



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU

INSTITUTO DE BIOLOGIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS, HOTSPOTS DE
ATROPELAMENTOS E PARÂMETROS ASSOCIADOS,
BR-050, TRECHO UBERLÂNDIA-UBERABA.**

CARINE FIRMINO CARVALHO

2014

CARINE FIRMINO CARVALHO

**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS, *HOTSPOTS* DE
ATROPELAMENTOS E PARÂMETROS ASSOCIADOS,
BR-050, TRECHO UBERLÂNDIA-UBERABA.**

“Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais”.

Orientador

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior

Co-orientadora

Prof^a. Dr^a Ana Elizabeth Iannini Custódio

UBERLÂNDIA

Fevereiro – 2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

C331a
2014

Carvalho, Carine Firmino, 1991-

Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamentos e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba / Carine Firmino Carvalho. - 2014.

86 f. : il.

Orientador: Oswaldo Marçal Júnior.

Coorientadora: Ana Elizabeth Iannini Custódio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Animais silvestres - Teses. 3. Animais - Acidentes - Teses. I. Marçal Júnior, Oswaldo. II. Custódio, Ana Elizabeth Iannini. III. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. IV. Título.

CARINE FIRMINO CARVALHO

**ATROPELAMENTO DE VERTEBRADOS, *HOTSPOTS* DE
ATROPELAMENTOS E PARÂMETROS ASSOCIADOS,
BR-050, TRECHO UBERLÂNDIA-UBERABA.**

“Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais”.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2014.

Prof. Dr. Alex Bager – UFLA _____

Prof. Dr^a Natália Oliveira Leiner – UFU _____

Prof. Dr. Oswaldo Marçal Júnior – UFU _____
(orientador)

UBERLÂNDIA

Fevereiro – 2014

Aos meus pais, Laudelina e
Manoel; minha irmã, Shaien; meus
pequenos, Pedro Henrique e Lucas
Manoel e ao meu amor, Wesley.
Vocês são minha inspiração!

À todas as vidas que foram
perdidas nas estradas.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus por todas as coisas maravilhosas que Ele me concedeu, especialmente pela minha família.

A minha família, que sempre me deu suporte para eu chegar até aqui. Meus pais, que sempre acreditaram muito mais em mim do que eu mesma, e de tanto eles acreditarem em mim, no final eu acabava acreditando também. A minha irmã Shaien e a meu noivo Wesley, que chegaram a me acompanhar nos campos quando eu precisei. Aos meus dois pequenos, Pedro Henrique e Lucas Manoel, que mudaram completamente a minha visão de mundo e os meus sonhos.

Ao professor Oswaldo, por ter aceito a tarefa de ser meu orientador, por ter confiado plenamente no meu potencial e por ser esse professor admirável que na sala de aula ensina muito mais que Ecologia. À professora Ana Elizabeth por ser além de orientadora, uma amiga e sempre tentar melhorar um pouquinho o mundo, admiro muito isso em você.

A todos os colegas do Laboratório de Ecologia de Mamíferos que me acompanharam nas idas a campo. Especialmente, à Ana Paula, que se tornou uma grande amiga.

À professora Natália Oliveira Leiner, que, além de aceitar ser um membro da banca examinadora, também me ajudou com as análises estatísticas. Ao professor Alex Bager, por ter aceito o convite para participar dessa avaliação e por tudo que ele tem feito pela Ecologia de Estradas. Aliás, muitas das coisas que aprendi foram resultado de iniciativas do professor.

À professora Celine de Melo e ao Gian Carlo, por terem me ajudado na identificação das aves. À professora Vera Lúcia de Campos Brites pela identificação dos répteis e ao professor Ariovaldo A. Giaretta pela identificação dos anuros. Aos membros do grupo de Ecologia de Estradas e do grupo Lista Brasileira de Mastozoologia, pela contribuição na identificação de mamíferos atropelados. Ao

professor Glein Monteiro Araújo pela identificação da vegetação de entorno da rodovia no trecho de estudo.

À Fernanda Zimmermann Teixeira e Igor Pfeifer Coelho, por esclarecerem todas as nossas dúvidas em relação à utilização do programa Siriema bem como sobre detalhes estatísticos relacionados à localização dos *hotspots*. À professora Natália Mundim Tôrres, pelos conselhos em relação à escala de análise dos agrupamentos de atropelamentos. À Clara Grilo e Fernando Ascenção, pelas indicações referentes às análises estatísticas.

À Universidade Federal de Uberlândia, ao Instituto de Biologia e ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

A todos os professores do programa que contribuíram para a minha formação acadêmica, e em especial aos colegas de curso.

À CAPES, pela bolsa estudo.

A todas essas pessoas e a outras que me ajudaram de alguma forma, deixo aqui os meus agradecimentos, muito obrigada!

Índice

	Página
Resumo.....	xi
Abstract.....	xii
Introdução.....	1
Materiais e Métodos.....	8
Resultados.....	15
Discussão.....	45
Conclusões.....	70
Referências Bibliográficas.....	71
Apêndices.....	80

Lista de figuras

	Página
Figura 1: Extensão da BR-050, indicando seu trajeto ao longo das principais cidades transpassadas por essa rodovia.....	8
Figura 2: Trecho da BR-050 entre Uberlândia-Uberaba.....	9
Figura 3: Dados meteorológicos para a região de Uberlândia (2012-2013).	10
Figura 4: Taxa mensal de atropelamentos nas estações seca e chuvosa separadas por grupos.....	20
Figura 5: Taxa mensal de atropelamentos nas estações seca e chuvosa separadas por espécies.....	21
Figura 6: Variação das médias mensais das variáveis climáticas e do volume médio diário de veículos entre a estação seca e chuvosa.....	22
Figura 7: Relações entre as variáveis climáticas e taxas mensais de atropelamentos.....	27
Figura 8: Volume diário médio de veículos (VDM) da BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba.....	25
Figura 9: Agregações de atropelamentos de acordo com os raios de análise.....	26
Figura 10: Agregações de atropelamentos da estação chuvosa de acordo com os raios de análise.....	28
Figura 11: Agregações de atropelamentos da estação seca de acordo com os raios de análise.....	30
Figura 12: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Euphractus sexcinctus</i>	32
Figura 13: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Conepatus</i>	
	33

<i>semistriatus</i>	
Figura 14: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Procyon cancrivorus</i>	34
Figura 15: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	35
Figura 16: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Cariama cristata</i>	35
Figura 17: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Boa constrictor amarali</i>	36
Figura 18: Localização das agregações de atropelamentos de répteis.....	36
Figura 19: Localização das agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres.....	37
Figura 20: Localização das agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres.....	38
Figura 21: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos de mamíferos silvestres e vertebrados silvestres.....	39
Figura 22: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e das espécies <i>Euphractus sexcinctus</i> , <i>Conepatus semistriatus</i> , <i>Procyon cancrivorus</i> e <i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	40
Figura 23: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e das espécies <i>Cariama cristata</i> e <i>Boa constrictor amarali</i>	40
Figura 24: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos encontrados na BR-050 no trecho Uberlândia-Uberaba.....	41
Figura 25: Agregações de atropelamentos de mamíferos domésticos de	

acordo com os raios de análise.....	42
Figura 26: Localização das agregações de atropelamentos de mamíferos domésticos.....	43
Figura 27: Localização das agregações de atropelamentos de <i>Canis familiaris</i>	44
Figura 28: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e mamíferos domésticos.....	44
Figura 29: Comparação da localização dos <i>hotspots</i> de atropelamentos do grupo mamíferos domésticos e <i>Canis familiaris</i>	44

Resumo

As estradas impactam o ambiente de diversas formas. No Brasil, um dos impactos das estradas ao ambiente mais estudado é o atropelamento da fauna. Estima-se que morrem 475 milhões de animais atropelados por ano. Por isso, é preciso estabelecer medidas para mitigar os atropelamentos da fauna, como passagens de fauna e telamento da rodovia. Através de dados de posição geográfica dos atropelamentos, é possível estabelecer locais prioritários para o estabelecimento de medidas de mitigação (*hotspots*). Nesse contexto, o objetivo geral do trabalho foi: levantar os grupos de vertebrados atropelados no trecho Uberlândia-Uberaba da BR-050, identificando a ocorrência e localização de *hotspots* de atropelamentos. O monitoramento foi semanal durante um ano, com um total de 8064 km percorridos em 42 viagens. O veículo seguiu com velocidade de 60 km/h. Foram encontrados 690 vertebrados atropelados. Destes, 482 (70%) foram mamíferos, 145 (21%), aves, 56 (8%), répteis, 7 (1%), anuros. Do total de vertebrados atropelados, 113 (16,3%) indivíduos não foram identificados em nível de espécie. A taxa de atropelamento de animais por ida a campo na BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba, foi de 0,086 ($\pm 0,029$) indivíduos/km/dia. Não ocorreu a tendência para a suficiência amostral na maioria das classes amostradas. Foi encontrada diferenças nas taxas de atropelamentos entre as estações seca e chuvosa para: vertebrados silvestres, de répteis, *Boa constrictor amarali*, *Euphractus sexcinctus* e *Cariama cristata*. A taxa mensal de atropelamentos de répteis aumentou com o aumento da temperatura e da precipitação total mensal. A taxa mensal de atropelamentos de vertebrados silvestres aumentou com o aumento da umidade relativa do ar e da precipitação total mensal. Foram encontradas agregações de atropelamentos para vários grupos e espécies. A localização das agregações de atropelamentos parecem estar relacionadas aos hábitos das espécies ou grupos. As agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres parecem ser diferentes daquelas de mamíferos domésticos. A localização dos atropelamentos de mamíferos silvestres não é um bom preditor para a localização dos atropelamentos das espécies mais abundantes de mamíferos, répteis e aves. Então, é necessário investigar os *hotspots* de atropelamentos de todos esses grupos separadamente. Sugere-se que medidas que visem mitigar os atropelamentos da fauna sejam executadas.

Palavras-chave: Ecologia de Estradas, agregações de atropelamentos, medidas de mitigação.

Abstract

Roads impact the environment in several ways. In Brazil, one of the impacts of roads in the environment most studied is wildlife roadkill. It is estimated that 475 million of animals die over a year. Therefore, it is necessary to establish measures to mitigate wildlife roadkill, such as wildlife passages and fencing the highway. Using data from wildlife roadkill, it is possible to establish priority sites for the establishment of mitigation measures (*hotspots*). In this context, the main objective of this work was to raise the roadkill of vertebrate groups in the stretch Uberlândia-Uberaba of the BR-050, identifying the occurrence and location of roadkill *hotspots*. The study area was a stretch of the BR-050 between Uberlândia-Uberaba. The monitoring was performed weekly during one year, with a total of 8064 km covered in 42 trips. The vehicle followed with a speed of 60 km/h. It was found 690 vertebrates killed by collisions with vehicles. Of these, 482 (70%) were mammals, 145 (21%) birds, 56 (8%) reptiles, 7 (1%), frogs. From the total of wild vertebrates killed, 113 (16.3%) individuals were not identified in the species level. The rate of animals roadkill per trip in the BR-050, stretch Uberlândia-Uberaba, was $0.086 (\pm 0.029)$ individuals/km/day. There wasn't a tendency for sample sufficiency in most of the sampled classes. It was found differences in the roadkill rate between the seasons wet and dry for: wild vertebrates, reptiles, *Boa constrictor amarali*, *Euphractus sexcinctus*, and *Cariama cristata*. The monthly rate of reptile roadkill increased with increasing temperature and total monthly precipitation. The monthly rate of wild vertebrates roadkill increased with increasing relative humidity and total monthly precipitation. It was found aggregations of roadkill in many groups and species. The location of roadkill aggregations seem to be related to the habits of the species or groups. Wild mammals aggregations roadkill appear to be different from those of domestic mammals. The location of wild mammals roadkills is not a good predictor for the location of the roadkill of the most abundant species of mammals, reptiles and birds. So, it is necessary to investigate the roadkill *hotspots* all these groups separately. It is suggested that measures to mitigate the wildlife roadkill be taken.

Key-words: Road Ecology, roadkill aggregations, mitigation measures.

1. INTRODUÇÃO

A Ecologia de Estradas ou o estudo dos efeitos das estradas sobre o ambiente (FORMAN et al., 1998) iniciou-se nos Estados Unidos, Canadá e Europa na década de 30 (DORNAS et al., 2012). No Brasil, essa ciência somente teve início em 1988 (DORNAS et al., 2012).

As estradas produzem efeitos químicos, físicos e biológicos sobre o ambiente, sendo que os dois primeiros ainda podem trazer implicações biológicas secundárias, como a morte de peixes devido à poluição química dos rios (FORMAN; ALEXANDER, 1998; TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009). Os efeitos químicos contribuem para o aumento de poluentes como moléculas orgânicas, ozônio, metais pesados e poeira no entorno da rodovia levando à poluição do solo, da água e do ar (FORMAN; ALEXANDER, 1998; SPELLBERG, 1998; TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009). Os principais efeitos físicos das estradas sobre o ambiente são a interferência no sistema de drenagem da água, podendo causar inundações e aumento da energia de sistemas de rios, causando erosão do leito do rio, aeração e sedimentação (FORMAN; ALEXANDER, 1998; TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009).

Os principais efeitos biológicos das estradas são: fragmentação dos habitats, efeito de borda, atropelamento da fauna, predação elevada no entorno da rodovia, facilitação da caça, efeito repulsa, efeito barreira, invasão de espécies exóticas e facilitação da invasão humana (FORMAN; ALEXANDER, 1998; TROMBULAK; FRISSELL, 2000; COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009). De todos os efeitos das estradas, o atropelamento de fauna é um dos mais estudados até o momento.

As populações locais podem sofrer declínio caso os índices de atropelamento excedam os índices de reprodução e imigração (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Dessa forma, quando os empreendimentos lineares exercem um forte impacto na fauna, impedindo o fluxo gênico entre populações separadas por uma

rodovia, o risco de extinção local é muito grande, devido aos efeitos demográficos, mudanças genéticas e ambientais (LAURANCE et al., 2009).

O tipo de locomoção, a ecologia e o comportamento dos animais determinam sua vulnerabilidade aos atropelamentos (LAURANCE et al., 2009). Para os anfíbios, destacam-se o movimento lento (LAURANCE et al., 2009) e o comportamento de migrar para completar o seu ciclo de vida (TROMBULAK; FRISSELL, 2000; GRILLO et al., 2010). Para os répteis, citam-se o movimento lento e o comportamento de se aquecer na pista de rolamento para executar termorregulação (LAURANCE et al., 2009; GRILLO et al., 2010). As aves são atraídas para as rodovias devido à disponibilidade de poleiros no entorno das mesmas, à abundância de pequenos mamíferos que servem como presas, aos grãos e dejetos que caem dos veículos, bem como às carcaças de animais previamente atropelados, esses últimos servindo como alimento para as aves (GRILLO et al., 2010). Além disso, aves com padrão de voo lento são mais propensas aos atropelamentos (LAURANCE et al., 2009). Os mamíferos de pequeno porte são vítimas de atropelamento quando a rodovia corta a área de vida dos mesmos e também porque são atraídos pelos recursos disponíveis na área de entorno da rodovia (LAURANCE et al., 2009). Os mamíferos de médio e grande porte acabam sendo atropelados porque possuem uma área de vida grande, precisando, assim, atravessar a rodovia para forragear ou em busca de parceiros sexuais (LAURANCE et al., 2009). As rodovias são, dessa forma, um agravante ao risco de extinção dos mamíferos de médio e grande porte, pois suas populações são pequenas e vivem em baixas densidades (GRILLO et al., 2010), assim como para espécies ameaçadas de extinção (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Para os animais arborícolas, o perigo se encontra no comportamento de atravessar a rodovia (LAURANCE et al., 2009). Espécies que forrageiam no entorno das estradas também são mais vulneráveis ao atropelamento, como predadores que utilizam preferencialmente essas áreas, animais carniceiros e herbívoros que se alimentam de gramíneas (COFFIN, 2007; LAURANCE et al., 2009).

