreúna. Realizamos a análise da paisagem com imagens do período de coleta e analisamos as métricas por meio de Modelo Linear Generalizado. Como esperado, encontramos repulsão de animais por áreas antropizadas, bem como um padrão de preferência por áreas com menos fragmentos. Sugerimos que os movimentos em torno das rodovias devam ser estudados para melhor compreensão da utilização da rodovia por vertebrados.

Palavras-chave: Fauna, Conservação, Fragmentação do habitat, Planejamento ambiental.

Abstract

Highways are modifying agents landscape as fragmented habitat and promote biodiversity loss, mainly through wildlife roadkill. But organisms respond in different ways to the landscape mosaic and effects of the highway. With a large area made up of agriculture and roads that are part of the flow of agricultural production in Brazil, Goiás southwest is a great work area to understand the effects of anthropogenic disturbance on the roadkill fauna. Then we collect for one year, monthly, on highways departing from Jataí destined to Itajá, Aporé, Doverlândia, Portelândia and Acreúna. We performed the landscape analysis with images of the collection period and analyze metrics through Generalized Linear Model. As expected, we found repelling animals per disturbed areas, and a pattern preferably by areas with less habitat fragments. We suggest that moves around the roads should be studied for a better understanding of road use by vertebrates.

Keywords: Wild Fauna, Conservation, Habitat Fragmentation, Environmental Planning.

Introdução

A remoção do habitat e sua fragmentação (Fahrig 2003), é uma realidade comum em todo mundo, e tem efeito direto na biodiversidade (Lyra-Jorge et al. 2010). A fragmentação pode ainda: reduzir o tamanho dos fragmentos e aumentar o isolamento (Fahrig 2003). Essas mudanças fazem com que a paisagem não seja constante (Antrop 2000; Kindlmann and Burel 2008), mas dinâmica e multifuncional, em que do ponto de vista holístico alterar um elemento também altera o todo (Antrop 2000). Quanto mais a paisagem muda, menor é a chance de sobrevivência de uma população (Kindlmann and Burel 2008). Por isso é preciso compreender os padrões da paisagem, considerando a adequação dos habitats e alterações no entorno (Umetsu et al. 2008)

Sendo a paisagem multifuncional, influenciada por diversos fatores, como centros urbanos e estradas (Antrop 2000; Wu and Hobbs 2002), a persistência da fauna em paisagens antropizadas depende da heterogeneidade de habitats disponíveis no mosaico criado (Bennett et al. 2006) e da capacidade de dispersão dos indivíduos (Kindlmann and Burel 2008; Umetsu et al. 2008; Lyra-Jorge et al. 2010). Até por que o habitat pode ser removido e a paisagem transformada em diversos padrões (Fahrig 2003). E, claro, os organismos respondem de maneira diferente à paisagem (Tischendorf et al. 2003; Umetsu et al. 2008; Lyra-Jorge et al. 2010).

Como os componentes naturais são a base do funcionamento ecológico da paisagem, o aumento da fragmentação desconecta a paisagem e resulta em desequilíbrio (Antrop 2000). Nesse sentido, têm-se os processos socioeconômicos como os principais responsáveis pela dinâmica da paisagem (Wu and Hobbs 2002), em que as estradas estão entre as principais causas da fragmentação da paisagem e perda de habitat (Glista et al. 2009; van der Ree et al. 2011; Bueno et al. 2012), que reduz a biodiversidade (Forman and Alexander 1998; Coffin 2007; van der Ree et al. 2011). Além disso, estradas provocam efeito barreira e de repulsão, que impedem a acessibilidade à habitats (Forman 1998; Jaeger et al. 2005) e o fluxo gênico (Jackson and Fahrig 2011). Mas o efeito mais direto e perceptível é o atropelamento (Forman and Alexander 1998; Coffin 2007).

Estima-se que se a malha viária do Brasil continuar aumentando, os atropelamentos podem atingir o valor de 603 milhões por ano (Dornas et al. 2012).

Como país emergente, a economia tem forte influência no crescimento da malha viária (Bager et al. 2015), que impera no país desde meados dos anos 40 (Correa and Ramos 2010). No Cerrado a maior expansão parece ter sido com a construção de Brasília (Klink and Moreira 2002; Bager and Fontoura 2012), que também possibilitou diversos usos da terra (Klink and Moreira 2002). Assim, a região sofre também com histórico de implantação de tecnologias agrárias e energéticas (Ab'Saber 2003) além de contar com rodovias de escoamento da produção da soja (Correa and Ramos 2010). Dados os danos ambientais ocorrentes no Cerrado (Klink and Machado 2005), esses fatores têm efeito direto na fauna, visto que trabalhos registram influencia de nível do tráfego e economia regional em atropelamentos de animais selvagens (Forman and Alexander 1998; Trombulak and Frissell 2000; Jaeger et al. 2005; Coffin 2007).

Considerando a ocupação agropastoril e implantação de usinas hidrelétricas na região de Jataí, que assemelha à descrição dada por Ab'Saber (2003), bem como a variedade de respostas dos organismos em relação a paisagem (Tischendorf et al. 2003; Kindlmann and Burel 2008; Umetsu et al. 2008) e especificamente às estradas (Fahrig and Rytwinski 2009; Rosa and Bager 2013), é fundamental compreender a padrões na paisagem que revelam pontos com mais atropelamentos (Forman and Alexander 1998). O sudoeste goiano é uma ótima área de estudo, pois sua região está impactada por diferentes formas de ocupação da paisagem.

Assim, nosso objetivo é encontrar métricas da paisagem que sejam preditoras para descrever e encontrar pontos com mais atropelamentos, para então poder minimizar o efeito das estradas nesses pontos. Esperamos encontrar relações positivas com corpos d'águas e vegetação, confirmando o que está disposto na literatura. Desejamos definir características da paisagem como fator preditor na busca por pontos de mitigação de atropelamentos.

Material e métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado em cinco rodovias no sudoeste goiano, partindo de Jataí (Figura 1) sentido: Acreúna (160 km); Aporé (144 km); Doverlândia (170 km); Itajá (186 km); e Portelândia (142 km). A região está inserida totalmente no Cerrado com forte influência da agricultura, sendo predominante a soja e cana-de-açúcar. O clima é definido como *Aw* de acordo com a classificação de Köppen (Silva et al. 2008).

Monitoramento e coleta

O monitoramento foi conduzido entre janeiro de 2014 e janeiro de 2015. Ao todo realizamos 12 campanhas (uma por mês) e percorremos no total 9.673,2 km de carro, a 70 km/h. O veículo sempre continha três pessoas: motorista e dois observadores. Utilizamos de GPS para registrar as coordenadas dos pontos de atropelamento, além de fotografar os animais e a paisagem no entorno.

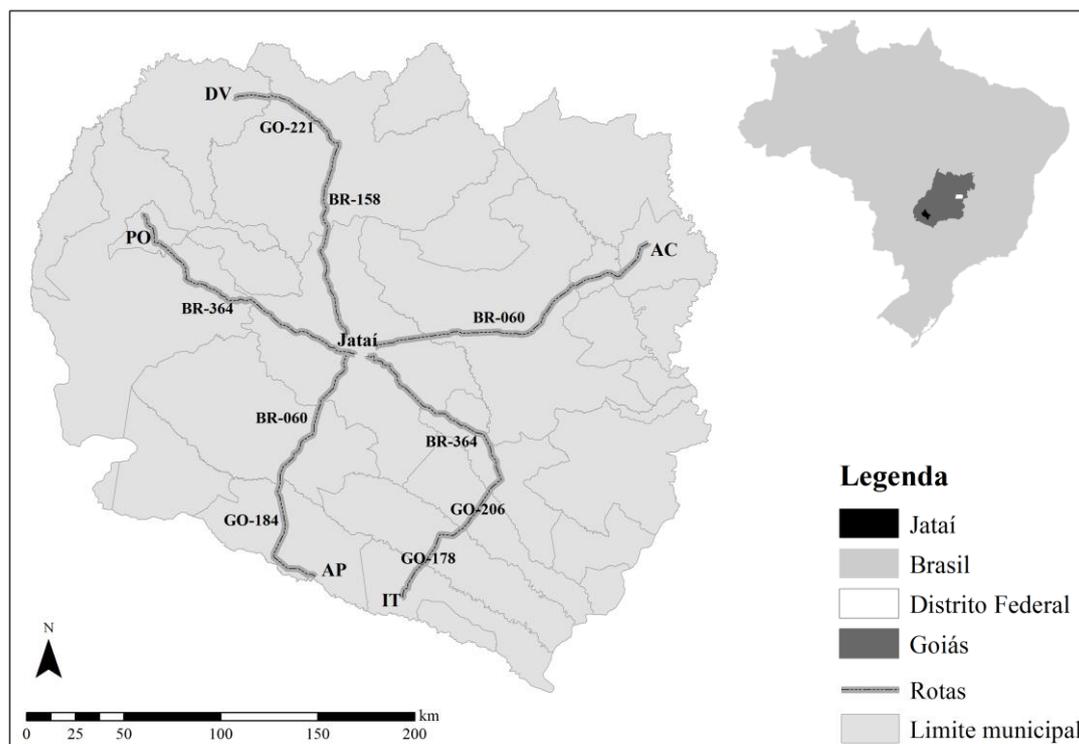


Figura 1. Área de estudo: Doverlândia (DV); Portelândia (PO); Acreúna (AC); Itajá (IT); e Aporé (AP).