Além da biologia dos animais, outros parâmetros influenciam os atropelamentos. Os atropelamentos aumentam com a alta velocidade de veículos e grandes volumes de tráfego, larguras de estradas estreitas (que incentivam a travessia das rodovias pelos animais) e curvas nas estradas (que reduzem a visibilidade e tempo

de resposta dos motoristas e animais) (FORMAN; ALEXANDER, 1998; LAURANCE et al., 2009). O tipo de pavimento da rodovia (asfaltada ou não), a topografia, a vegetação do entorno da rodovia (GRILLO et al., 2010) e perturbação humana (GRILLO et al., 2009) também explicam os padrões de atropelamentos.

Segundo Carvalho e Mira (2010), a distância de áreas preservadas pode alterar significativamente os atropelamentos, ocorrendo um incremento em seu número em áreas mais preservadas; porém, esses autores discutem que o resultado pode ser devido a maiores quantidades de chuva e umidade nessa área. Além disso, o atropelamento da fauna está associado ao arranjo espacial dos recursos (FORMAN; ALEXANDER, 1998). Alimento, acesso à água, busca por parceiros sexuais, abrigo, etc. determinam a área de vida das espécies, que acabam sendo atingidas por veículos quando buscam esses recursos (CONFFIN, 2007).

Devido às variações sazonais dos recursos (RICKLEFS, 2010), os atropelamentos também podem sofrer influência das estações climáticas. Os répteis e anfíbios são influenciados pela temperatura, por serem animais ectotérmicos, assim nas estações mais quentes a incidência de atropelamento desses grupos é maior. Os atropelamentos de carnívoros apresentam padrões sazonais relacionados a certos períodos da história de vida desses animais (nascimento, provisionamento dos jovens, mãe e jovem caçando, dispersão e reprodução) e esses períodos variam de espécie para espécie (GRILLO et al., 2009).

Considerando-se a ameaça à conservação da biodiversidade, perdas materiais, econômicas e de vidas humanas, provocadas pelos atropelamentos, há a necessidade da adoção urgente de medidas que visem minimizar esse efeito. Algumas dessas medidas são sugeridas na literatura, citando-se placas de aviso e barreiras eletrônicas; redutores de velocidade; investimento na conscientização dos motoristas através de campanhas educativas; repelentes olfatórios, luminosos e sonoros; modificação do ambiente, cercas e passagens de fauna (GLISTA et al., 2009; GRILLO et al., 2010). As passagens de fauna tem se mostrado como uma das medidas de mitigação mais efetivas, pois permitem que haja fluxo gênico entre os fragmentos que são entrecortados por uma rodovia (GLISTA et al., 2009; GRILLO et al., 2010); ou seja, as passagens de fauna buscam mitigar o efeito barreira.

Entretanto, a execução de qualquer medida que vise mitigar os efeitos dos atropelamentos deve ser precedida por estudos prévios e específicos, que indiquem os pontos mais importantes que devem ser priorizados no planejamento de uma rodovia, para a manutenção do fluxo natural de uso do território pela fauna silvestre. A escolha de trechos para a implantação destas ações de mitigação de atropelamentos deve ser realizada com cautela para que áreas importantes não sejam eliminadas durante um processo de seleção (BAGER et al., 2010). A adequada localização das passagens de fauna pode, ainda, melhorar ou manter a conectividade entre as populações animais (LESBARRÈRES; FAHRIG, 2012).

Esforços de planejamento e projeto das rodovias poderiam mitigar colisões de veículos com a vida selvagem, tendo em conta os locais existentes de atropelamentos, padrões de paisagem, distribuição dos animais e padrões de movimento (CONFFIN, 2007). Assim sendo, torna-se necessária a compreensão dos fatores envolvidos na dinâmica dos atropelamentos, com fins a buscar modelos preditivos de atropelamentos que orientem a construção, operação e reforma das rodovias tornando-as eficazes na proteção e conservação da fauna silvestre (BUENO et al., 2012). Além disso, quando o objetivo de um sistema de mitigação é reduzir impactos sobre uma grande gama de espécies, é preciso levar em conta a biologia e a ecologia das espécies que se pretende proteger (BAGER, 2003). Ainda, no momento da definição dos locais de construção de um sistema de mitigação, é preciso atentar-se para o *status* de conservação das espécies e sua importância ecológica no sistema, e não somente para as espécies mais afetadas (BAGER; ROSA, 2010).

Através de dados da posição geográfica dos atropelamentos, é possível avaliar sua distribuição espacial e detectar se existem zonas de agregação (*hotspots*), já que os padrões de atropelamentos normalmente não são aleatórios, visto que os animais usam as mesmas rotas de deslocamento (MALO et al., 2004). Então, por meio de dados oriundos dos atropelamentos, é possível implementar medidas de mitigação que visem diminuir esse impacto. Contudo, a intensa dinâmica da paisagem pode afetar a distribuição, abundância e movimentação da fauna, o que poderá resultar na alteração da distribuição espacial dos atropelamentos (COELHO et al., 2008).

Se um dos objetivos dos trabalhos é diminuir os acidentes e o prejuízo não somente à biodiversidade, mas também econômico e humano, é necessário estudar o padrão de distribuição dos atropelamentos de animais domésticos, pois estes são os animais de maior porte no Brasil e responsáveis por uma boa parte das colisões (ESPERANDIO, 2011). Trabalhos executados no Brasil que abordem os locais onde existe agregação de atropelamentos da fauna silvestres são raros (COELHO et al, 2008; ESPERANDIO, 2011; CÁCERES et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2013a), mas mais raros ainda são os trabalhos que avaliem os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos domésticos (ESPERANDIO, 2011) ou mesmo façam um levantamento da fauna doméstica atropelada (BAGATINI, 2006; FREITAS, 2009; ESPERANDIO, 2011; REYNIER, 2012).

Para mamíferos domésticos, caso existam zonas de agregação de atropelamentos, essas provavelmente não serão as mesmas daquelas dos mamíferos silvestres (ESPERANDIO, 2011), uma vez que a presença de mamíferos domésticos nas rodovias pode ser explicada por outros fatores, como a proximidade de áreas de uso antrópico, seja rural ou urbana. Se os *hotspots* de atropelamento dos diferentes grupos de animais fossem coincidentes, dados de atropelamentos de um grupo poderiam ser utilizados para planejar medidas de mitigação para outros grupos (TEIXEIRA et al., 2013a).

O levantamento da fauna atropelada constitui-se em uma fonte importante de informações sobre esse tipo de impacto, que pode ser utilizada para levantar, de forma indireta, algumas espécies que ocorrem em uma dada região, onde há agregações de atropelamentos e que fatores os influenciam. Dados relacionados aos atropelamentos, como paisagem de entorno, posição geográfica, topografia, relevo, características da pista, etc., são de suma importância para a tomada de decisões relativas à mitigação dos atropelamentos.

No Brasil, a Ecologia de Estradas está saindo da fase embrionária e vem se tornando uma importante linha de pesquisa aplicada, cujos resultados poderão ser utilizados para a definição de estratégias de planejamento territorial e desenvolvimento de ações governamentais específicas (BAGER; FONTOURA, 2012). Estimativas mais recentes apontam para uma taxa de atropelamento no Brasil de 475 milhões de animais

por ano (MARQUES, 2013). Porém, a despeito de sua importância, nosso conhecimento sobre essa temática ainda é restrito, sendo que, em alguns trabalhos, os dados foram coletados de forma esporádica e aleatória (BAGER et al., 2007; DORNAS et al., 2012). Além disso, muitos estudos apresentam somente uma lista das espécies atropeladas (BAGER; FONTOURA, 2012). Ao invés de uma simples lista de atropelamentos, a utilização de taxas de atropelamentos, mesmo com suas limitações e restrições em função de diferenças na metodologia, facilitam a comparação dos resultados obtidos pelos diferentes estudos (ROSA et al., 2012).

Ademais, poucos trabalhos sobre esse tema foram realizados no bioma Cerrado, que é um dos 34 *hotspots* mundiais (MITTERMEIER et al., 2000). Segundo estudo que estimou a perda de área do Cerrado brasileiro, o Triângulo Mineiro se destaca pela grande quantidade de áreas de desmatamento, com apenas zero a 15% do Cerrado ainda nativo (MACHADO et al., 2007) e somente 1,2% está preservado em áreas protegidas (MITTERMEIER et al., 2000). Ainda, 44% das plantas do bioma Cerrado são endêmicas, bem como 3,4% das aves, 11% dos mamíferos, 20% dos répteis e 30% dos peixes (MITTERMEIER et al., 2000). Em Minas Gerais, 273 espécies estão ameaçadas de extinção, sendo que 24% dessas espécies são endêmicas do Cerrado, 11,03% tem distribuição na Mata Atlântica e no Cerrado, 2,5% no Cerrado e Caatinga e 7,72% ocorrem nos três biomas (DRUMMOND, 2008).

Assim, o presente trabalho procurou responder às seguintes perguntas: 1 – A sazonalidade, as variáveis climáticas e o fluxo de veículos influenciam os atropelamentos? 2 – Existem trechos da rodovia que apresentam agregação de atropelamentos, e, em caso positivo, onde se localizam? 3 – A localização das agregações de atropelamentos varia entre os grupos e/ou espécies analisadas?

A partir desses questionamentos, foram testadas as seguintes hipóteses:

- ✓ Para répteis, ocorre um maior número de atropelamentos na estação chuvosa; os atropelamentos de mamíferos e aves não apresentam influência da sazonalidade;
- ✓ A incidência de atropelamentos de répteis sofre um incremento com o aumento da temperatura, precipitação, umidade e fluxo de veículos. Os atropelamentos

de mamíferos e aves não são influenciados por variáveis climáticas, mas sofrem influência do fluxo de veículos;

- ✓ Há *hotspots* de atropelamentos na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba;
- ✓ Os *hotspots* se localizam em trechos diferentes, dependendo da espécie e/ou grupo abordado;

Nesse contexto, o objetivo geral do trabalho foi: levantar os grupos de vertebrados atropelados no trecho Uberlândia-Uberada da BR-050, identificando a ocorrência e localização de *hotspots* de atropelamentos.

Os objetivos específicos desta pesquisa foram:

- ✓ Elaborar uma relação dos táxons animais atropelados no trecho Uberlândia-Uberada da BR-050, identificando-os ao menor nível taxonômico possível, calculando suas respectivas taxas de atropelamento;
- ✓ Avaliar a influência da sazonalidade na abundância dos atropelamentos de vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, aves e répteis;
- ✓ Relacionar os atropelamentos dos grupos acima citados com variáveis climáticas e fluxo de veículos;
- ✓ Investigar se os atropelamentos de fauna ocorrem de forma agregada e onde se localizam essas agregações;
- ✓ Comparar a localização das agregações de atropelamentos de: mamíferos silvestres e domésticos, mamíferos domésticos e *Canis familiaris*, animais silvestres e mamíferos silvestres, mamíferos silvestres e espécies mais abundantes de mamíferos, aves e répteis.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A BR-050 é uma rodovia federal brasileira, constituindo-se em um importante meio de ligação entre o Distrito Federal, os estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo, com uma extensão de 1.094 km (Figura 1). Inicia-se em Brasília (DF) e termina em Santos (SP), sendo uma das rodovias mais movimentadas do país. O trecho paulista da rodovia encontra-se sob jurisdição do governo estadual, tendo a denominação SP-330 (Anhanguera) no trecho que liga Igarapava a São Paulo e SP-150 (Anchieta) no trecho entre São Paulo e Santos. A rodovia passa, dentre outras, pelas seguintes cidades: Cristalina (GO), Catalão (GO), Araguari (MG), Uberlândia (MG) e Uberaba (MG) (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012).



FIGURA 1: Extensão da BR-050, indicando seu trajeto ao longo das principais cidades transpassadas por essa rodovia (MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2012).

O estudo foi realizado no trecho da BR-050 entre as cidades de Uberlândia e Uberaba, duas das cinco cidades mais importantes do Triângulo Mineiro (Figura 2). Nesse trecho, a rodovia apresenta aproximadamente 96 km de extensão e é duplicada em duas pistas em cada sentido. O volume médio diário de veículos (VDM) ao longo desse trecho é de 12.000 veículos (SEDET, 2009).

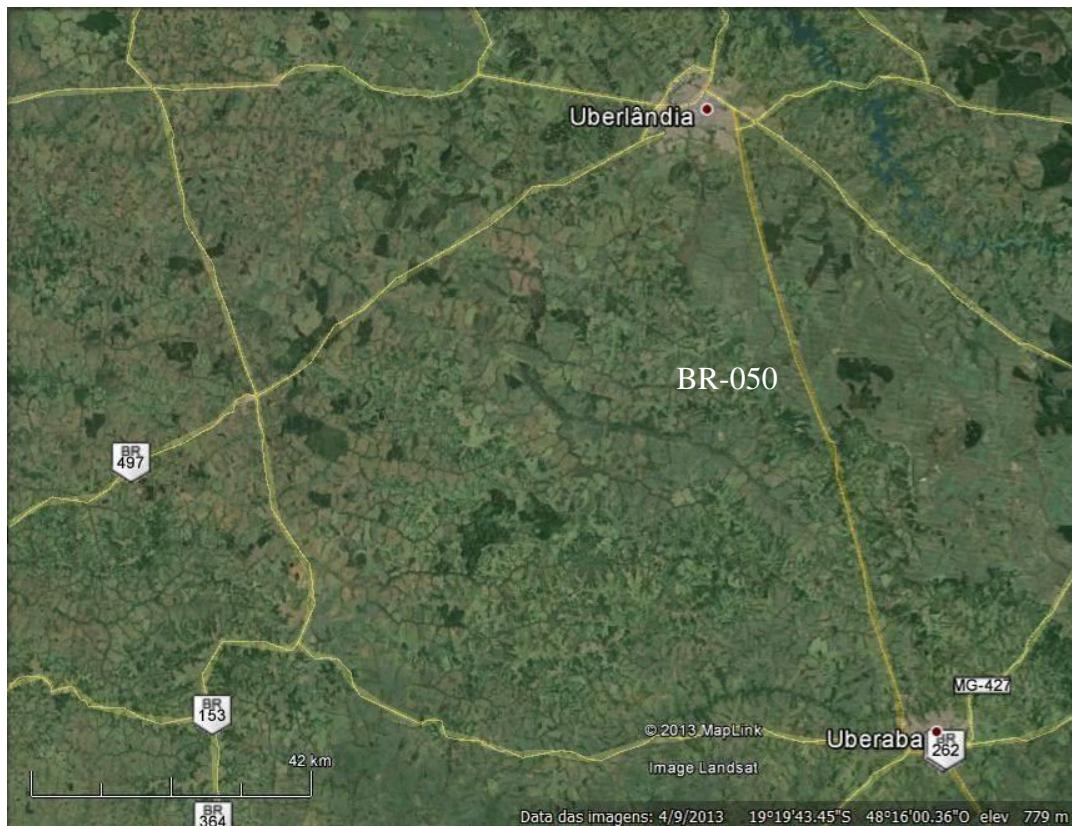


FIGURA 2: Trecho da BR-050 entre Uberlândia-Uberaba (GOOGLE MAPS, 2013).

A área de estudo está inserida no domínio do Cerrado, porém existem na região apenas fragmentos de mata, cerrado e vereda, sendo as pastagens e agricultura dominantes na paisagem do entorno da rodovia.

O clima da região é do tipo Aw, segundo classificação de Köppen, apresentando sazonalidade com chuvas no verão e seca no inverno, com temperaturas médias entre 17°C e 23°C, amplitude térmica anual entre 7°C e 9°C, umidade relativa do ar entre 40 e 80% (Figura 3).

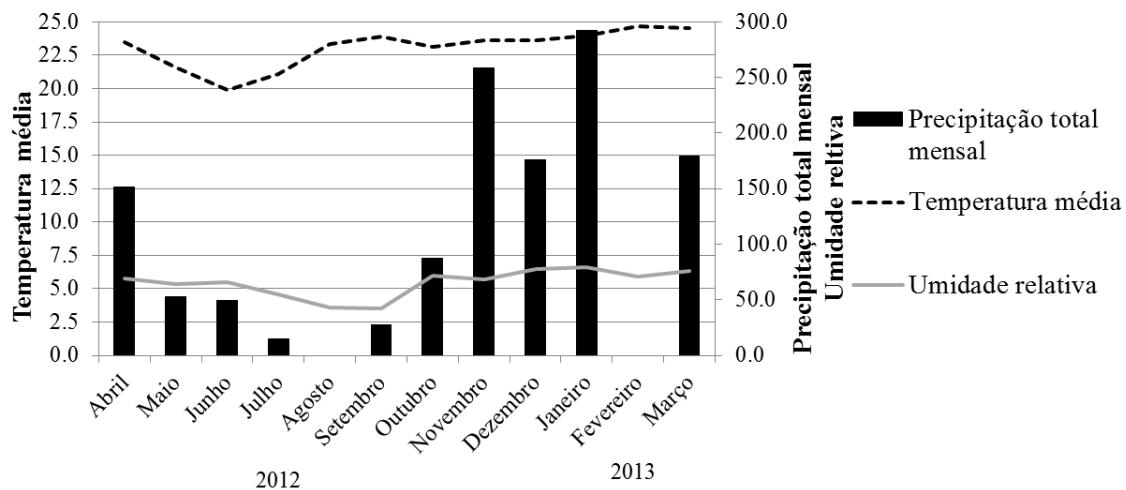


FIGURA 3: Dados meteorológicos para a região de Uberlândia (2012-2013). Fonte: Estação Climatológica da Universidade Federal de Uberlândia.

Os municípios de Uberlândia e Uberaba estão situados no domínio dos Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, estando inseridos na sub-unidade do Planalto Meridional da Bacia do Paraná (SEDET, 2009). Estes municípios estão localizados junto à bacia do rio Paranaíba e bacia do rio Grande. Os principais rios dessa região são: rio Uberaba, rio Uberabinha, rio Tijuco, rio Cabaçal, dentre outros (SEDET, 2009). Nesse trecho da BR-050, a rodovia transpassa o Rio Uberaba, riachos e corta diversas veredas.

2.2 Procedimentos

O monitoramento da rodovia foi executado de carro a uma velocidade média de 60 km/h, de abril de 2012 a março de 2013. A rodovia foi monitorada tanto no trecho Uberlândia/Uberaba quanto no trecho Uberaba/Uberlândia, totalizando 192 km percorridos semanalmente, 42 viagens e 8.064 km ao final de um ano de estudo.

As visitas foram iniciadas pela manhã e duraram o tempo necessário para cumprir todo o trajeto, que foi em média cinco horas e meia. Durante as viagens, dois observadores vistoriaram toda a rodovia em busca de animais atropelados.

No momento da localização de um animal atropelado, foi registrada em caderno de campo, a identificação do mesmo ao menor nível taxonômico possível, além

de registros fotográficos, posição geográfica e paisagem do entorno. A vegetação que caracteriza o entorno da rodovia foi identificada com a ajuda de especialista. Após o registro, a carcaça foi retirada da rodovia para evitar posteriores recontagens e o atropelamento dos animais carniceiros (KINDEL, 2014¹; MELO, SANTOS-FILHO, 2007; COELHO et al., 2008; COSTA, 2011; CÁCERES et al., 2012; HEGEL et al., 2012).

Os mamíferos foram identificados de acordo com Reis e colaboradores (2010). Para a identificação das aves foi utilizado Sigrist (2009) e CBRO (2011); para os répteis, Bérnuls e Costa (2012); para os anuros Segala e colaboradores (2012), além da submissão de fotografias a especialistas.

Para a determinação do *status* de conservação dos animais registrados nos atropelamentos, foram utilizados Drummond (2008) para Minas Gerais, ICMBio (2013) para o Brasil e IUCN (2013) a nível mundial.

Os animais indeterminados, cuja identificação não foi realizada em nível de espécie, foram contabilizados nas análises somente quando foi possível identificar se os mesmos eram silvestres ou não. Então, na categoria vertebrados silvestres e mamíferos silvestres estão inclusos todos os espécimes silvestres, inclusive os indeterminados que são seguramente animais silvestres (ex: Myrmecophagidae). Da mesma forma, na categoria mamíferos domésticos estão inclusos somente os mamíferos que foram identificados como sendo domésticos.

Os dados de volume médio diário de veículos (VDM) da BR-050 foram obtidos com a superintendência regional do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes) de Uberlândia. O DNIT possuiu duas balanças no trecho de estudo, uma no sentido Uberlândia-Uberaba (km 85) e outra no sentido Uberaba-Uberlândia (km 162). Nessas balanças, o DNIT coleta dados diários sobre o fluxo de veículos na rodovia.

2.3 Análises estatísticas

¹ Palestra “Protocolos de Licenciamento” proferida por Andreas Kindel, no Congresso Road Ecology Brazil, Lavras, Minas Gerais, em 28 de janeiro de 2014.

Foram calculados três tipos de taxas de atropelamento: animais/km/dia, que representa a média diária de animais atropelados dividido por 192 (total de quilômetros da rodovia); animais/km/mês, que representa a média diária de animais atropelados multiplicado por 30 (dias do mês) e dividido por 192; animais/km/ano, que representa a média diária de animais atropelados multiplicado por 365 (dias do ano) e dividido por 192. Os cálculos de taxas de atropelamento foram realizados para: vertebrados, vertebrados silvestres, mamíferos (silvestres e domésticos), mamíferos silvestres, mamíferos domésticos, aves e répteis.

Para testar se existiu diferença na taxa mensal de atropelamentos entre as estações seca e chuvosa, foi utilizado o teste t para duas amostras (t) quando os dados apresentaram normalidade e o teste de Mann-Whitney (U) no caso de não normalidade dos dados. A taxa mensal de atropelamentos foi calculada da seguinte forma: média mensal de atropelamento multiplicado por 30 (dias do mês) dividido por 192 (total de quilômetros da rodovia), sendo que para cada mês, obteve-se uma taxa de atropelamentos diferente. Os mesmos testes foram executados para verificar se houve diferença nos dados mensais das variáveis climáticas (média mensal) e no volume médio diário de veículos (VDM, média mensal) entre as estações seca e chuvosa. Os meses de outubro a abril foram considerados estação seca, e os meses de maio a setembro, estação chuvosa (ROSA et al., 1991). Esses testes foram executados no programa MyStat (Systat Software, Inc. 2013).

Para testar se existe relação entre as variáveis climáticas (temperatura média, umidade relativa do ar e precipitação total mensal), VDM e a taxa mensal de atropelamentos de vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, aves e répteis, foi utilizado o teste de correlação de Pearson (r) no caso dos dados que apresentaram normalidade, em caso contrário foi utilizado o teste não paramétrico de correlação de Sperman (rs). Esses testes foram executados no programa MyStat (Systat Software, Inc. 2013).

Para identificar se existem trechos com uma concentração de atropelamentos e em qual escala essas agregações existem, foi utilizado o teste 2D Ripley K-Statistics do programa Siriema v1.1 (COELHO et al., 2011), sendo que a função $L_{(r)}$ usada para a interpretação dos resultados do teste permite avaliar a

intensidade de agregação nas diferentes escalas. Os valores de $L_{(r)}$ acima dos limites de confiança indicam escalas com agrupamentos significativos e os valores abaixo desses limiares indicam escalas com dispersão significativa (COELHO et al., 2011). Foi utilizado um raio inicial de 100 metros, incremento de raio de 500 metros, limite de confiança de 95% e mil simulações (modificado de: COELHO et al, 2008; CÁCERES et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2013). Foram escolhidos esses valores de raio inicial e incremento de raio, pois correspondem a uma escala onde a maioria das medidas de mitigação podem ser efetivas (TEIXEIRA et al., 2013).

As análises foram executadas para os grupos: vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, mamíferos domésticos, aves e répteis. Além disso, as análises também foram executadas para as espécies que obtiveram 10 ou mais espécimes atropelados, sendo estas: *Canis familiaris*, *Felis catus*, *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus*, *Tamandua tetradactyla*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Dasyurus novemcinctus*, *Cariama cristata*, *Boa constrictor amarali* e *Crotalus durissus collilineatus* (modificado de: CÁCERES et al., 2012).

O teste 2D HotSpot Identification foi utilizado para identificar os locais onde existe uma maior quantidade de atropelamentos (*hotspots*) para as espécies e/ou grupos citados acima. A função $N_{events} - N_{simulated}$ usada para a interpretação dos resultados do teste permite avaliar em que locais da rodovia existem agregações de atropelamentos. Os valores de $N_{events} - N_{simulated}$ acima do limite superior de confiança indicam trechos com intensidade de agregação significativa (COELHO et al., 2011).

No teste 2D HotSpot Identification, foi utilizado um raio de quatro quilômetros, pois este foi o menor raio em que as agregações de atropelamento são significativas para todos os grupos e espécies, de acordo com os resultados do teste 2D Ripley K-Statistics, um limite de confiança de 95% e mil simulações. O programa Siriema também permite estabelecer um peso diferente para cada registro de atropelamento, assim, no intuito de valorar as espécies ameaçadas de extinção, utilizou-se peso dois para estas, e peso um para as demais. O início do trecho pesquisado em Uberlândia foi considerado pelo programa Siriema como sendo o quilômetro zero e o final do trecho pesquisado em Uberaba considerado o quilômetro 96.

No intuito de investigar se os *hotspots* são diferentes, dependendo da estação do ano, foi utilizado o teste 2D Ripley K-Statistics e 2D HotSpot Identification para os diversos grupos e espécies acima citados, tanto para dados anuais, como para os das estações seca e chuvosa. Esses testes só foram realizados para as espécies ou grupos com pelo menos cinco animais atropelados em cada estação do ano. Após identificada a localização dos *hotspots*, foram realizadas visitas a campo para a identificação da paisagem de entorno correspondente.

Para comparar se a localização dos *hotspots* de atropelamentos foi semelhante entre os diferentes grupos e/ou espécies, adaptou-se o procedimento utilizado por Teixeira e colaboradores (2013a). Os trechos da rodovia foram considerados unidades amostrais, sendo que o programa Siriema calcula um índice de agregação para cada trecho da rodovia (500 trechos de 192 metros cada) (COELHO et al., 2011). Teixeira e colaboradores (2013a) transformaram os dados de intensidade de agregação em variáveis binárias representando a presença de *hotspots* de atropelamentos. Porém, nesse trabalho, foram utilizados os dados de intensidade de agregações, obtidos através da subtração dos dados de agregação dos dados do limite de confiança superior para cada trecho da rodovia. Assim, valores negativos de intensidade de agregação representam locais onde não há *hotspots* de atropelamentos e valores positivos de intensidade de agregação representam locais onde há *hotspots* de atropelamentos. Foi realizado o teste de correlação de Pearson no intuito de comparar se a localização dos *hotspots* de atropelamentos foi semelhante entre os diferentes grupos e/ou espécies. Correlações abaixo de 0,3 são consideradas fracas, ou seja, a localização dos *hotspots* de atropelamentos não se sobrepõe. Correlações entre 0,3 e 0,7, são entendidas como moderadas, dessa forma, a localização dos *hotspots* de atropelamentos se sobrepõem moderadamente. Correlações acima de 0,7 são consideradas fortes, isto é, a localização dos *hotspots* de atropelamentos se sobrepõem fortemente. Esses testes foram executados no programa R 3.0.2 (R Core Team, 2013).

3. RESULTADOS

3.1 Fauna atropelada

Foram encontrados 683 vertebrados atropelados durante um ano de pesquisa, assim distribuídos: 482 (70,6%) foram mamíferos, 145 (21,2%), aves, 56 (8,2%), répteis (Apêndice A). Do total registrado, 112 (16,4%) indivíduos foram identificados somente em níveis taxonômicos mais elevados (classe, ordem ou família) devido ao estágio avançado de decomposição (Tabela 1). Em termos de identificação específica, foram registradas 57 espécies atropeladas, a saber: 21 espécies de mamíferos, 26 espécies de aves e dez espécies de répteis (Tabela 1).

Tabela 1 – Vertebrados atropelados na BR-050, no trecho Uberlândia-Uberaba.