Análise da paisagem

Utilizamos imagens do satélite Landsat 8 (bandas 4, 5 e 6), com 30 m de resolução, já pré-selecionadas. Elas são correspondentes ao ano de 2014, adquiridas através do *site* da United States Geological Survey (USGS). Para analisar a paisagem local em torno das rodovias criamos polígonos circulares contínuos, com raio de 3 km, ao longo dos trajetos (Figura 2). Realizamos classificação supervisionada, através da máxima verossimilhança (Marçal et al. 2005), por observação direta em campo, dividida em 5 classes: vegetação; agricultura; área urbana; água; e pastagem. Essas análises foram processadas em ambiente Sistema de Informação Geográfica (SIG) no programa ArcGIS 10.1. As métricas da paisagem (Tabela 1) foram calculadas no programa FRAGSTATS™ 4 (McGarigal, K., SA Cushman 2012), para cada um dos polígonos. Escolhemos as métricas para tentar avaliar a quantidade de hábitat necessário (como

vegetação e corpo d'água), influência da matriz e distância de ambientes vegetados próximos.

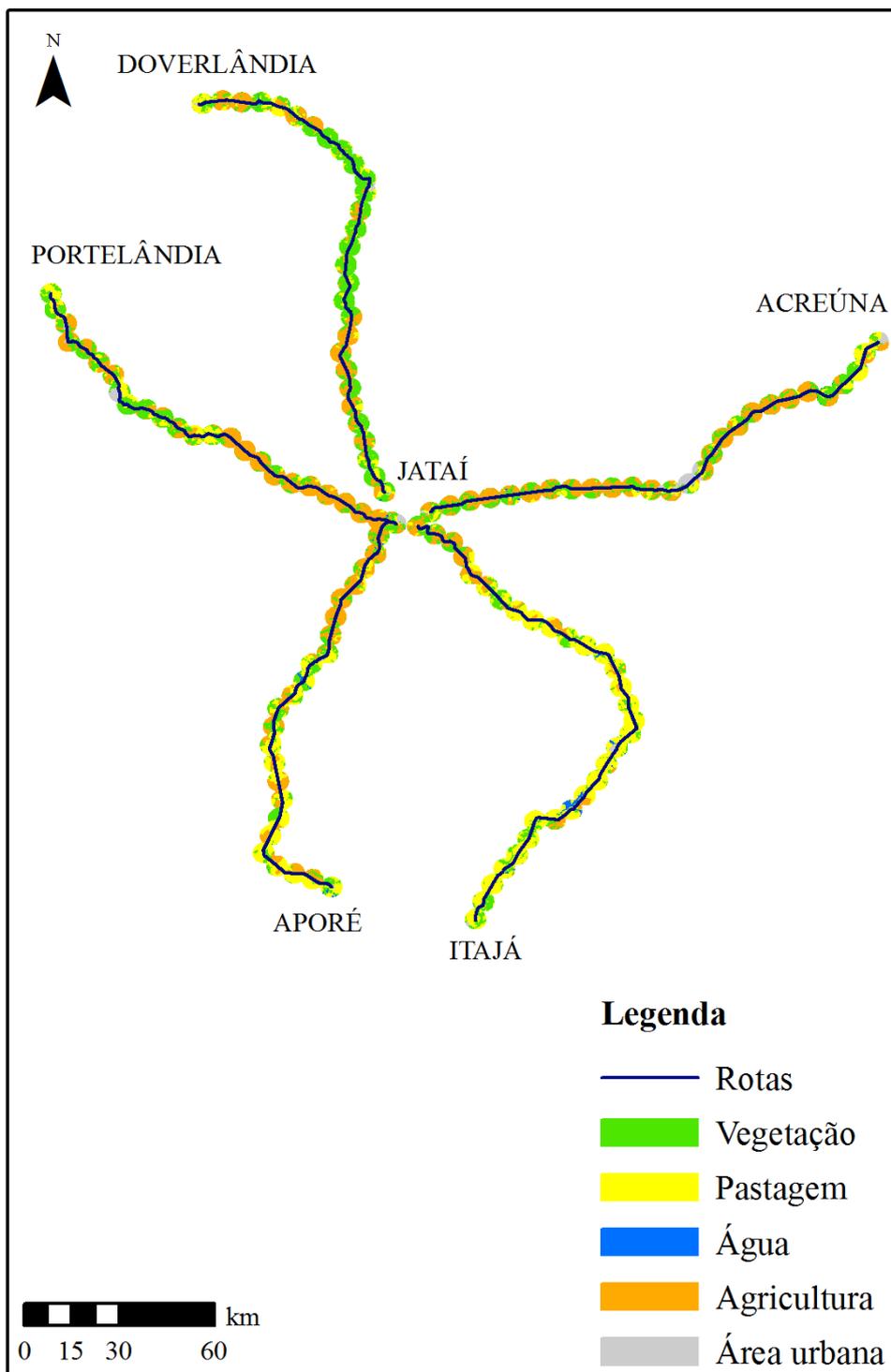


Figura 2. Mapa de polígonos e classificação da área de estudo..

Tabela 1. Métricas da paisagem utilizadas.

Abreviação	Métrica	Descrição	Unidade de medida
NP	Número de fragmentos	Número total dos fragmentos dentro do polígono.	Unidade
PD	Densidade de fragmentos	Número de fragmentos em uma área base.	$n^{\circ} \cdot 100^{-1}$ hec
PROX	Índice de proximidade dos fragmentos	Estatística da proximidade de fragmentos do mesmo tipo*	Sem unidade de medida
ENN	Distância euclidiana do vizinho mais próximo	Distancia entre os fragmentos a partir do centro*	Metros
CONNECT	Índice de conectividade	Número de fragmentos unidos convertidos em porcentagem*	Porcentagem
AI	Índice de agregação	Calcula o número máximo possível de adjacências.	Porcentagem
CAag	Quantidade de agricultura	Total correspondente à classe no polígono.	m^2
CAh2	Quantidade de água		
CApa	Quantidade de pastagem		
CAur	Quantidade de área urbana		
CAvg	Quantidade de vegetação		

*O raio utilizado para as análises foi de 3km, o valor correspondente ao raio dos polígonos.

Análise dos dados

Utilizamos cada polígono como uma unidade amostral e quantificamos o número de atropelamentos totais, de aves e de mamíferos em cada polígono. Para testar os efeitos das métricas de paisagem sobre o número de atropelamentos totais, de aves e de mamíferos utilizamos um Modelo Linear Generalizado (GLM) para a distribuição binomial negativa, indicada para dados de contagem que apresentam sobre-dispersão (Zuur et al. 2007), com “log” na base 10 como função de ligação.

A colinearidade entre as variáveis foi eliminada utilizando o Fator de Influência de Variância ($vif < 3$). Utilizamos o Critério de Informação de Akaike com correção para pequeno número de amostras (AICc) para selecionar os modelos que melhor se ajustaram aos dados pela sua diferença em relação ao melhor modelo $\Delta AICc \leq 2$. Os melhores modelos selecionados foram utilizados para construir o “melhor modelo médio” para verificar a importância de cada variável preditora sobre o número de atropelamentos baseado no número de modelos em que ela esteve presente e em seu peso acumulativo (ω_i) (Burnham and Anderson 2002). Para realizar as análises utilizamos a plataforma R (R Core Team 2015), com os pacotes MuMIn (Barton, K. 2015), faraway (Faraway, J. 2014) e ggplot2 (Wickham, H. 2009).

Resultados

O GLM indicou que a quantidade de pasto ($\beta = -0,0004097$; $p = < 0,001$, tabela 2) e a quantidade de área urbana ($\beta = -0,0009403$; $p = < 0,001$, tabela 2) foram os preditores significativos para o número de atropelamentos totais. Enquanto isso, a quantidade de pasto para aves ($\beta = -0,0004251$; $p = < 0,001$, tabela 2) e para mamíferos ($\beta = -0,0004039$; $p = < 0,009$, tabela 2) foi a única variável significativa.

O melhor modelo selecionado para o número de atropelamentos totais apresentou CApa e CAur seguido por um modelo que incluiu o número de fragmentos ($\Delta AICc = 1,32$, tabela 3) enquanto que para os atropelamentos de aves o melhor modelo apresentou CApa e PROX, seguido por um modelo que contém apenas CApa ($\Delta AICc = 0,43$, tabela 3). Para os atropelamentos de mamíferos obtivemos apenas um modelo que incluiu as variáveis CApa; CAur ($\Delta AICc = 0,00$, tabela 3).