Taxa	N	C% ¹	T% ²	Taxa de atropelamento ³
Mammalia	43	8,9	6,2	0,533
Didelphimorphia				
Didelphidae				
<i>Didelphis albiventris</i> Lund, 1840	7	1,5	1,0	0,087
<i>Lutreolina crassicaudata</i> (Desmarest, 1804)	2	0,4	0,3	0,025
Pilosa				
Myrmecophagidae	1	0,2	0,1	0,013
<i>Myrmecophaga tridactyla</i> Linnaeus, 1758	3	0,6	0,4	0,037
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	14	2,9	2,0	0,173
Cingulata				
Dasyproctidae	15	3,1	2,2	0,186
<i>Cabassous</i> sp. McMurtie, 1831	3	0,6	0,4	0,037
<i>Dasyprocta novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	10	2,1	1,4	0,124
<i>Dasyprocta</i> sp. Linnaeus, 1758	5	1,0	0,7	0,062
<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	44	9,1	6,4	0,546
Perissodactyla				
Equidae				
<i>Equus caballus</i> Linnaeus, 1758	1	0,2	0,1	0,013
Artiodactyla				
Suidae				
<i>Sus domesticus</i> Erxleben, 1777	1	0,2	0,1	0,013
Primates				
Cebidae				

<i>Callithrix penicillata</i> (É. Geoffroy, 1812)	3	0,6	0,4	0,037
Carnivora	1	0,2	0,1	0,013
Canidae	10	2,1	1,4	0,124
<i>Canis familiaris</i> Linnaeus, 1758	100	20,7	14,5	1,240
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1758)	52	10,4	7,5	0,645
<i>Chrysocyon brachyurus</i> (Illiger, 1815)	8	1,7	1,2	0,099
<i>Lycalopex vetulus</i> (Lunda, 1842)	8	1,7	1,2	0,099
Felidae				
<i>Felis catus</i> Linnaeus, 1758	61	12,7	8,8	0,756
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,2	0,1	0,013
<i>Leopardus</i> sp. Gray, 1842	1	0,2	0,1	0,013
Mephitidae				
<i>Conepatus semistriatus</i> (Boddaert, 1785)	43	8,9	6,2	0,533
Mustelidae				
<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	4	0,8	0,6	0,049
Procyonidae				
<i>Procyon cancrivorus</i> (Cuvier, 1798)	20	4,1	2,9	0,248
Lagomorpha				
Leporidae				
<i>Lepus europaeus</i> Pallas, 1778	1	0,2	0,1	0,013
Rodentia	4	0,8	0,6	0,049
Caviidae				
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	13	2,7	1,9	0,161
Erethizontidae				
<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758)	3	0,6	0,4	0,037
Aves	27	18,6	3,9	0,335
Tinamiformes				
Tinamidae				
<i>Nothura maculosa</i> (Temminck, 1815)	4	2,8	0,6	0,049
Galliformes				
Numididae				
<i>Numida meleagris</i> (Linnaeus, 1758)	1	0,7	0,1	0,013
Cathartiformes				
Cathartidae				
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	6	4,1	0,9	0,074
Falconiformes				
Falconidae	2	1,3	0,3	0,025
<i>Caracara plancus</i> (Jacquin, 1784)	8	5,5	1,2	0,099
<i>Milvago chimachima</i> (Vieillot, 1816)	1	0,7	0,1	0,013
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	10	6,9	1,4	0,124
Gruiformes				
Rallidae				
<i>Aramides cajanea</i> (Statius Muller, 1776)	2	1,4	0,3	0,025
Cariamiformes				
Cariamidae				

<i>Cariama cristata</i> (Linnaeus, 1766)	20	13,8	2,9	0,248
Columbiformes				
Columbidae	6	4,1	0,9	0,074
<i>Columba livia</i> Gmelin, 1789	6	4,1	0,9	0,074
<i>Patagioenas picazuro</i> (Temminck, 1813)	4	2,8	0,6	0,049
<i>Zenaida auriculata</i> (Des Murs, 1847)	2	1,4	0,3	0,025
Psittaciformes				
Psittacidae				
<i>Aratinga aurea</i> (Gmelin, 1788)	1	0,7	0,1	0,013
Cuculiformes				
Crotophaginae				
<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 1758	5	3,4	0,7	0,062
<i>Guira guira</i> (Gmelin, 1788)	2	1,4	0,6	0,025
Strigiformes				
Tytonidae				
<i>Tyto Alba</i> (Scopoli, 1769)	7	4,8	1,0	
Strigidae				
<i>Bubo virginianus</i> (Gmelin, 1788)	5	3,4	0,7	0,062
<i>Athene cunicularia</i> (Molina, 1782)	6	4,1	0,9	0,074
Caprimulgiformes				
Caprimulgidae				
<i>Antrostomus rufus</i> (Boddaert, 1783)	2	1,4	0,3	0,025
<i>Hydropsalis albicollis</i> (Gmelin, 1789)	4	2,8	0,6	0,049
<i>Hydropsalis</i> sp.	1	0,7	0,1	0,013
Piciformes				
Picidae				
<i>Colaptes campestris</i> (Vieillot, 1818)	3	2,1	0,4	0,037
Passeriformes				
Furnariidae				
<i>Furnarius rufus</i> (Gmelin, 1788)	1	0,7	0,1	0,013
Tyrannidae				
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	1	0,7	0,1	0,013
Mimidae				
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	2	1,4	0,3	0,025
Emberizidae				
<i>Sicalis flaveola</i> (Linnaeus, 1766)	1	0,7	0,1	0,013
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	1	0,7	0,1	0,013
<i>Sporophila</i> sp.	1	0,7	0,1	0,013
Icteridae				
<i>Gnorimopsar chopi</i> (Vieillot, 1819)	1	0,7	0,1	0,013
Lepidosauria				
Teiidae				
<i>Salvator merianae</i> Duméril & Bibron, 1839	8	14,3	1,2	0,099
Amphisbaenidae				
<i>Amphisbaena alba</i> Linnaeus, 1758	3	5,4	0,4	0,037
Boidae				
<i>Boa constrictor amarali</i> Stull, 1932	18	32,1	2,6	0,223

Colubridae				
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	2	3,6	0,3	0,025
Dipsadidae				
<i>Oxyrhopus guibei</i> Hoge & Romano, 1978	3	5,4	0,4	0,037
<i>Philodryas patagoniensis</i> (Girard, 1858)	1	1,8	0,1	0,013
<i>Erythrolamprus poecilogyrus poecilogyrus</i> (Wied, 1825)	1	1,8	0,1	0,013
Viperidae				
<i>Bothrops alternatus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	1	1,8	0,1	0,013
<i>Bothrops moojeni</i> Hoge, 1966	4	7,1	0,6	0,049
<i>Crotalus durissus collilineatus</i> Amaral, 1926	14	25	2	0,173
Total	683	-	-	8,556

¹ Porcentagem dada pela relação do número de indivíduos de cada táxon e o número de indivíduos de sua respectiva classe.

² Porcentagem dada pela relação do número de indivíduos de cada táxon e o número de indivíduos de todos os táxons de vertebrados considerados.

³ Taxa de atropelamentos – indivíduos/km/dia*100.

Entre mamíferos silvestres, *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus* e *Conepatus semistriatus*; juntos, somaram 25,1% de todos os animais atropelados e 35,9% dos mamíferos atropelados. Dentre as espécies da classe Aves, *Cariama cristata*, *Rupornis magnirostris*, *Caracara plancus*, *Tyto alba*, *Athene cunicularia*, *Columba livia* e *Coragyps atratus* juntos, somaram 9,1% de todos os animais atropelados e 43,4% das aves atropeladas. Dentre as espécies do táxon Lepidosauria, *Boa constrictor amarali*, *Crotalus durissus collilineatus* e *Salvator merianae* perfazem 71,6% de todos os répteis atropelados e 5,8% de todos os animais atropelados.

Em Minas Gerais, as espécies *Chrysocyon brachyurus*, *Leopardus pardalis* e *Myrmecophaga tridactyla* encontram-se vulneráveis à extinção e *Lycalopex vetulus*, deficiente em dados. No Brasil, as espécies *Chrysocyon brachyurus*, *Leopardus pardalis* e *Myrmecophaga tridactyla* encontram-se vulneráveis à extinção. No mundo, a espécie *Chrysocyon brachyurus* é considerada como sendo quase ameaçada de extinção e *Myrmecophaga tridactyla* é vulnerável. Diversas espécies do gênero *Sporophila* estão ameaçadas de extinção em Minas Gerais, no Brasil e no mundo. As demais espécies de todos os táxons mencionados não se encontram ameaçadas de extinção.

A taxa de atropelamento de vertebrados silvestres por ida a campo na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba, foi de 0,059 ($\pm 0,023$) indivíduos/km/dia,

sendo encontrados no mínimo quatro indivíduos atropelados, no máximo 22 e em média 11,238 ($\pm 4,394$) indivíduos. A taxa mensal de atropelamentos foi 1,756 ($\pm 0,687$) indivíduos/km/mês. A taxa anual de atropelamento foi de 21,364 ($\pm 8,353$) indivíduos/km/ano.

A taxa de atropelamento de mamíferos silvestres por ida a campo na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba, foi de 0,033 ($\pm 0,018$) indivíduos/km/dia, sendo encontrados no mínimo dois animais por dia, no máximo 17 e em média 6,262 ($\pm 3,472$) mamíferos silvestres. A taxa mensal de atropelamentos foi 0,978 ($\pm 0,543$) indivíduos/km/mês. A taxa anual de atropelamento foi 11,904 ($\pm 6,600$) indivíduos/km/ano.

A taxa de atropelamento das aves por ida a campo na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba, foi de 0,018 ($\pm 0,011$) indivíduos/km/dia, sendo encontrada no mínimo nenhuma ave, no máximo, nove aves e em média 3,42 ($\pm 2,074$) aves por dia. A taxa de atropelamento por mês das aves foi de 0,539 ($\pm 0,324$) indivíduos/km/mês. A taxa anual de atropelamento das aves foi de 6,562 ($\pm 3,943$) indivíduos/km/ano.

A taxa de atropelamento de répteis por ida a campo na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba, foi de 0,007 ($\pm 0,010$) indivíduos/km/dia, sendo encontrado no mínimo nenhum réptil atropelado, no máximo 10 e em média 1,333 ($\pm 1,959$) répteis. A taxa mensal de atropelamentos foi 0,208 ($\pm 0,306$) indivíduos/km/mês. A taxa anual de atropelamento foi de 2,543 ($\pm 3,742$) indivíduos/km/ano.

3.2 Sazonalidade e relações entre atropelamentos, variáveis climáticas e volume médio diário de veículos (VDM).

Não foi encontrada diferença na taxa mensal de atropelamentos entre as estações chuvosa e seca para mamíferos silvestres ($U=21,000$; $p=0,568$) e para aves ($t=0,135$; $gl=10$; $p=0,895$). Foi identificada diferença na taxa mensal de atropelamentos entre as estações chuvosa e seca para répteis ($t=2,691$; $gl=10$; $p=0,023$) e para vertebrados silvestres ($t=2,355$; $gl=10$; $p=0,040$), sendo que para estes grupos a taxa mensal de atropelamentos foi maior na estação chuvosa (Figura 4).

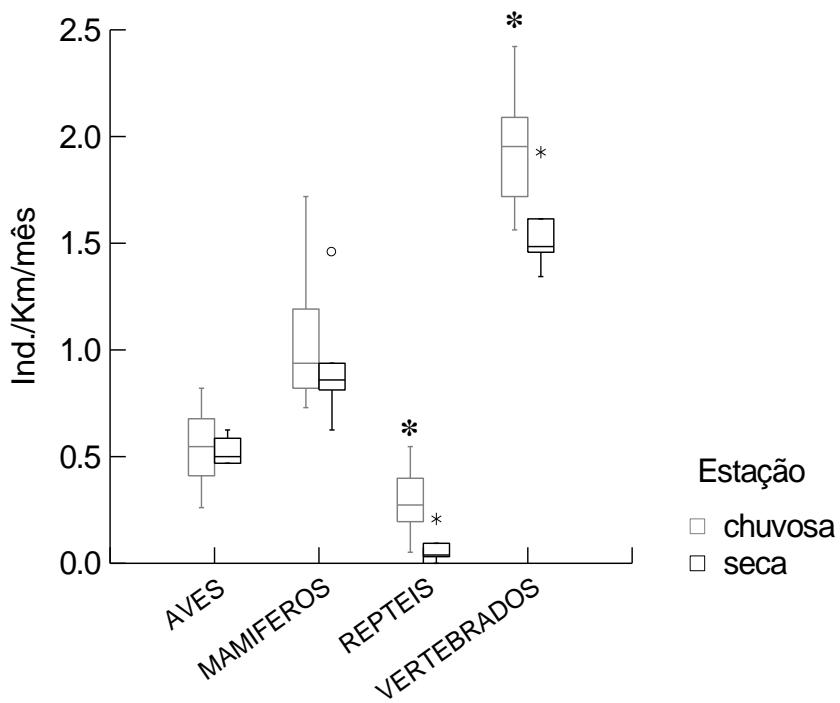


FIGURA 4: Taxa mensal de atropelamentos nas estações seca e chuvosa separadas por grupos. * Diferença significativa.

Não foi encontrada diferença na taxa mensal de atropelamentos entre as estações chuvosa e seca para *Cerdocyon thous* ($t=-0,529$; $gl=10$; $p=0,608$), para *Procyon cancrivorus* ($t=0,109$; $gl=10$; $p=0,916$) e para *Conepatus semistriatus* ($t=-1,495$; $gl=10$; $p=0,166$). Para *Boa constrictor amarali*, foi encontrada uma maior quantidade de atropelamentos na estação chuvosa ($t=2,882$; $gl=10$; $p=0,016$), assim como para *Euphractus sexcinctus* ($t=2,974$; $gl=10$; $p=0,014$), o contrário aconteceu para *Cariama cristata*, para a qual os resultados do teste estatístico mostraram uma maior quantidade de atropelamentos na estação seca ($U=5,500$; $p=0,046$) (Figura 5).

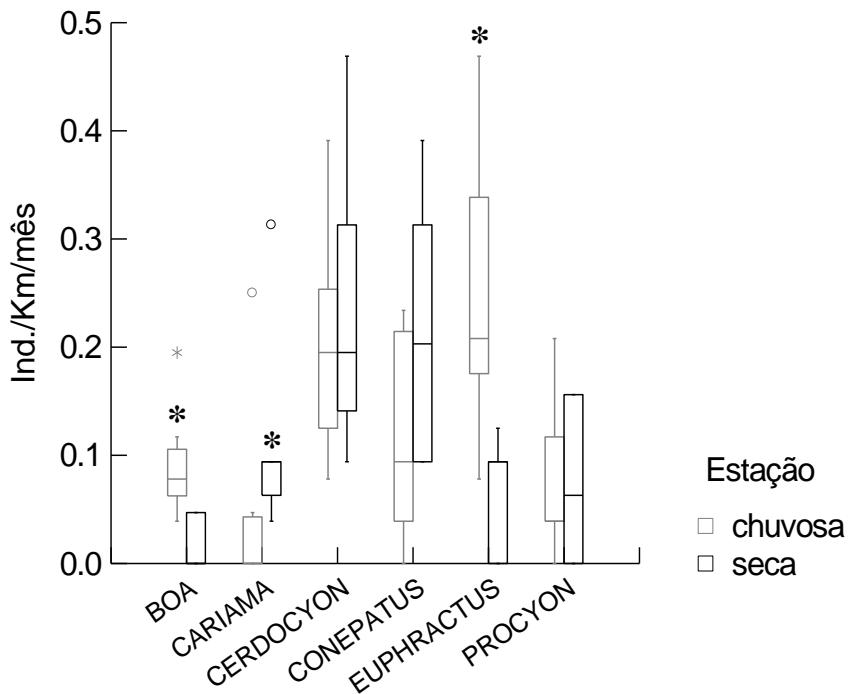


FIGURA 5: Taxa mensal de atropelamentos nas estações seca e chuvosa separadas por espécies. Boa = *Boa constrictor amarali*; Cariama = *Cariama cristata*; Cerdocyon = *Cerdocyon thous*; Conepatus = *Conepatus semistriatus*; Euphractus = *Euphractus sexcinctus*; Procyon = *Procyon cancrivorus*. * Diferença significativa.

O teste estatístico mostrou que a temperatura média mensal ($U=29,500$; $p=0,05$), umidade relativa do ar ($t=4,165$; $gl=10$; $p=0,002$) e precipitação total mensal ($t=2,952$; $gl=10$; $p=0,014$) são maiores nos meses da estação chuvosa e que o VDM não sofreu influência da sazonalidade ($t=0,411$; $gl=10$; $p=0,660$) (Figura 6).

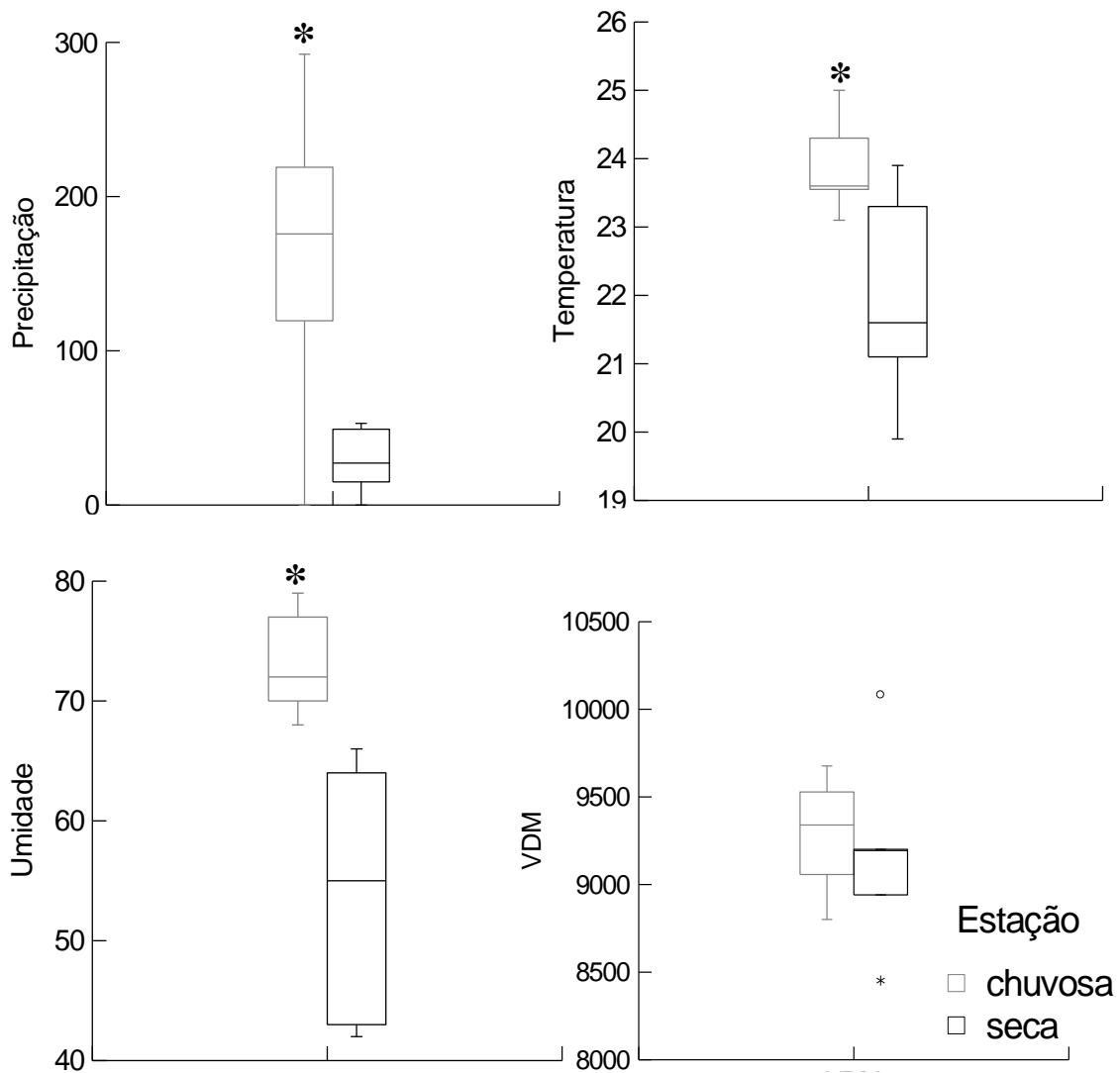


FIGURA 6: Variação das médias mensais das variáveis climáticas e do volume médio diário de veículos entre a estação seca e chuvosa. * Diferença significativa

A taxa mensal de atropelamento de répteis aumenta com o aumento da temperatura média mensal (Tabela 2, Figura 7). A taxa mensal de atropelamento de vertebrados silvestres aumenta com o aumento da umidade relativa do ar, sendo que 58% da variação na taxa mensal de atropelamento de vertebrados silvestres foram explicados pela variação da umidade relativa do ar ($r^2=0,58$) (Figura 7). Além disso, foi encontrada relação entre a umidade relativa do ar e a precipitação total mensal ($r=0.663$; $gl=10$; $p=0,019$), a variação da umidade relativa do ar explica 44% da variação da precipitação total mensal ($r^2=0,44$) (Figura 7). A taxa mensal de atropelamento de

vertebrados aumenta com o aumento da precipitação total mensal ($r=0.602$; $gl=10$; $p=0,037$), (Figura 7) assim como para répteis ($r=0.589$; $gl=10$; $p=0,044$) (Figura 7), sendo que 36% da variação da taxa mensal de atropelamento de vertebrados silvestres ($r^2=0,36$) e 34% ($r^2=0,34$) da variação da taxa mensal de atropelamento de répteis foram explicados pela variação da precipitação total mensal.

Tabela 2 – Correlação entre as variáveis. Em negrito, valores estatisticamente

	Aves	Mamíferos silvestres	Répteis	Vertebrados silvestres	Temperatura	Umidade	Precipitação
Temperatura	rs=0,332 ($p>0,05$)	rs=-0,130 ($p>0,05$)	rs=0,625 ($p<0,05$)	rs=0,392 ($p>0,05$)			
Umidade	r=0,112 ($p=0,730$)	r=0,424 ($p=0,170$)	r=0,521 ($p=0,082$)	r=0,761 ($p=0,004$)	rs=0,442 ($p>0,05$)		
Precipitação	r=-0,071 ($p=0,826$)	r=0,276 ($p=0,386$)	r=0,589 ($p=0,044$)	r=0,602 ($p=0,037$)	rs=0,309 ($p>0,05$)	r=0,663 ($p=0,019$)	
VDM	r=0,062 ($p=0,848$)	r=0,313 ($p=0,323$)	r=-0,046 ($p=0,886$)	r=0,423 ($p=0,255$)	rs=-0,011 ($p>0,05$)	r=0,146 ($p=0,651$)	r=0,139; ($p=0,667$)

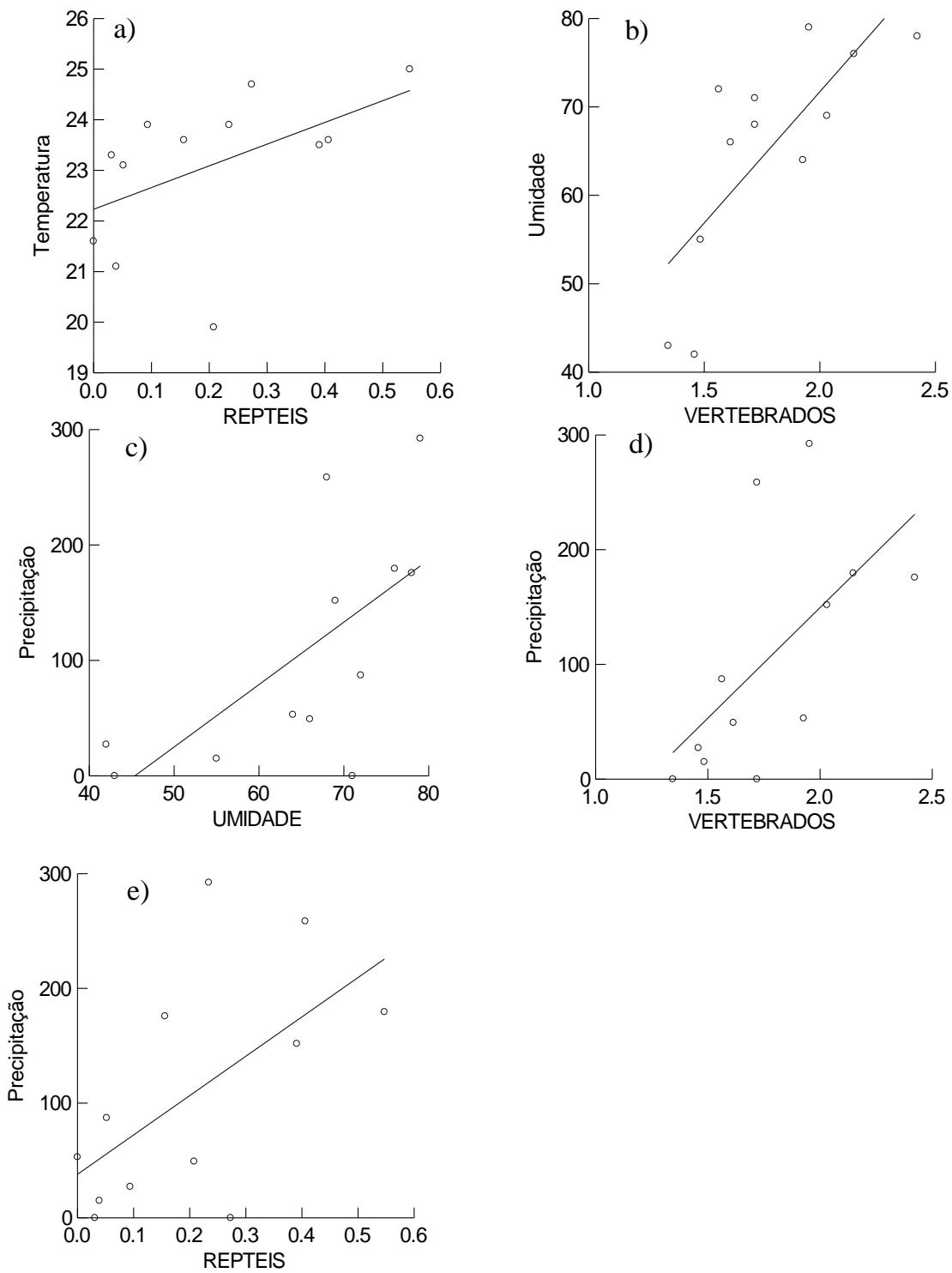


FIGURA 7: Relações entre as variáveis climáticas e taxas mensais de atropelamentos. a) Relação entre a temperatura média e a taxa mensal de atropelamento de répteis. b) Relação entre a umidade relativa do ar e a taxa mensal de atropelamento de vertebrados silvestres. c) Relação entre a precipitação total mensal e a umidade relativa do ar. d) Relação entre a precipitação total mensal e a taxa mensal de atropelamento de vertebrados. e) Relação entre a precipitação total mensal e a taxa mensal de atropelamento de répteis.

O volume diário médio de veículos da BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba foi de 9.238,4 ($\pm 439,8$) veículos, sendo o mês de agosto aquele de maior fluxo de veículos e setembro, aquele de menor fluxo (Figura 8).

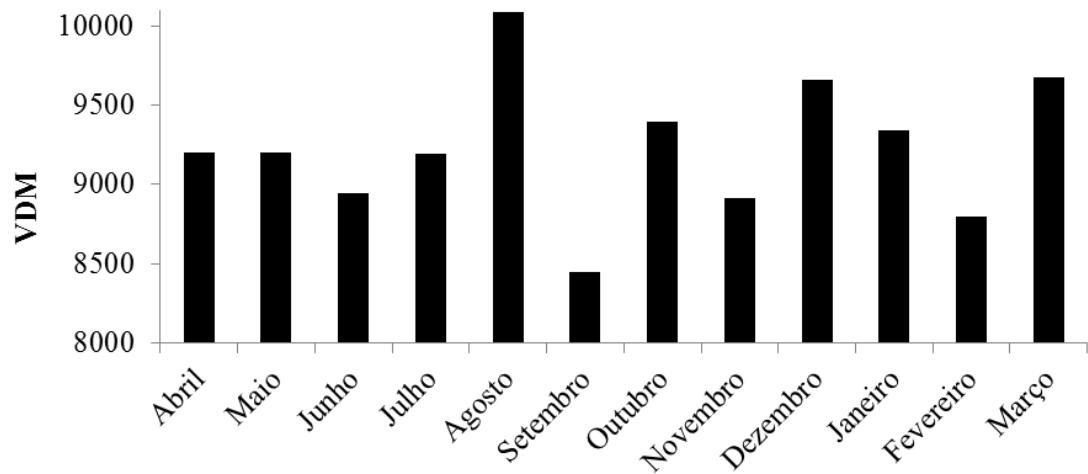


FIGURA 8: Volume diário médio de veículos (VDM) da BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba.

3.3 Agregações de atropelamentos

Foram encontradas agregações significativas de atropelamentos para os seguintes grupos e espécies: vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, répteis, *Euphractus sexcinctus*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus*, *Hydrochoerus hydrochaeris*, *Cariama cristata*, *Boa constrictor amarali*, *Crotalus durissus collilineatus* (Figura 9).

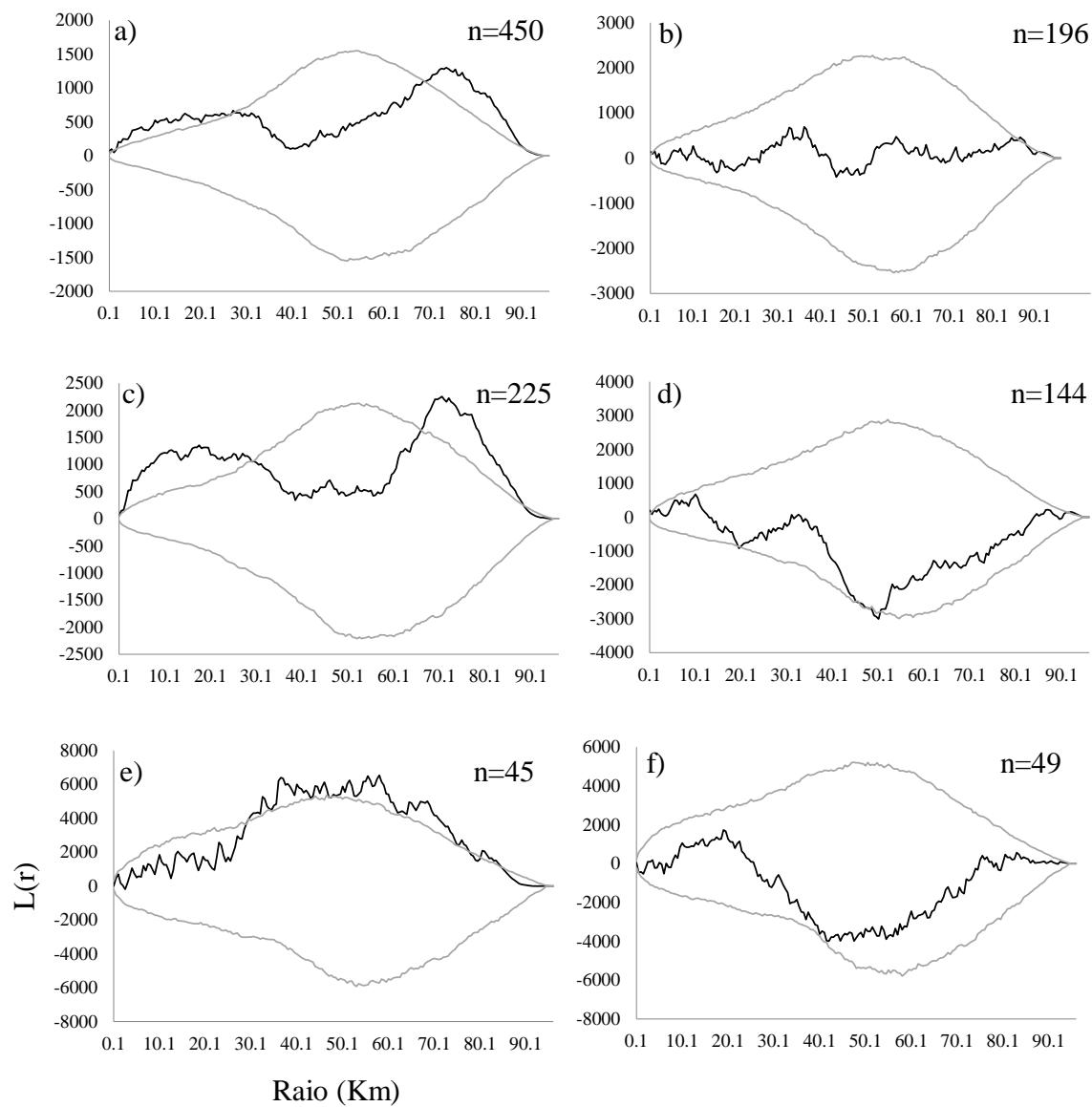


FIGURA 9: Agregações de atropelamentos de acordo com os raios de análise. Linha preta – função $L(r)$, linhas cinza – limites de confiança superior e inferior a) vertebrados silvestres, b) vertebrados silvestres excluindo mamíferos c) mamíferos silvestres, d) aves, e) répteis, f) *Cerdocyon thous* (...continua...)