As variáveis explanatórias dos melhores modelos médios para cada grupo não variaram muito, sempre com duas variáveis e com repetição de CApa (Tabela 2 e 3). O modelo total apresentou ainda o número de fragmentos como variável preditora, que não apareceu em nenhuma das outras análises, nem para aves ou mamíferos.

Tabela 2. Estimativa dos parâmetros dos modelos lineares generalizados para o número de atropelamentos totais, de mamíferos e aves em paisagem de Cerrado no sudoeste de Goiás.

Grupo	Variáveis	β	Erro padrão	p	Importância
TOTAL	(Intercepto)	2,432	0,091	< 0,001*	
	CApa **	-0,0004079	< 0,001	< 0,001*	1,0
	CAur	-0,0009403	< 0,001	0,001*	1,0
	NP	-0,004	0,004214	0,346	0,27
	PROX	-0,00006199	< 0,001	0,525	0,21
AVE	(Intercepto)	0,8199687	0,1338508	< 0,001*	
	CApa **	-0,0004251	0,0001167	< 0,001*	1,0
	PROX	-0,0002829	0,0001804	0,120	0,55
MAMÍFEROS	(Intercepto)	2,1289111	< 0,168	< 0,001*	
	CApa **	-0,0004039	< 0,001	0,009*	1,0
	CAur	-0,0015506	< 0,001	0,063	1,0

* Variáveis significativas. ** Variáveis que se repetem nos três grupos

Tabela 3. Modelos lineares generalizados selecionados para o número de atropelamentos totais, de mamíferos e de aves em uma paisagem fragmentada de Cerrado no sudoeste do estado de Goiás.

	Componentes dos modelos	AICc	Δ AICc	wAICc
TOTAL	CApa; CAur	773,35	0	0,52
	CApa; CAur; NP	774,68	1,32	0,27
	CApa; CAur; PROX	775,13	1,77	0,21
AVES	CApa; PROX	446,97	0	0,55
	CApa	447,4	0,43	0,45
MAMÍFEROS	CApa; CAur	720,46	0	1

Discussão

Mosaicos em paisagem dominada por agropecuária oferecem diversos habitats para espécies capazes de suportar as alterações e demonstram a relevância da matriz para a persistência de populações (Carvalho et al. 2009). E mesmo que o tamanho e isolamento de fragmentos de vegetação sejam propriedades ecológicas fundamentais (Prevedello and Vieira 2010), a matriz pode ser mais relevante para prevenir atropelamentos de vertebrados silvestres, em alguns casos (Bueno et al. 2015).

Contrariamente, encontramos relação negativa entre quantidade de pasto e número de atropelamentos. Acreditamos que a perda de habitat adequado (Fahrig 2003) nessas áreas foi a causa do efeito negativo. Mesmo que as condições da matriz melhorem a eficiência da circulação de animais (Brady et al. 2011; Vergara 2011), que haja espécies capazes de utilizar essas áreas (Tischendorf et al. 2003; Umetsu et al. 2008) e que o tipo de matriz em que os fragmentos de vegetação se encontram determinem a persistência das espécies (Carvalho et al. 2009), para prever atropelamentos em rodovias no Cerrado a matriz não foi relevante.

Por mais que áreas de pastagem favoreçam a sobrevivência de espécies em fragmentos (Carvalho et al. 2009), em caso de atropelamentos para o Cerrado elas não são boas áreas para implantação de estruturas de passagem e sinalizadores. Isso por que uma paisagem com mais habitats tende a ter mais espécies em relação àquela com pouco habitat (Fahrig 2003). Ademais, mais habitats disponíveis resulta em movimentos mais aleatórios e reduz o potencial de deslocamento conforme aumentam os habitats na paisagem (Tischendorf 2001). Isso explica o fato de não termos encontrado relação em áreas com maior quantidade de vegetação, por exemplo, pois com maior quantidade de habitat os animais tendem a evitar a rodovia e não sair do habitat. Fato que pode estar envolvido com o efeito de repulsão da rodovia (Jaeger et al. 2005).

A proximidade entre fragmentos de vegetação, que é importante para aves e total, indicou menos atropelamentos em áreas com maior ocupação por fragmentos. Essa característica está ligada à conectividade do ambiente, que por sua vez se relaciona com a distância entre fragmentos e presença de habitats (Goodwin and Fahrig 2002), sendo que paisagens com alta conectividade terão fragmentos com baixo grau de isolamento (Tischendorf and Fahrig 2000a). Conseqüentemente, a fragmentação se relaciona à perda de habitat (Fahrig 2003). Assim, fragmentos isolados tendem a possuir menor número de espécies, enfatizando a importância dos corredores para o fluxo gênico (Pardini et al. 2005).

Esse resultado evidencia a influência das características comportamentais nos atropelamentos (Laurance et al. 2009). É provável que mamíferos prefiram transitar através dos fragmentos naturais entre a paisagem do que arriscar percorrer áreas próximas à ocupação humana. Enquanto isso, as aves preferem áreas com melhores condições para caça e com estruturas que sirvam de poleiro em torno da rodovia (Gomes et al. 2009), e podem utilizar postes ou árvores isoladas em matriz como estruturas de poleiro. Ademais, o fato da maioria de nossos registros serem de mamíferos não alados enfatiza a diferença encontrada entre os grupos.

A quantidade de fragmentos, que foi importante na análise total, seguiu o mesmo padrão de negatividade das outras métricas: menos atropelamentos em áreas com maior número de fragmentos. E aqui, voltamos à questão de quantidade de habitat disponível. Como imigrações tendem a aumentar conforme aumenta a quantidade de fragmentos (Tischendorf 2001; Goodwin and Fahrig 2002), é necessário estudar possíveis rotas dentro da paisagem no entorno da rodovia (Eigenbrod et al. 2008), pois com o aumento de fragmentos às margens da rodovia os animais podem apresentar um padrão de movimento desconhecido no seu entorno, evitando a exposição em áreas abertas. Assim como mamíferos que mostraram evitar áreas urbanas e, juntamente com aves, evitam as áreas alteradas por pastagens para atravessar rodovias.

A relação negativa da quantidade de área urbana com os atropelamentos totais e de mamíferos corrobora com outros trabalhos que registram menor número de atropelamentos nas proximidades de cidades (Grilo et al. 2009; Bueno et al. 2012; Cáceres et al. 2012). Também indica que mamíferos, representando a maioria dos atropelamentos, tenha influenciado nesse parâmetro para os atropelamentos totais, visto que não é uma métrica significativa para aves. Cáceres et al. (2012) sugerem que esse resultado seja, primeiro, reflexo da pobreza da fauna próximo às áreas urbanas ou, segundo, que a fauna ainda esteja conservada longe das cidades, pois é onde o efeito da estrada é maior. Então, o que se tem é o efeito cumulativo de atividades antrópicas influenciando na abundância de animais selvagens (Grilo et al. 2009), com essas alterações afetando a estrutura e dinâmica do ecossistema (Viana and Pinheiro 1998). Resultado que também já era esperado por nós.

Sobre os melhores modelos, a quantidade de pasto apareceu em todos melhores modelos, acompanhada da quantidade de área urbana para total e mamíferos, enquanto proximidade de fragmentos aparece para aves. Esse fato demonstra o quanto a paisagem modificada pelo uso humano influencia na vida selvagem (Brady et al. 2011).

No entanto, não encontramos nenhuma relação com água, que é comumente registrada em outros trabalhos (Melo and Santos-Filho 2007; Coelho et al. 2012; Omena Junior et al. 2012; Bueno et al. 2013; Pragatheesh and Rajvanshi 2013; Bueno et al. 2015; Rodrigues De Freitas et al. 2015). Mas como já foi registrado, mamíferos são influenciados por matas ciliares úmidas no Cerrado (Cáceres et al. 2012), enfatizando que a quantidade de água por si só não é importante. Por isso acreditamos que é preciso ter habitats conectados, como as matas ciliares, que forneçam não apenas recurso, mas segurança para a fauna atravessar as rodovias. Além disso, como demonstramos, é preciso analisar a conectividade entre os lados das rodovias e não a conectividade da paisagem como um todo. Isso pode ser feito contabilizando córregos com matas ciliares, fragmentos que conectem os dois lados da rodovia e até mesmo a disposição desses fragmentos de habitat na paisagem.

Conhecendo a contribuição das estradas para a fragmentação (Antrop 2000; Coffin 2007; Glista et al. 2009; van der Ree et al. 2011; Bueno et al. 2012), e que podem servir de barreiras (Forman and Alexander 1998; Laurance et al. 2009; Rosa and Bager 2013), o estudo da paisagem em torno de rodovias pode ajudar a prever onde conectar a paisagem e facilitar o movimento de espécies. Por isso, a implantação de passagens de fauna é importante, pois são projetadas para aumentar a conexão (Glista et al. 2009). Há quem sugira utilizar bueiros sob o asfalto, por exemplo, pois evita inundações em períodos chuvosos e contribuem com o fluxo (Glista et al. 2009; Laurance et al. 2009).