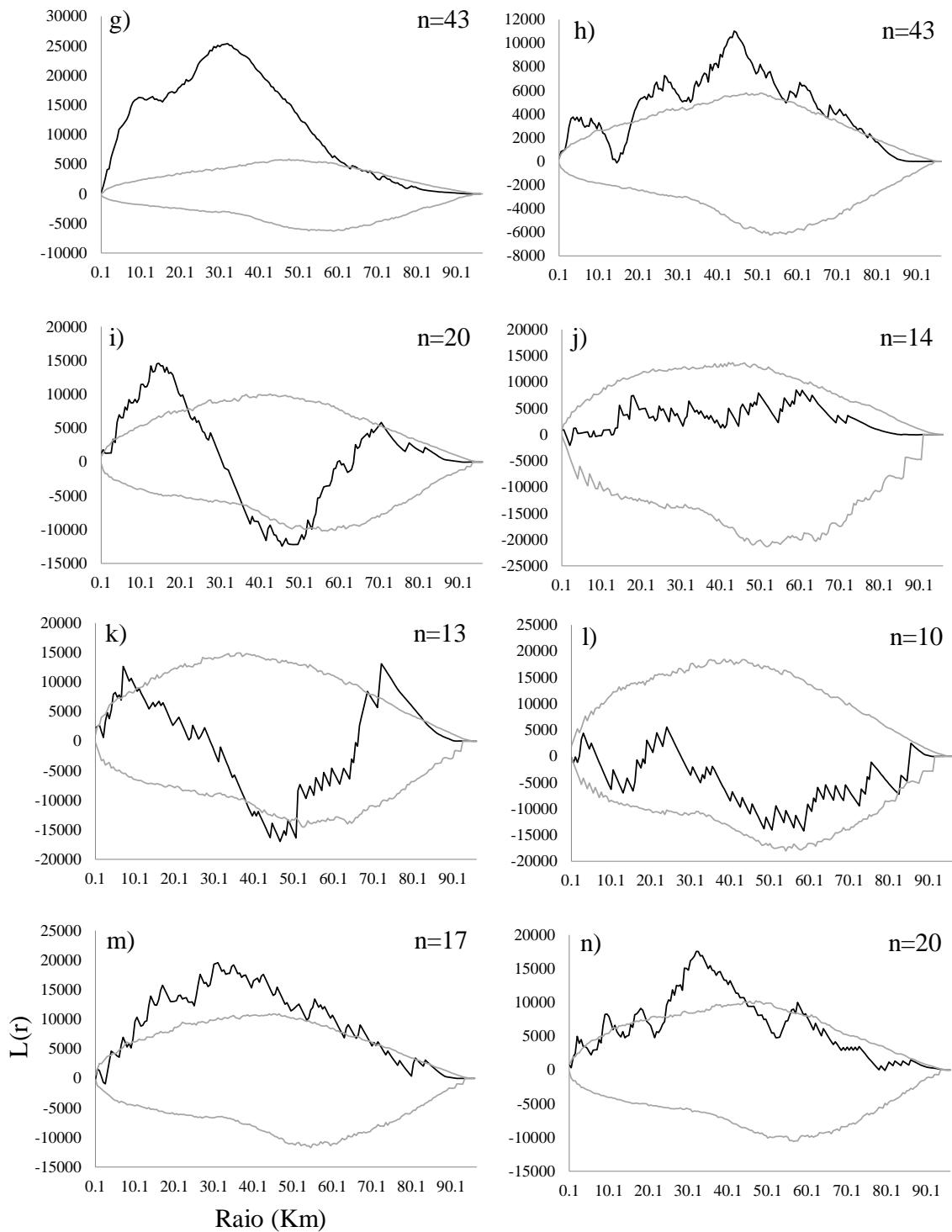


FIGURA 9, Cont. g) *Euphractus sexcinctus*, h) *Conepatus semistriatus*, i) *Procyon cancrivorus*, j) *Tamandua tetradactyla*, k) *Hydrochoerus hydrochaeris*, l) *Dasyurus novemcinctus*, m) *Boa constrictor amarali*, n) *Cariama cristata*, (...continua...)

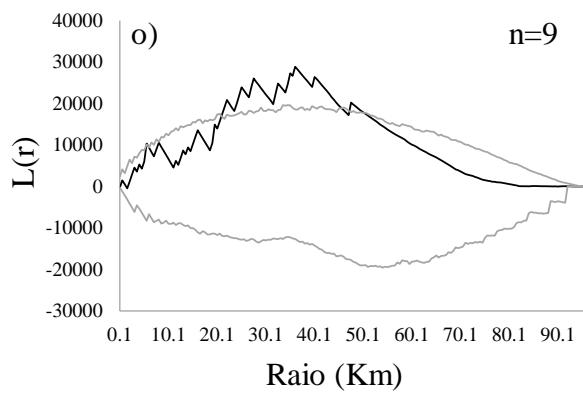


FIGURA 9, Cont. r) *Crotalus durissus collilinatus*.

Foram encontrados *hotspots* de atropelamentos na estação chuvosa para os seguintes grupos e espécies: vertebrados silvestres, vertebrados silvestres excluindo mamíferos, mamíferos silvestres, répteis, *Euphractus sexcinctus* e *Conepatus semistriatus* (Figura 10).

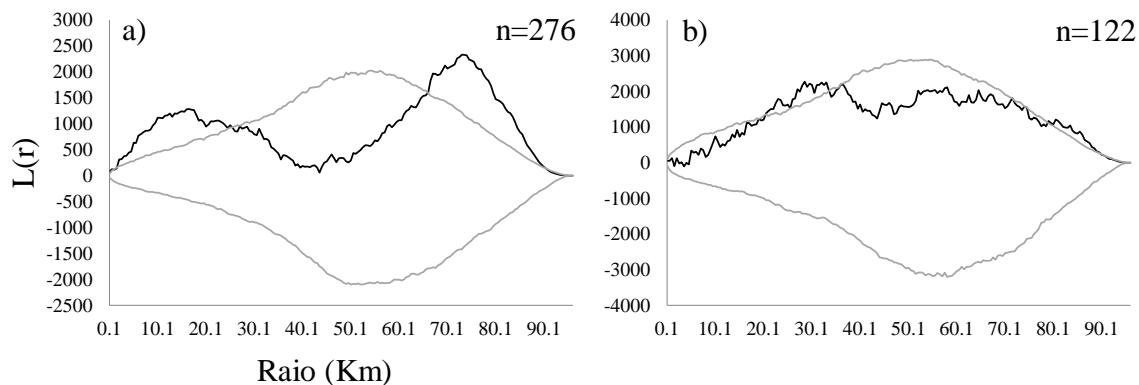


FIGURA 10: Agregações de atropelamentos da estação chuvosa de acordo com os raios de análise. Linha preta – função $L(r)$, linhas cinza – limites de confiança superior e inferior a) vertebrados silvestres, b) vertebrados silvestres excluindo mamíferos, (...continua...)

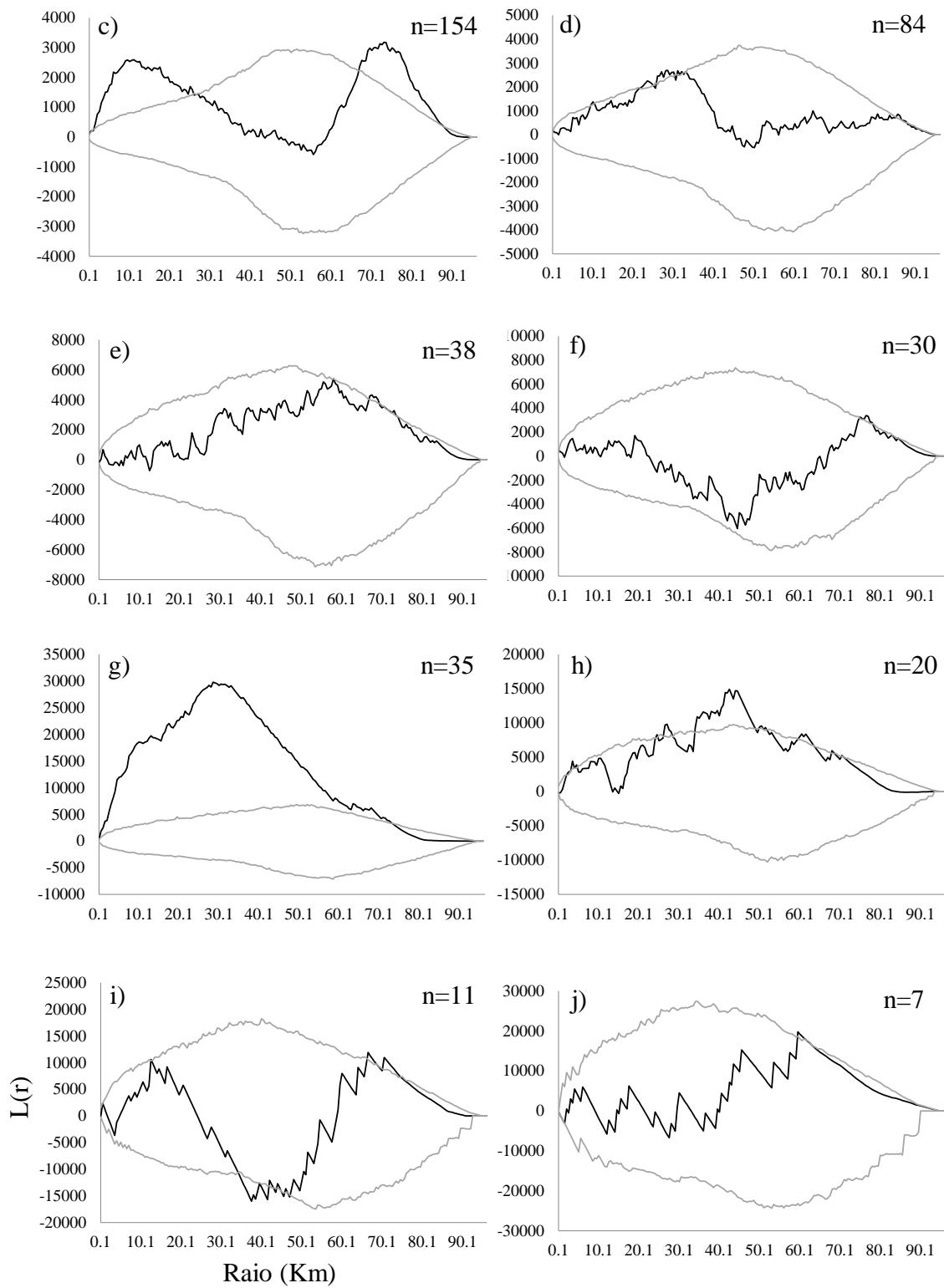


FIGURA 10, Cont. c) mamíferos silvestres, d) aves, e) répteis, f) *Cerdocyon thous*, g) *Euphractus sexcinctus*, h) *Conepatus semistriatus*, i) *Procyon cancrivorus*, j) *Cariama cristata*.

Na estação seca, foram encontradas agregações significativas de atropelamentos para os seguintes grupos e espécies: répteis, *Euphractus sexcinctus*, *Procyon cancrivorus* e *Cariama cristata* (Figura 11).