Nossos resultados demonstraram melhores relações com áreas antropizadas, mesmo que negativamente, e creditamos isso ao fato da região ser bastante antropizada pela agropecuária. Assim, consideramos que essas áreas devem ser mais bem estudadas, principalmente, no que diz respeito ao movimento de indivíduos em torno de rodovias, como Eigenbrod et al. (2008) também sugerem.

Nesse sentido, alguns autores chamam a atenção para uso somente das métricas da paisagem, indicando que estudos do movimento e dispersão dos indivíduos devam ser realizados também (Tischendorf 2001; Tischendorf et al. 2003). Medir conectividade baseada apenas nas manchas de habitat tem o problema da métrica ser prevista como zero em paisagens que contenham apenas um fragmento, mesmo que ocupe maior parte da paisagem (Tischendorf and Fahrig 2000b).

Tendo em vista o exposto, concluímos que áreas de pastagem não são boas preditoras para atropelamentos, bem como presença de cidades. Acreditamos também

que paisagens com elevado agrupamento de fragmentos são mais atrativas para os animais transitarem entre fragmentos, rejeitando a rodovia, e por isso enfatizamos a importância de estudar os movimentos da fauna marginais à rodovias em áreas antropizadas. Métricas não utilizadas como forma do fragmento pode ser importante para encontrar corredores, bem como modelos de melhores caminhos por fragmentos, que permite testar quais caminhos cruzam a rodovia, também podem ser importantes em previsões futuras. No mais, apoiamos o que já é definido pela literatura: priorizar a modificação de bueiros, como forma mais rentável, para permitir a passagem de fauna, evitando perda de biodiversidade e acidentes de modo geral.

Referências

- Ab'Saber, A., 2003. Os domínios de natureza no Brasil, 2nd ed. Ateliê Editorial, São Paulo.
- Antrop, M., 2000. Background concepts for integrated landscape analysis. *Agric. Ecosyst. Environ.* 77, 17–28.
- Bager, A., Borghi, C.E., Secco, H., 2015. The influence of economics , politics and environment on road ecology in south america.
- Bager, A., Fontoura, V., 2012. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, Minas Gerais, pp. 13–34.
- Barton, K. (2015). MuMIn: Multi-Model Inference. R package version 1.15.1. <http://CRAN.R-project.org/package=MuMIn>
- Bennett, A.F., Radford, J.Q., Haslem, A., 2006. Properties of land mosaics: Implications for nature conservation in agricultural environments. *Biol. Conserv.* 133, 250–264. doi:10.1016/j.biocon.2006.06.008
- Brady, M.J., Mcalpine, C.A., Possingham, H.P., Miller, C.J., Baxter, G.S., 2011. Matrix is important for mammals in landscapes with small amounts of native forest habitat. *Landsc. Ecol.* 26, 617–628. doi:10.1007/s10980-011-9602-6
- Bueno, C., Faustino, M.T., Freitas, S.R., 2013. Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway BR-040, Southeastern Brazil. *Oecologia Aust.* 17,

130–137. doi:10.4257/oeco.2013.1702.11

- Bueno, C., Freitas, L.E., Coutinho, B.H., Oswaldo Cruz, J.H., Castro Júnior, E. de., 2012. A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040, in: Bager, A. (Ed.), *Ecologia de Estradas: Tendências E Pesquisas*. Editora UFLA, Lavras, p. 314.
- Bueno, C., Sousa, C.O.M., Freitas, S.R., 2015. Habitat or matrix: which is more relevant to predict road-kill of vertebrates? *Brazilian J. Biol.* 75, 228–238. doi:10.1590/1519-6984.12614
- Burnham, K., Anderson, D., 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*, Second. ed. Springer Netherlands, New York.
- Cáceres, N.C., Casella, J., Goulart, C.D.S., 2012. Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no Bioma Cerrado, Rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. *Mastozoología Neotrop.* 19, 21–23.
- Carvalho, F.M. V, De Marco, P., Ferreira, L.G., 2009. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. *Biol. Conserv.* 142, 1392–1403. doi:10.1016/j.biocon.2009.01.031
- Coelho, I.P., Teixeira, F.Z., Colombo, P., Coelho, A.V.P., Kindel, A., 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. *J. Environ. Manage.* 112, 17–26. doi:10.1016/j.jenvman.2012.07.004
- Coffin, A.W., 2007. From roadkill to road ecology : A review of the ecological effects of roads. *J. Transp. Geogr.* 15, 396–406. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.11.006
- Correa, V.H.C., Ramos, P., 2010. A Precariedade do Transporte Rodoviário Brasileiro para o escoamento da Produção de Soja do Centro-Oeste : situação e perspectivas. *Rev. Econ. e Sociol. Rural* 48, 447–472.
- Dornas, R.A.P., Kindel, A., Bager, A., Freitas, S.R., 2012. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. *Ecol. Estrad. tendências e Pesqui.* 139–152.
- Eigenbrod, F., Hecnar, S.J., Fahrig, L., 2008. Accessible habitat: An improved measure of the effects of habitat loss and roads on wildlife populations. *Landsc. Ecol.* 23,

159–168. doi:10.1007/s10980-007-9174-7

Fahrig, L., 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Anu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* 34, 487–515. doi:10.1146/132419

Fahrig, L., Rytwinski, T., 2009. Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecol. Soc.* 14, 21–41. doi:Artn 21

Faraway, J. (2014). *faraway: Functions and datasets for books by Julian Faraway*. R package version 1.0.6. <http://CRAN.R-project.org/package=faraway>

Forman, R.T.T., 1998. Road ecology: A solution for the giant embracing us. *Landsc. Ecol.* 13, 3–5. doi:10.1023/A:1008036602639

Forman, R.T.T., Alexander, L.E., 1998. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29, 207–231.

Glista, D.J., Devault, T.L., Dewoody, J.A., 2009. Landscape and Urban Planning A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways 91, 1–7. doi:10.1016/j.landurbplan.2008.11.001

Gomes, L., Grilo, C., Silva, C., Mira, A., 2009. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill hotspot locations in Mediterranean landscapes. *Ecol. Res.* 24, 355–370. doi:10.1007/s11284-008-0515-z

Goodwin, B., Fahrig, L., 2002. How does landscape structure influence landscape connectivity? *Oikos* 3, 552–570. doi:10.1034/j.1600-0706.2002.11824.x

Grilo, C., Bissonette, J.A., Santos-Reis, M., 2009. Spatial-temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biol. Conserv.* 142, 301–313. doi:10.1016/j.biocon.2008.10.026

Jackson, N.D., Fahrig, L., 2011. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. *Biol. Conserv.* 144, 3143–3148. doi:10.1016/j.biocon.2011.09.010

Jaeger, J.A.G., Bowman, J., Brennan, J., Fahrig, L., Bert, D., Bouchard, J., Charbonneau, N., Frank, K., Gruber, B., Tluk, K., Toschanowitz, V., 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads : an interactive model of

- road avoidance behavior. *Int. J. Ecol. Model. Syst. Ecol.* 185, 329–348.
doi:10.1016/j.ecolmodel.2004.12.015
- Kindlmann, P., Burel, F., 2008. Connectivity measures: A review. *Landsc. Ecol.* 23, 879–890. doi:10.1007/s10980-008-9245-4
- Klink, C.A., Machado, R.B., 2005. Conservação do Cerrado brasileiro. *Megadiversidade* 1, 147–155.
- Klink, C.A., Moreira, A.G., 2002. Past and Current Human Occupation, and Land Use, in: OLIVEIRA, P.S., MARQUIS, R. (Eds.), *The Cerrados of Brazil - Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. University Press, New York, pp. 69–90.
- Laurance, W.F., Goosem, M., Laurance, S.G.W., 2009. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends Ecol. Evol.* 24, 659–669.
doi:10.1016/j.tree.2009.06.009
- Lyra-Jorge, M.C., Ribeiro, M.C., Ciocheti, G., Tambosi, L.R., Pivello, V.R., 2010. Influence of multi-scale landscape structure on the occurrence of carnivorous mammals in a human-modified savanna, Brazil. *Eur. J. Wildl. Res.* 56, 359–368.
doi:10.1007/s10344-009-0324-x
- Marçal, A.R.S., Borges, J.S., Gomes, J.A., Pinto Da Costa, J.F., 2005. Land cover update by supervised classification of segmented ASTER images. *Int. J. Remote Sens.* 26, 1347–1362. doi:10.1080/01431160412331291233
- McGarigal, K., SA Cushman, and E.E., 2012. *FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps*.
- Melo, E.S., Santos-Filho, M., 2007. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. *Rev. Bras. Zool.* 9, 185–192.
- Omena Junior, R., Pantoja-Lima, J., Santos, A.L.W., Ribeiro, G.A.A., Aride, P.H.R., 2012. Characterization of the vertebrate fauna hit on roadway br 174, amazonas, brazil caracterización de la fauna de vertebrados atropellada en la carretera br 174, amazonas, brasil. *Rev. Colomb. Ciencia Anim.* 4, 291–307.
- Pardini, R., De Souza, S.M., Braga-Neto, R., Metzger, J.P., 2005. The role of forest

structure, fragment size and corridors in maintaining small mammal abundance and diversity in an Atlantic forest landscape. *Biol. Conserv.* 124, 253–266.

doi:10.1016/j.biocon.2005.01.033

Pragatheesh, A., Rajvanshi, A., 2013. Spatial patterns and factors influencing the mortality of snakes on the national highway-7 along Pench Tiger Reserve, Madhya, Pradesh, India. *Oecologia Aust.* 17, 20–35.