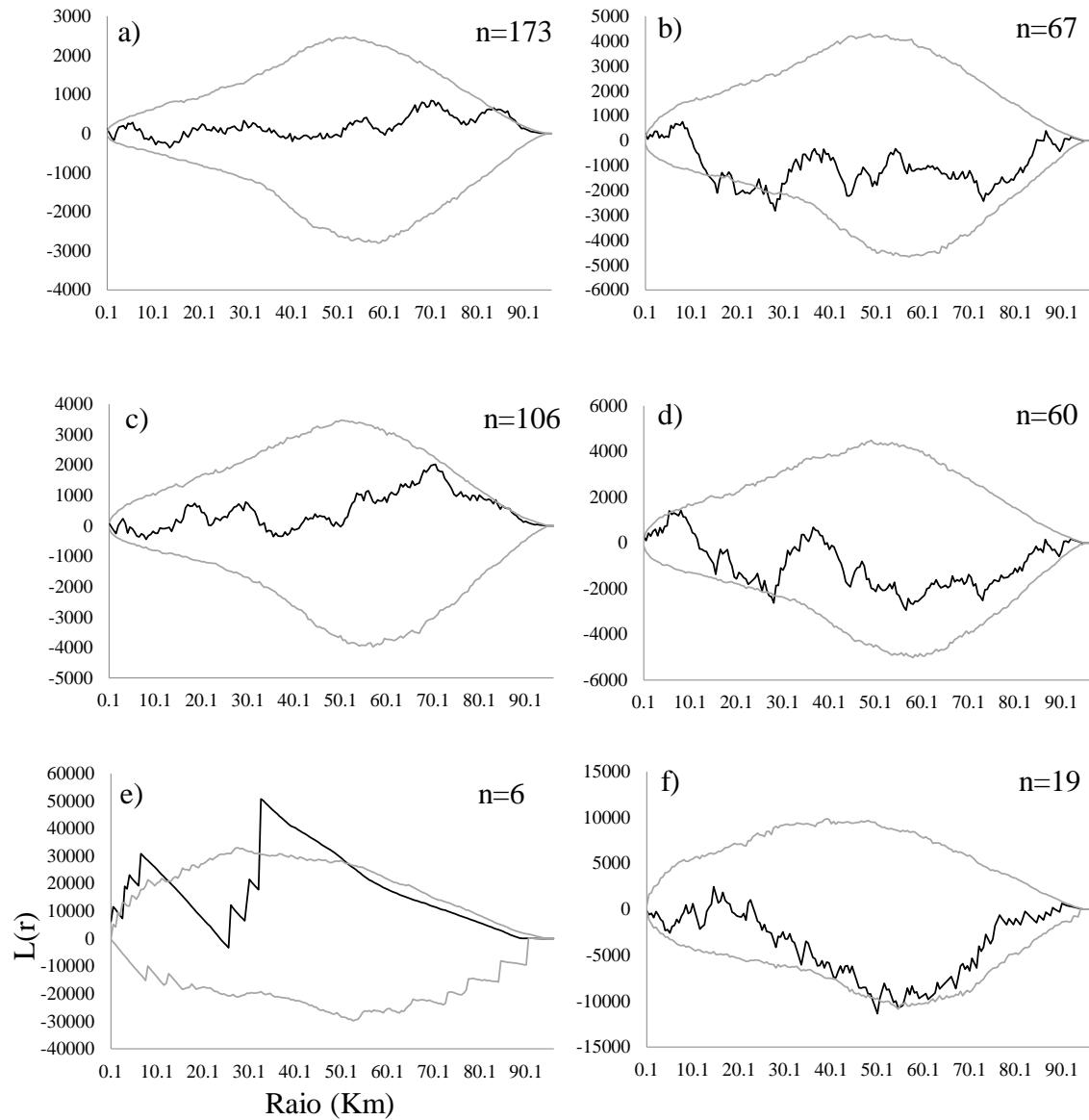


FIGURA 11: Agregações de atropelamentos da estação seca de acordo com os raios de análise. Linha vermelha – função $L(r)$, linhas azuis – limites de confiança superior e inferior a) vertebrados silvestres, b) vertebrados silvestres excluindo mamíferos, c) mamíferos silvestres, d) aves, e) répteis, f) *Cerdocyon thous*, (...continua...)

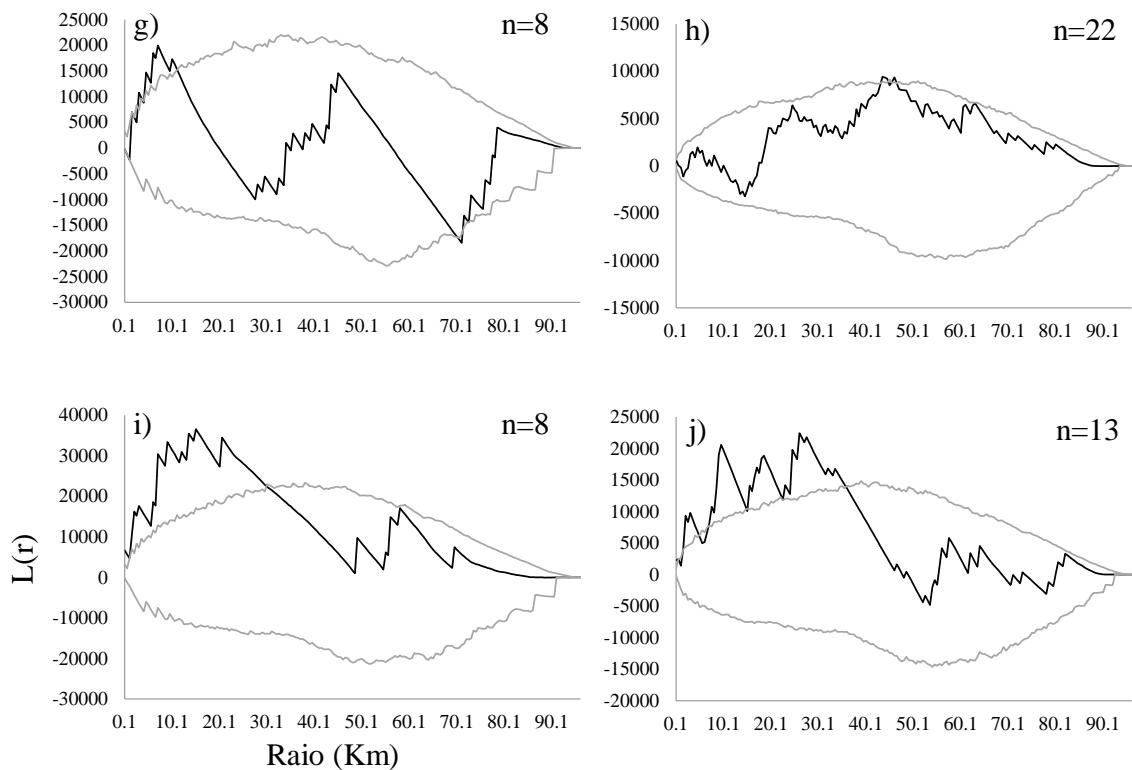


FIGURA 11, Cont. g) *Euphractus sexcinctus*, h) *Conepatus semistriatus*, i) *Procyon cancrivorus*, j) *Cariama cristata*.

Para dados de um ano de coleta de espécimes de *Euphractus sexcinctus* atropelados, foram encontradas três agregações de atropelamentos, sendo essas entre os quilômetros: 14 a 25, 38 e 41 a 43; com maior intensidade nos quilômetros 16 a 22 (Figura 12). Na estação chuvosa, os *hotspots* de atropelamentos dessa espécie se localizaram entre os quilômetros: 15 a 26, 36 e 38 a 46; com maior intensidade entre os quilômetros 18 a 22. Já na estação seca, tanto a extensão como a localização parecem ter sido alteradas, estando localizadas, do quilômetro 13 ao 21, com maior intensidade entre os quilômetros 16 a 20. Assim, levando em consideração a localização dos atropelamentos de um ano inteiro e das duas estações, de modo geral, os *hotspots* de atropelamentos de *Euphractus sexcinctus* localizaram-se do quilômetro 13 ao 26 e novamente do 36 ao 46. A paisagem de entorno dos *hotspots* de *Euphractus sexcinctus* caracterizou-se basicamente por áreas dominadas por agricultura com raros fragmentos de mata, cerrado ou vereda.

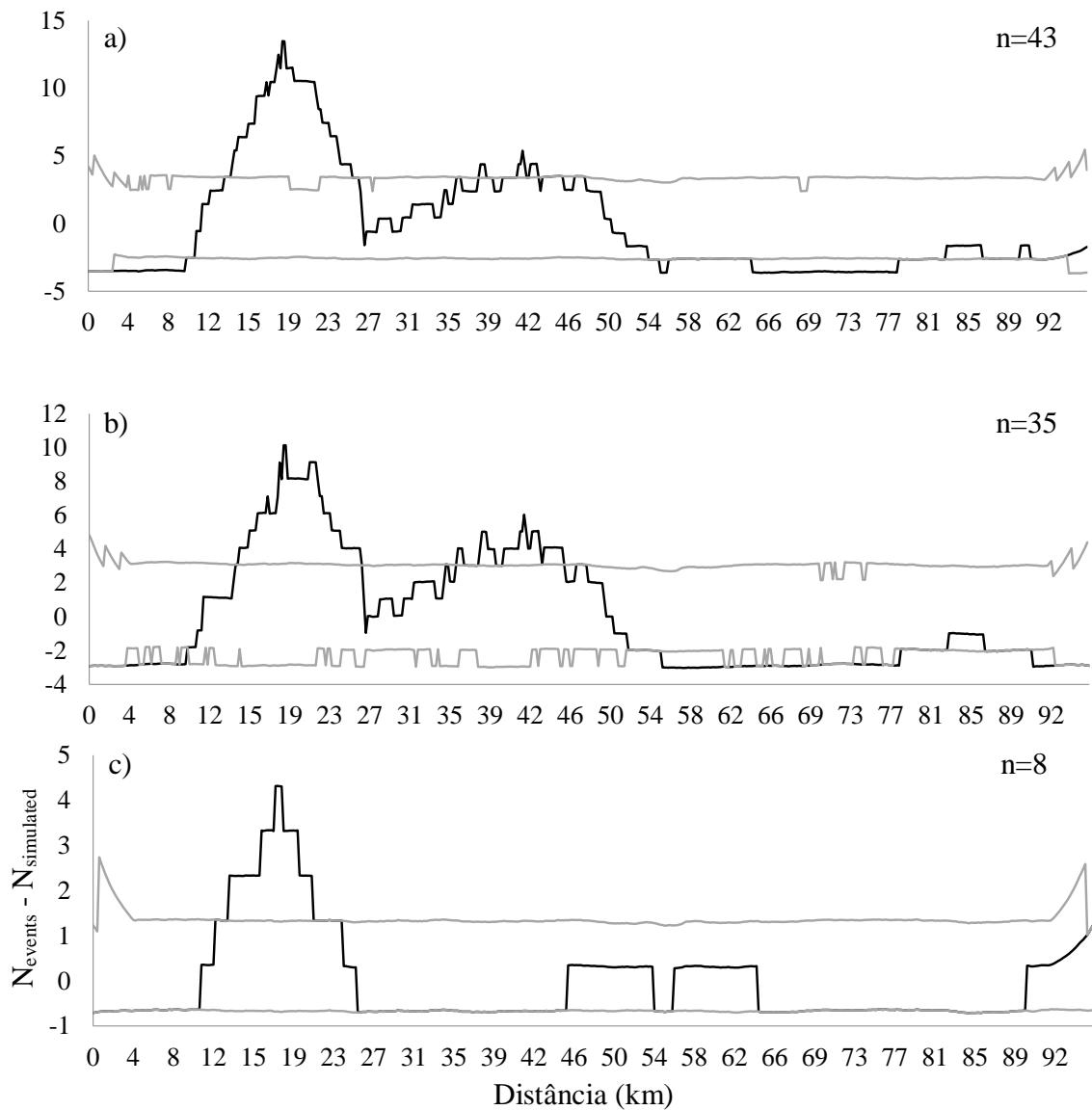


FIGURA 12: Localização das agregações de atropelamentos de *Euphractus sexcinctus*. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior. a) *hotspots* do ano inteiro, b) *hotspots* da estação chuvosa, c) *hotspots* da estação seca.

Para *Conepatus semistriatus*, quando analisado um ano de dados de atropelamentos dessa espécie, os *hotspots* de atropelamentos localizaram-se do quilômetro 42 ao 51, 66 a 68 e 83 a 87 (Figura 13), com maior intensidade entre os quilômetros 45 a 48. Não foram encontradas agregações significativas para os dados da estação seca. Para a estação chuvosa, as agregações de atropelamento ocorrem em raios

grandes (>25 km). A paisagem de entorno dos *hotspots* de *Conepatus semistriatus* caracterizou-se basicamente por áreas dominadas com agricultura ou pastagem, mas com alguns fragmentos de mata, cerrado ou vereda.

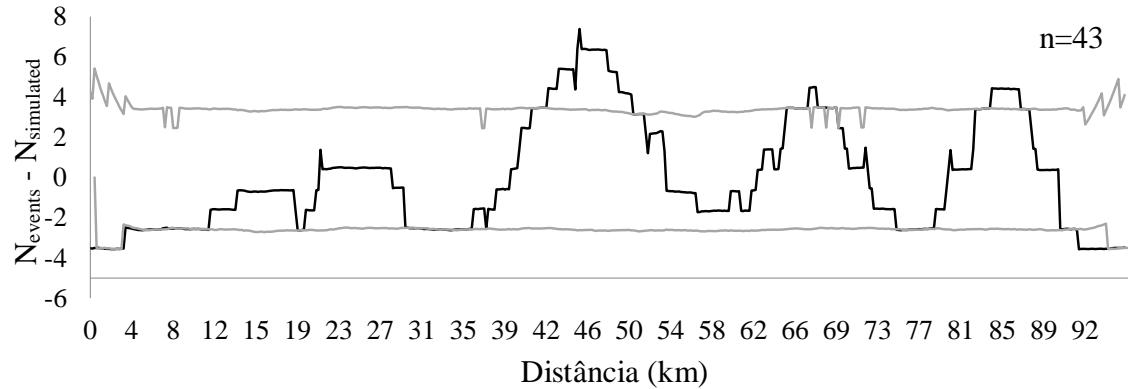


FIGURA 13: Localização das agregações de atropelamentos de *Conepatus semistriatus*. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

Para *Procyon cancrivorus*, as agregações de atropelamentos considerando os dados de um ano de pesquisa, localizaram-se entre os quilômetros 20 a 31 e 32 a 33, com maior intensidade entre os quilômetros 23 a 24 (Figura 14). Não foram identificados *hotspots* de atropelamentos na estação chuvosa para essa espécie. Na estação seca, a extensão e localização dos *hotspots* foram reduzidas aos quilômetros 19 a 29, com maior intensidade entre os quilômetros 26 a 27. Assim, de maneira geral, os *hotspots* de atropelamentos de *Procyon cancrivorus* encontraram-se entre os quilômetros 19 a 33. Na paisagem de entorno dos *hotspots* de atropelamentos de *Procyon cancrivorus*, constatou-se a presença de vereda.

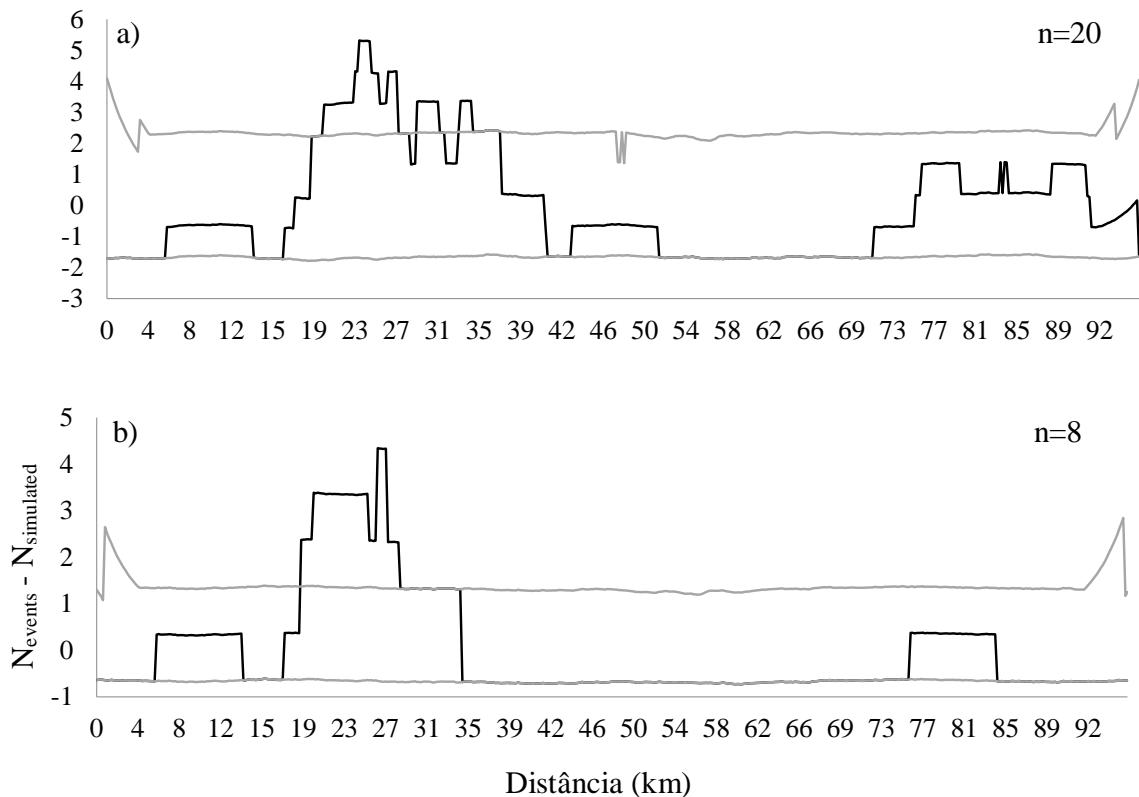


FIGURA 14: Localização das agregações de atropelamentos de *Procyon cancrivorus*. Linha vermelha - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas azuis - limites de confiança superior e inferior. a) *hotspots* do ano inteiro, b) *hotspots* da estação seca.