Prevedello, J.A., Vieira, M. V., 2010. Does the type of matrix matter? A quantitative review of the evidence. *Biodivers. Conserv.* 19, 1205–1223. doi:10.1007/s10531-009-9750-z

R Core Team, 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

Rodrigues De Freitas, S., Nepomuceno De Oliveira, A., Ciocheti, G., Vieira, M.V., Maria, D., Matos, S., 2015. How Landscape Features Influence Road-Kill of Three Species of Mammals in the Brazilian Savanna? *Oecologia Aust.* 18, 35–45. doi:10.4257/oeco.2014.18.05

Rosa, C.A., Bager, A., 2013. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. *Oecologia Aust.* 17, 6–19.

Silva, F.A.M., Assad, E.D., Evangelista, B.A., 2008. Caracterização Climática do bioma Cerrado, in: Sano, S.M., Almeida, S.P., Ribeiro, J.F. (Eds.), *Cerrado: Ecologia E Flora*. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, pp. 69–87.

Tischendorf, L., 2001. Can landscape indices predict ecological processes consistently? *Landsc. Ecol.* 16, 235–254. doi:10.1023/A:1011112719782

Tischendorf, L., Bender, D.J., Fahrig, L., 2003. Evaluation of patch isolation metrics in mosaic landscapes for specialist vs. generalist dispersers. *Landsc. Ecol.* 18, 41–50. doi:10.1023/A:1022908109982

Tischendorf, L., Fahrig, L., 2000a. On the usage and measurement of landscape connectivity. *Oikos* 90, 7–19. doi:10.1034/j.1600-0706.2000.900102.x

Tischendorf, L., Fahrig, L., 2000b. Tischendorf_etal., 2000_How should we measure

landscape connectivity.pdf. *Landsc. Ecol.* 633–641.

- Trombulak, S.C., Frissell, C. a, 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Biol.* 14, 18–30.
- Umetsu, F., Paul Metzger, J., Pardini, R., 2008. Importance of estimating matrix quality for modeling species distribution in complex tropical landscapes: A test with Atlantic forest small mammals. *Ecography (Cop.)*. 31, 359–370.
doi:10.1111/j.0906-7590.2008.05302.x
- van der Ree, R., Jaeger, J.A.G., van der Grift, E.A., Clevenger, A.P., 2011. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. *Ecol. Soc.* 16, 48. doi:48
- Vergara, P.M., 2011. Matrix-dependent corridor effectiveness and the abundance of forest birds in fragmented landscapes. *Landsc. Ecol.* 26, 1085–1096.
doi:10.1007/s10980-011-9641-z
- Viana, V.M., Pinheiro, L.A.F. V, 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. *Série técnica IPEF* 12, 25–42.
- Wickham, H. *ggplot2: elegant graphics for data analysis*. Springer New York, 2009.
ISBN: 978-0-387-98140-6. <http://had.co.nz/ggplot2/book>
- Wu, J., Hobbs, R., 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology. *Landsc. Ecol.* 17, 355–365.
- Zuur, A.F., Ieno, E.N., Smith, G.M., 2007. *Analysing ecological data*. Springer, New York. doi:10.1016/B978-0-12-800281-0.09992-9

Conclusões gerais

Animais com ampla distribuição no Cerrado são os mais registrados em rodovias da região. Além disso, a distribuição temporal indica que atividades de conscientização de motoristas devam ser enfatizadas em períodos de chuvas.

As análises utilizando diversos grupos com comportamentos diferentes não demonstram resultados satisfatórios para implantação de medidas. Esse padrão foi encontrado para análises de *hotspots* de atropelamentos, bem como para as métricas da paisagem.

Assim, sugerimos que os grupos sejam analisados de acordo com o comportamento, na expectativa de encontrar padrões. Dessa forma os padrões podem ser ampliados para outras áreas e indicar melhores locais de implantação de medidas mitigadoras.

APÊNDICES

Apêndice A. Tabela com relação de espécies atropeladas no sudoeste goiano.

	AC	AP	DV	IT	PO
ANFIBIA					
Bufonidae					
<i>Rhinella schneideri</i>	4	1	-	-	-
Hylidae					
<i>Hypsiboas albopunctatus</i>	-	1	-	-	-
Leptodactylidae					
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	-	-	-	-	1
Microhylidae					
<i>Elachistocleis ovalis</i>	-	-	-	1	-
NI	1	-	-	-	-
Total					9
REPTILIA					
Chelidae					
<i>Phrynops geoffroanus</i>	1	-	-	-	-
Teiidae					
<i>Ameiva ameiva</i>	3	-	2	3	-
<i>Salvator merianae</i>	1	-	2	1	4
Amphisbaenidae					
<i>Amphisbaena alba</i>	2	1	-	-	3
Boidae					
<i>Boa constrictor</i>	-	2	-	3	2
<i>Eunectes murinus</i>	1	-	-	-	-
Colubridae					
<i>Erythrolamprus sp.</i>	1	-	-	-	-
NI	-	1	-	-	-
<i>Philodryas nattereri</i>	1	-	-	-	-
<i>Philodryas olfersii</i>	1	-	-	-	-
<i>Philodryas sp.</i>	1	-	-	-	-
<i>Spilotes pullatus</i>	-	-	-	1	-
Dipsadidae					
<i>Oxyrhopus guibei</i>	2	1	-	1	1
<i>Simophis rhinostoma</i>	-	-	-	-	1
Viperidae					
<i>Bothrops moojeni</i>	3	1	-	-	1
<i>Crotalus durissus</i>	4	-	-	1	1
NI	-	-	1	-	-
Total					55

	AC	AP	DV	IT	PO
AVES					
Rheidae					
<i>Rhea americana</i>	-	1	1	-	1
Tinamidae					
<i>Crypturellus parvirostris</i>	1	-	1	1	-
<i>Nothura maculosa</i>	-	-	-	1	2
<i>Rhynchotus rufescens</i>	4	-	-	5	2
Anatidae					
<i>Cairina moschata</i>	-	-	1	-	-
Cathartidae					
<i>Coragyps atratus</i>	4	4	1	-	2
Accipitridae					
<i>Gampsonyx swainsonii</i>	1	-	-	-	-
<i>Rupornis magnirostris</i>	4	-	2	1	-
Falconidae					
<i>Caracara plancus</i>	2	5	2	3	2
<i>Milvago chimachima</i>	1	-	-	-	-
Cracidae					
<i>Crax fasciolata</i>	-	-	2	-	-
<i>Penelope superciliaris</i>	-	-	-	1	-
Cariamidae					
<i>Cariama cristata</i>	8	7	15	8	11
Charadriidae					
<i>Vanellus chilensis</i>	1	-	-	-	-
Columbidae					
<i>Columba livia</i>	-	-	-	-	1
<i>Columbina talpacoti</i>	-	1	-	-	1
<i>Leptotila rufaxila</i>	-	1	-	-	-
<i>Leptotila verreauxi</i>	-	-	-	1	-
<i>Patagioenas cayennensis</i>	-	-	-	-	1
Psittacidae					
<i>Ara ararauna</i>	2	-	-	-	-
<i>Aratinga aurea</i>	2	-	-	-	-
<i>Brotogeris chiriri</i>	-	-	-	-	1
Cuculidae					
<i>Crotophaga ani</i>	3	-	1	1	2
<i>Guira guira</i>	7	2	2	2	2
Tytonidae					
<i>Tyto furcata</i>	16	1	2	1	4
Strigidae					
<i>Asio clamator</i>	3	-	1	-	-
<i>Athene cunicularia</i>	9	4	3	2	7
<i>Megascops choliba</i>	-	-	-	1	-

	AC	AP	DV	IT	PO
Caprimulgidae					
<i>Hydropsalis albicollis</i>	-	-	1	-	2
Trochilidae					
<i>Phaethornis pretrei</i>	-	-	-	-	1
<i>Thalurania furcata</i>	1	-	-	-	-
Ramphastidae					
<i>Ramphastos toco</i>	-	-	1	-	-
Picidae					
<i>Colaptes campestris</i>	1	1	-	-	-
<i>Dryocopus lineatus</i>	-	-	-	1	-
Tyrannidae					
<i>Pitangus sulphuratus</i>	-	-	-	-	1
<i>Xolmis Cinereus</i>	-	-	1	-	-
Emberizidae					
<i>Zonotrichia capensis</i>	-	-	-	-	1
Icteridae					
<i>Molothrus bonariensis</i>	1	-	-	-	-
Thraupidae					
<i>Volatinia jacarina</i>	2	1	1	-	2
NI	1	4	1	2	1
Total					223
MAMMALIA					
Didelphidae					
<i>Didelphis albiventris</i>	4	-	-	1	-
Myrmecophagidae					
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	24	14	16	18	13
<i>Tamandua tetradactyla</i>	23	17	9	10	16
Dasypodidae					
<i>Cabassous unicinctus</i>	1	1	1	1	1
<i>Dasypus novemcinctus</i>	8	5	1	11	7
<i>Euphractus sexcinctus</i>	46	79	50	27	60
NI	1	1	-	-	-
Cebidae					
<i>Sapajus libidinosus</i>	-	1	-	1	1
Callitrichidae					
<i>Callithrix penicillata</i>	-	-	-	1	-
Atelidae					
<i>Alouatta caraya</i>	-	3	-	-	-
Phyllostomidae					
<i>Artibeus sp.</i>	-	-	-	-	1
NI	1	-	-	-	-

	AC	AP	DV	IT	PO
Felidae					
<i>Leopardus pardalis</i>	1	-	-	-	-
<i>Leopardus wiedii</i>	-	-	-	-	1
<i>Puma yagouaroundi</i>	-	1	-	-	-
Canidae					
<i>Cerdocyon thous</i>	100	23	23	27	25
<i>Chrysocyon brachyurus</i>	5	4	-	1	1
<i>Lycalopex vetulus</i>	2	4	4	3	-
NI	1	-	1	1	-
<i>Speothos venaticus</i>	-	1	-	-	-
Mustelidae					
<i>Eira barbara</i>	1	-	-	1	-
<i>Galictis cuja</i>	5	1	-	-	-
Mephitidae					
<i>Conepatus semistriatus</i>	-	-	-	-	1
Tapiridae					
<i>Tapirus terrestris</i>	1	-	1	1	-
Tayassuidae					
<i>Pecari tajacu</i>	-	-	-	-	1
Cervidae					
<i>Mazama gouazoubira</i>	-	-	1	-	-
Muridae					
<i>Rattus rattus</i>	1	-	-	-	-
Caviidae					
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	12	1	-	3	3
Erethizontidae					
<i>Coendou prehensilis</i>	1	2	-	3	1
Procyonidae					
<i>Nasua nasua</i>	4	4	13	4	1
<i>Potos flavus</i>	-	-	-	-	1
<i>Procyon cancrivorus</i>	18	7	8	4	5
NI	8	3	-	-	1
Total					826
TOTAL GERAL					1113

Apêndice B – Escalas de agregação da fauna atropelada na área de estudo, dividida por rotas e grupos.

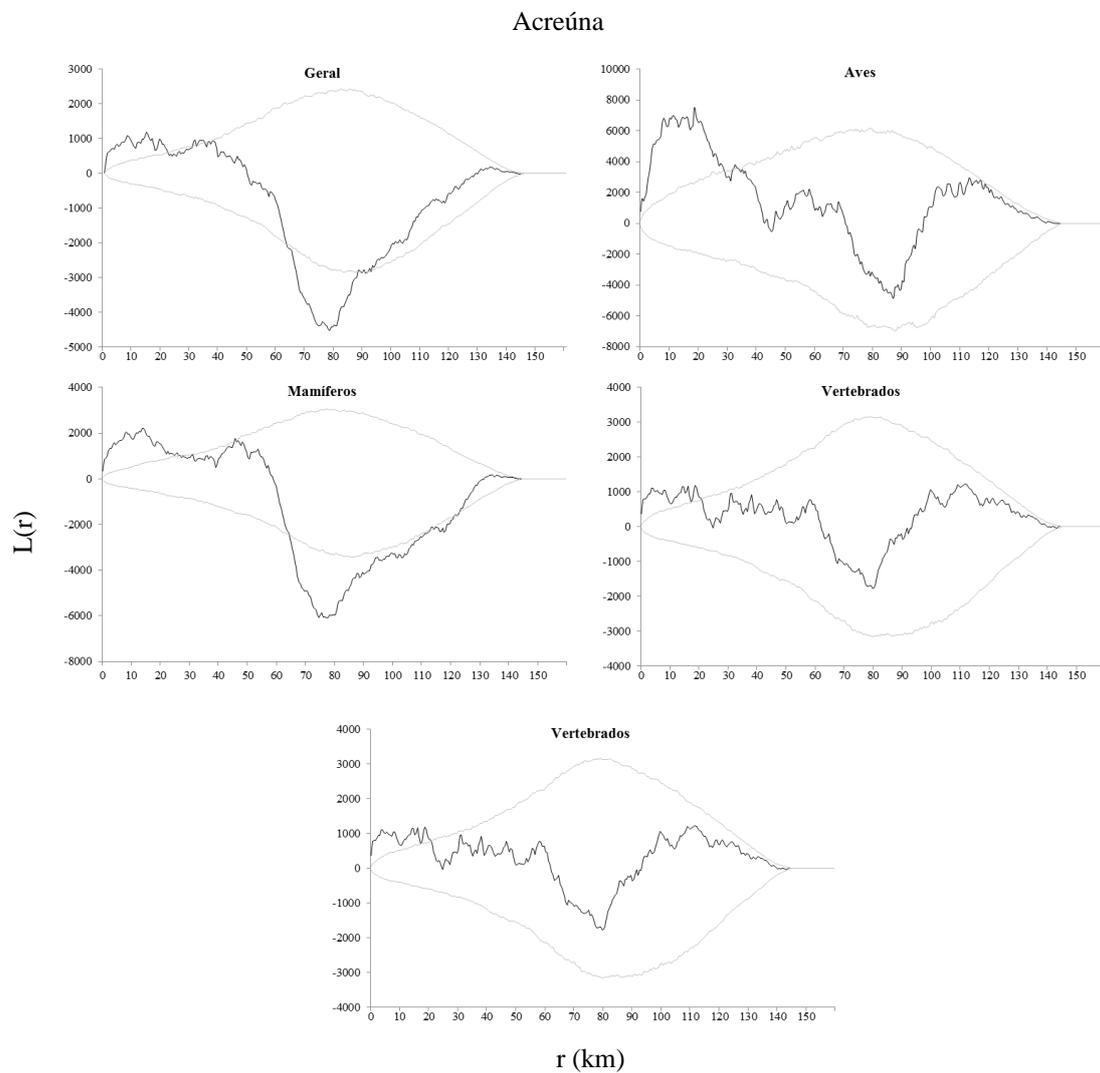


Imagem B1. Escalas de agregação dos atropelamentos para a rota AC, utilizando o teste K de Ripley bidimensional. Os pontos em que a linha escura, definida pela estatística “L”, feita no teste, ultrapassa os limites de confiança (linhas cinzas) pode indicar agregação (para cima), dispersão (para baixo) ou aleatória (entre as duas linhas).

Doverlândia

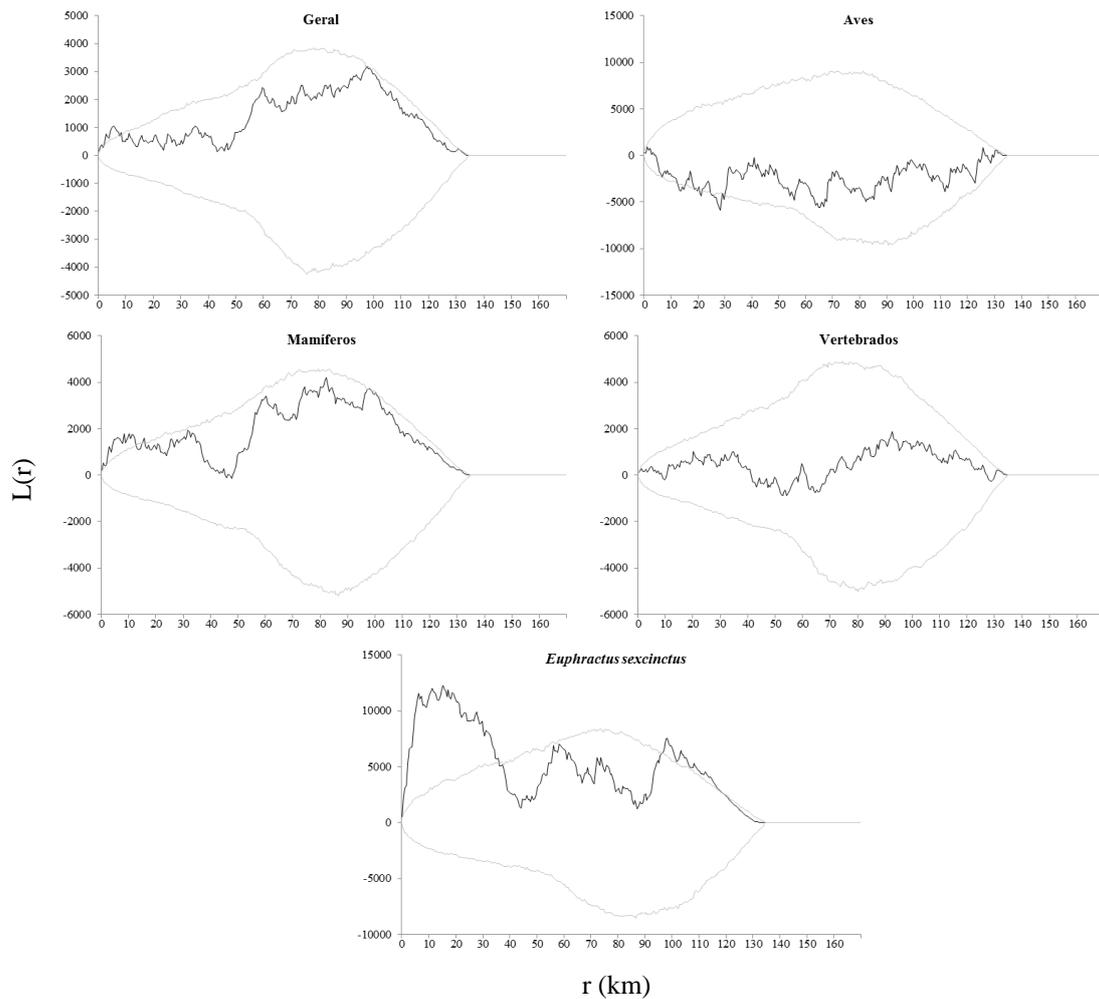


Imagem B2. Escalas de agregação dos atropelamentos para a rota DV, utilizando o teste K de Ripley bidimensional. Os pontos em que a linha escura, definida pela estatística “L”, feita no teste, ultrapassa os limites de confiança (linhas cinzas) pode indicar agregação (para cima), dispersão (para baixo) ou aleatória (entre as duas linhas).

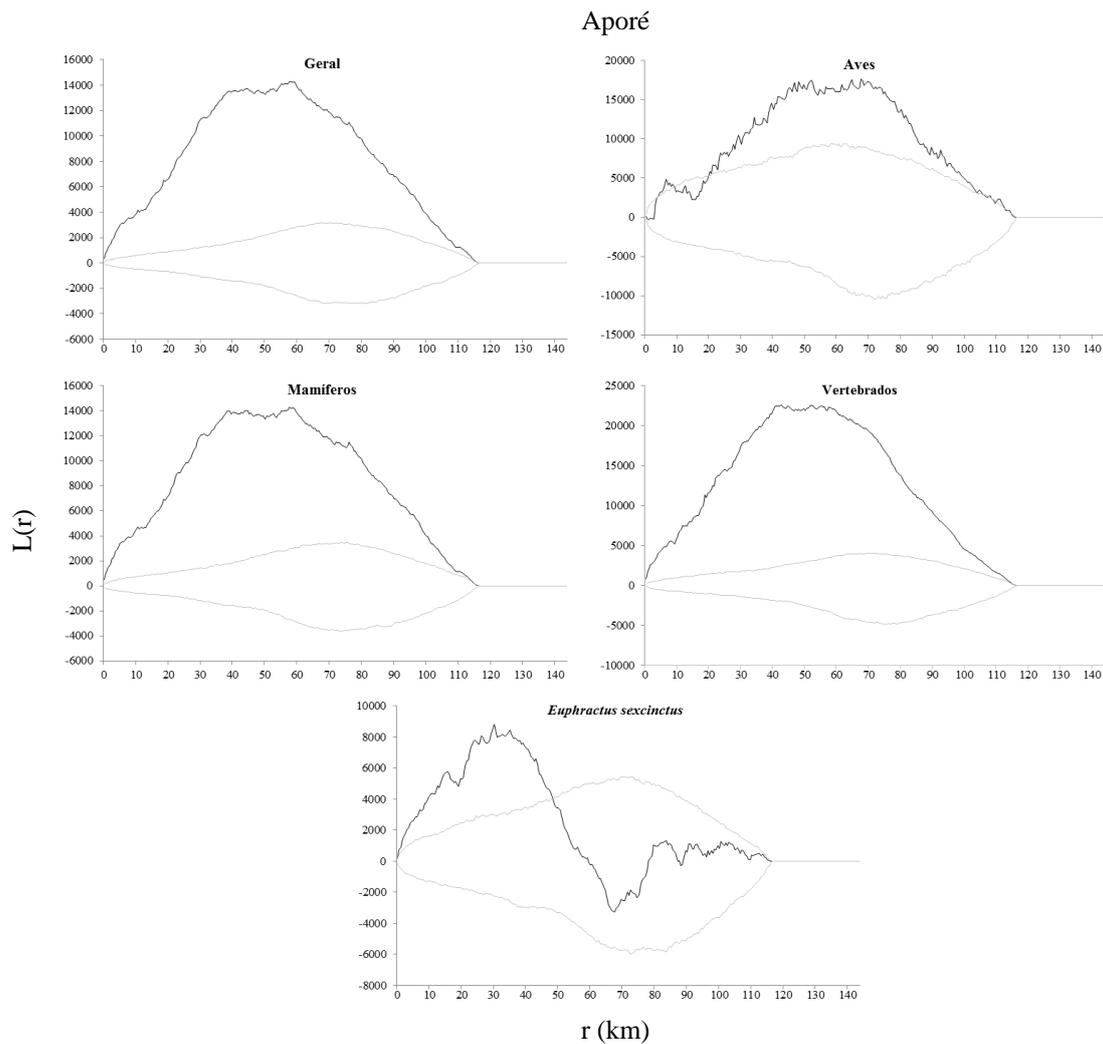


Imagem B3. Escalas de agregação dos atropelamentos para a rota AP, utilizando o teste K de Ripley bidimensional. Os pontos em que a linha escura, definida pela estatística “L”, feita no teste, ultrapassa os limites de confiança (linhas cinzas) pode indicar agregação (para cima), dispersão (para baixo) ou aleatória (entre as duas linhas).

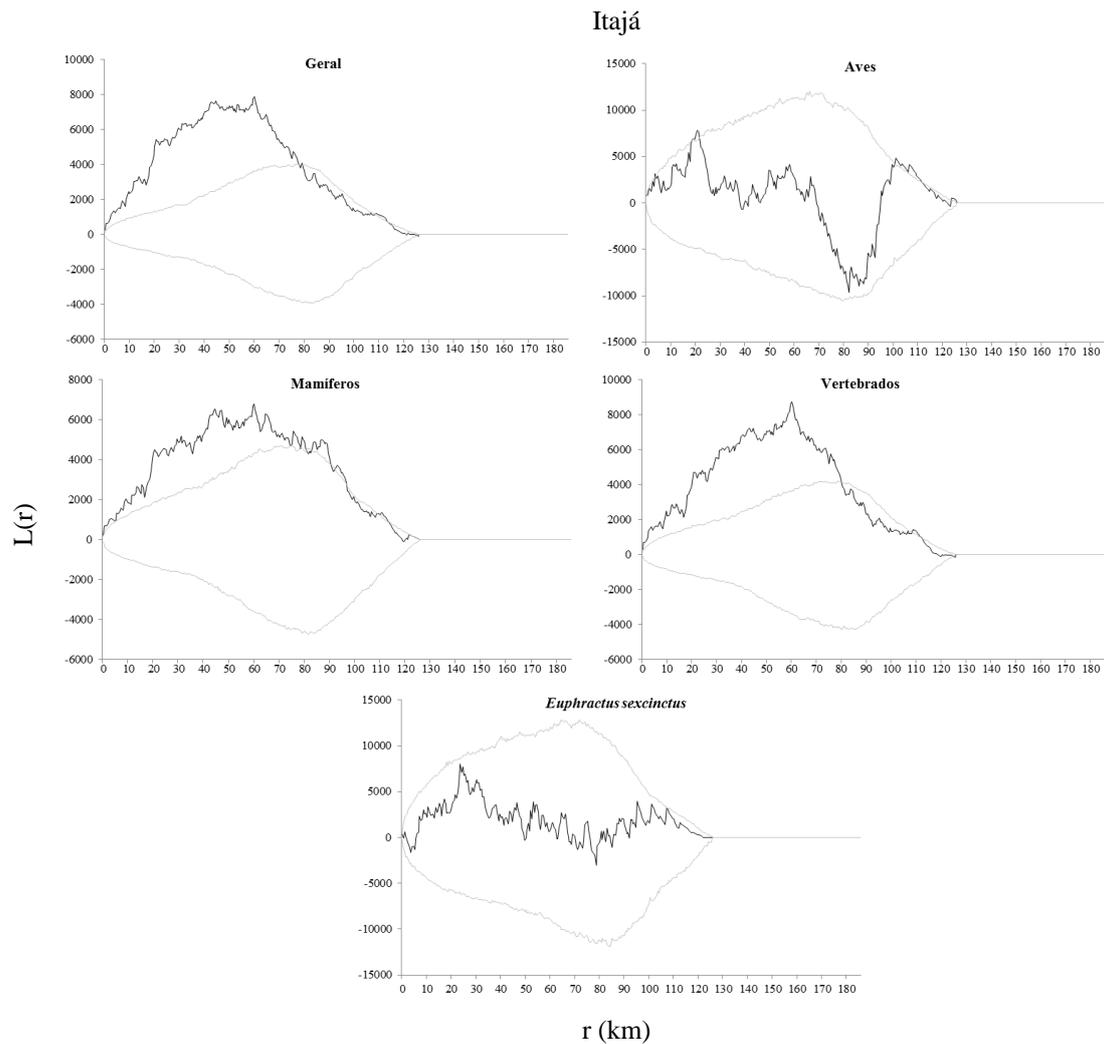


Imagem B4. Escalas de agregação dos atropelamentos para a rota IT, utilizando o teste K de Ripley bidimensional. Os pontos em que a linha escura, definida pela estatística “L”, feita no teste, ultrapassa os limites de confiança (linhas cinzas) pode indicar agregação (para cima), dispersão (para baixo) ou aleatória (entre as duas linhas).

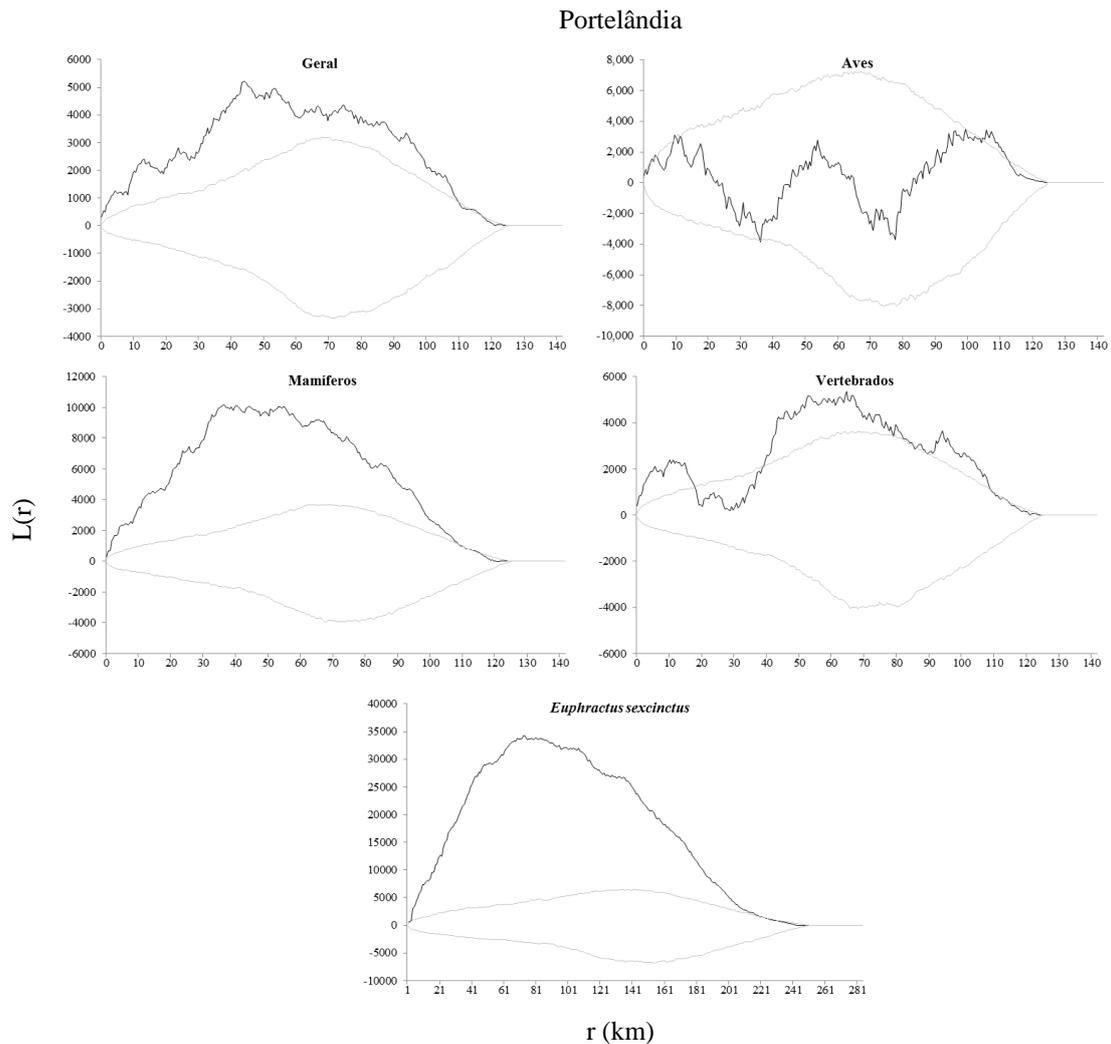


Imagem B5. Escalas de agregação dos atropelamentos para a rota PO, utilizando o teste K de Ripley bidimensional. Os pontos em que a linha escura, definida pela estatística “L”, feita no teste, ultrapassa os limites de confiança (linhas cinzas) pode indicar agregação (para cima), dispersão (para baixo) ou aleatória (entre as duas linhas).

Apêndice C – Imagens do trabalho em campo.



Imagem C1. Carcará, *Caracara plancus*, atropelado na BR364.

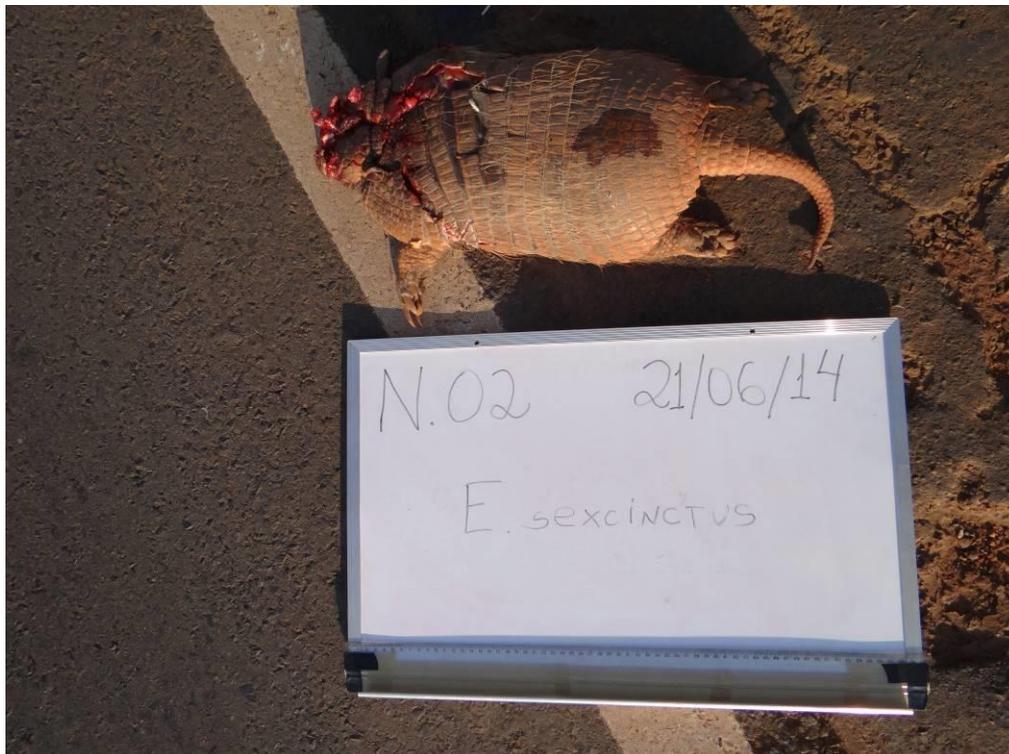


Imagem C2. Tatu-peba, *Euphractus sexcinctus*, atropelado na BR060.



Imagem C3. Lobo-guará, *Chrysocyon brachyurus*, atropelado na BR060.



Imagem C4. Cachorro-do-mato, *Cerdocyon thous*, atropelado na BR060.



Imagem C5. Coleta de dados nas rodovias.



Imagem C6. Parte da equipe que trabalhou na coleta de dados.