Para *Hydrochoerus hydrochaeris*, as agregações de atropelamentos de um ano de pesquisa localizaram-se entre os quilômetros 83 a 91, com maior intensidade de agregação entre os quilômetros 87 e 88 (Figura 15). Fragmento de vereda foi a paisagem de entorno típica dos *hotspots* de atropelamentos de *Hydrochoerus hydrochaeris*.

Para *Cariama cristata*, as agregações de atropelamentos de um ano de pesquisa se estenderam do quilômetro 62 a 70 (Figura 16). Não foram encontradas agregações para a estação chuvosa. Para a estação seca, os *hotspots* de atropelamentos se localizaram do quilômetro 61 a 71. Assim, de maneira geral, os *hotspots* de atropelamentos de *Cariama cristata*, se localizaram do quilômetro 61 a 71. A paisagem de entorno dos *hotspots* de atropelamentos de *Cariama cristata* foi caracterizada pela presença de pastagens e alguns fragmentos de mata ou Cerrado.

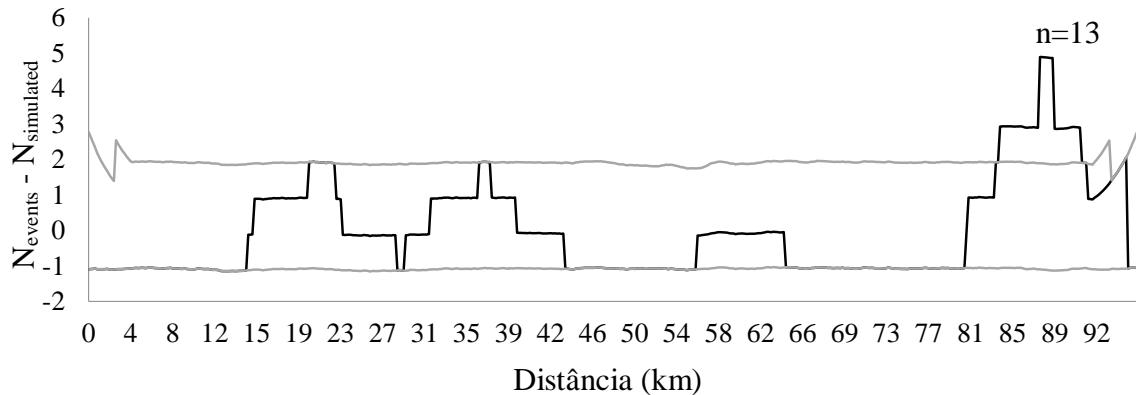


FIGURA 15: Localização das agregações de atropelamentos de *Hydrochoerus hydrochaeris*. Linha preta - A função $N_{\text{events}} - N_{\text{simulated}}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

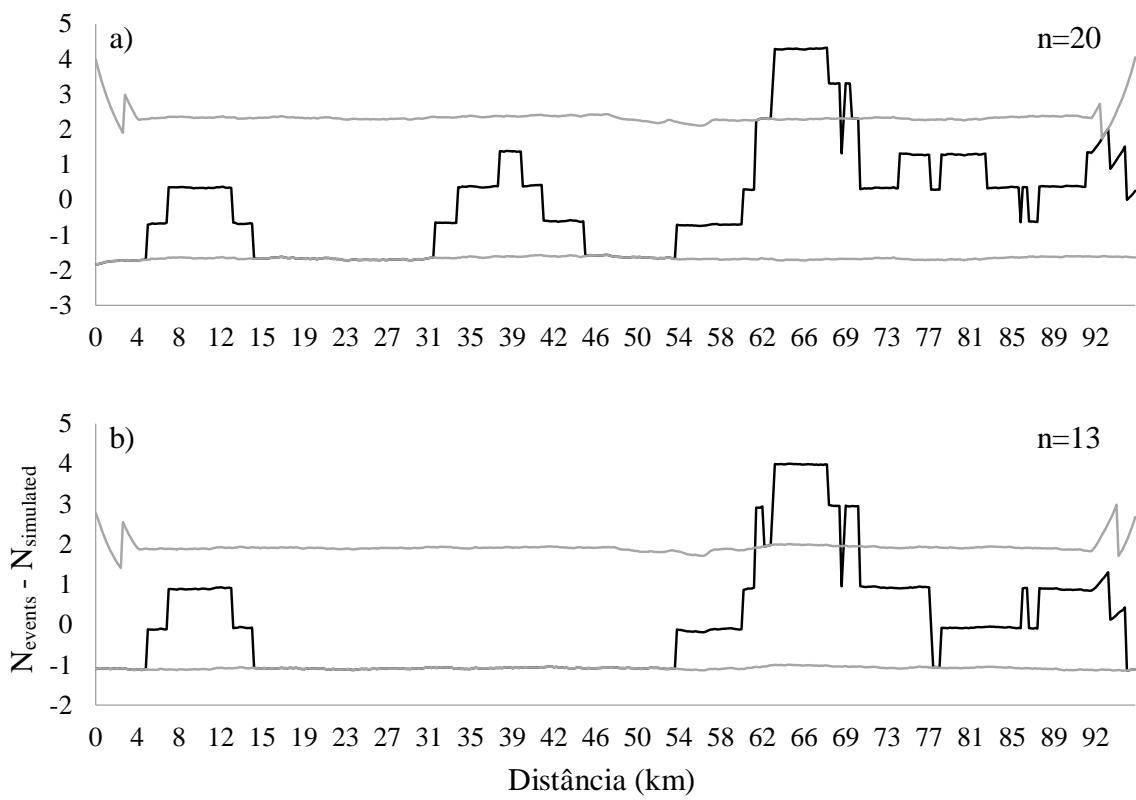


FIGURA 16: Localização das agregações de atropelamentos de *Cariama cristata*. Linha preta - A função $N_{\text{events}} - N_{\text{simulated}}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior. a) *hotspots* do ano inteiro, b) *hotspots* da estação seca.

As agregações de atropelamentos de *Boa constrictor amarali* se estenderam entre os quilômetros: 78 a 80, 81 a 84 e 85 a 94 (Figura 17). A paisagem de entorno dos *hotspots* de *Boa constrictor amarali* foi caracterizada pela presença de pastagem com fragmentos de mata e vereda.

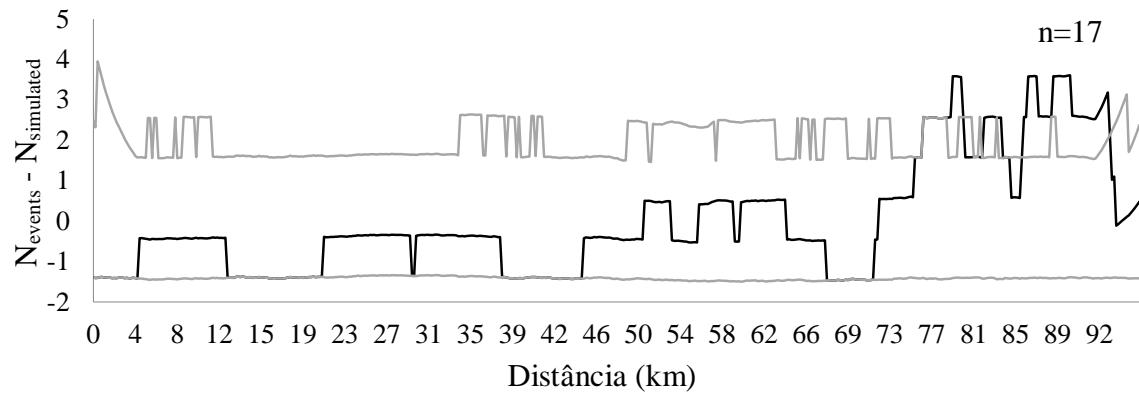


FIGURA 17: Localização das agregações de atropelamentos de *Boa constrictor amarali*. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

Apesar de não terem sido detectadas agregações para répteis analisando dados de um ano inteiro de coleta e nem na estação chuvosa, foram encontradas agregações para esse grupo na estação seca. Na referida estação, os *hotspots* de atropelamentos de répteis se estenderam dos quilômetros 55 a 61 (Figura 18). A paisagem de entorno dos *hotspots* de répteis foi caracterizada pela presença de pastagem com fragmentos de mata e vereda.

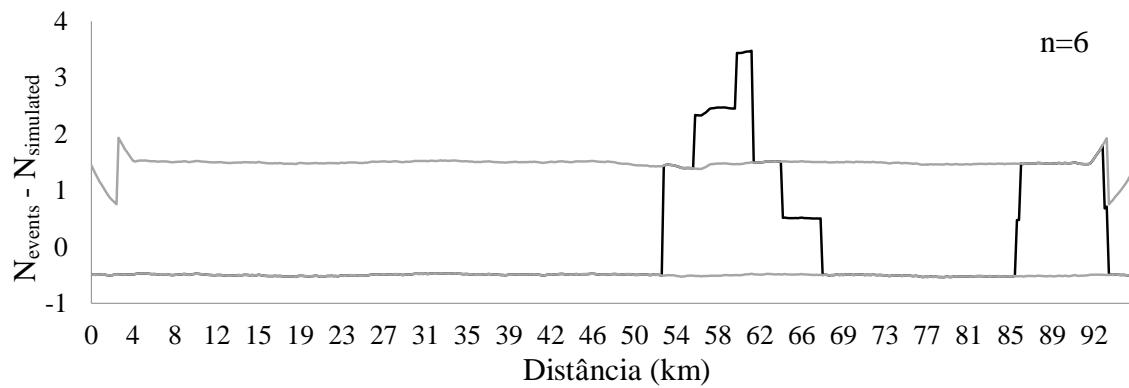


FIGURA 18: Localização das agregações de atropelamentos de répteis. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

As agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres se estenderam entre os quilômetros: 16 a 27, 82 a 84, 87 a 89; com maior intensidade entre os quilômetros 18 a 24 (Figura 19). Não foram encontradas agregações de atropelamentos para esse grupo na estação seca. Para a estação chuvosa, os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres se localizaram entre os quilômetros: 16 a 27, 82 a 86 e 88 a 89, 90; com maior intensidade entre os quilômetros: 17 a 24. Assim, de maneira geral, os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres se localizaram entre os quilômetros 16 a 27, 82 a 86 e 87 a 89. A paisagem de entorno dessas agregações de atropelamento foi identificada como sendo antropizada (agricultura ou pastagem), porém, com alguns fragmentos de mata presentes, vereda ou cerrado.

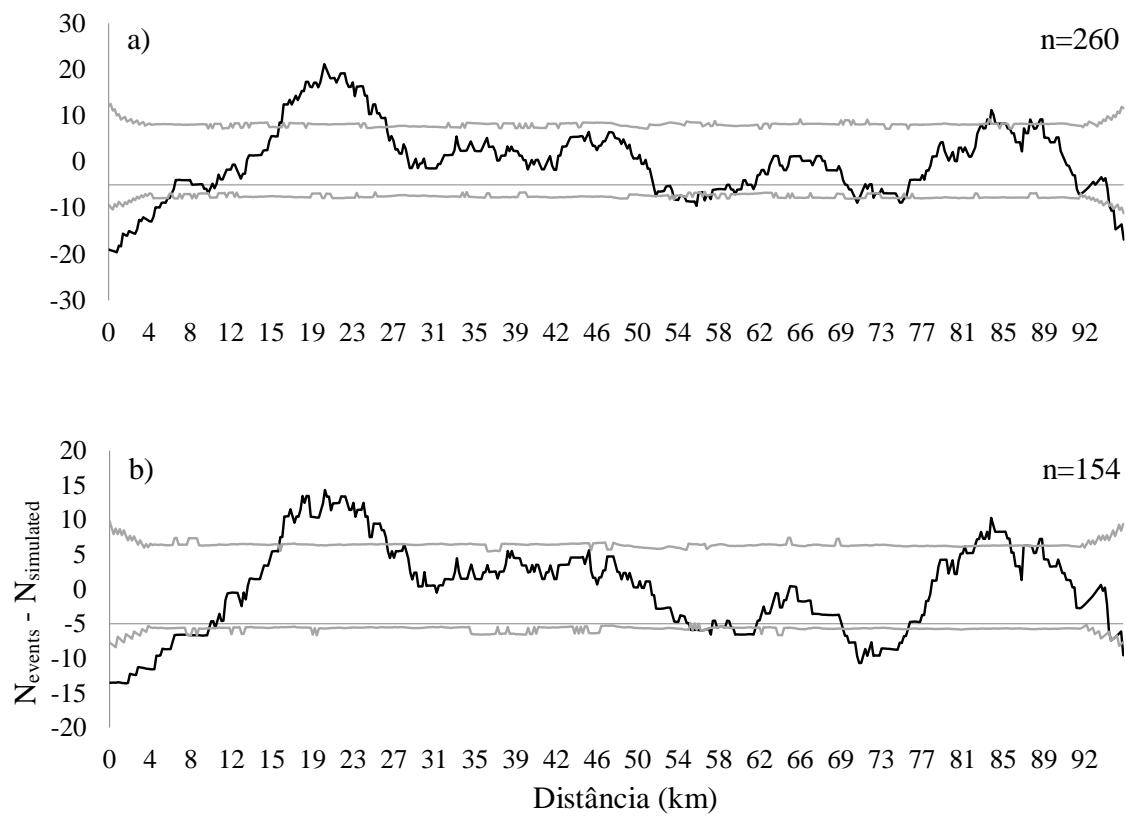


FIGURA 19: Localização das agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior. a) *hotspots* do ano inteiro, b) *hotspots* da estação chuvosa.

Foram encontradas agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres entre os quilômetros: 16 a 25, 38, 83 a 84, 85 a 86 e 87 a 89; sendo mais intensas entre os quilômetros: 20 a 22 (Figura 20). Para a estação chuvosa, os *hotspots* de atropelamentos localizaram-se entre os quilômetros: 16 a 25, 78 a 85 e 88 a 89; sendo mais intensos entre os quilômetros: 20 a 21 e 78 a 79. Já para a estação seca não foram identificadas agregações de vertebrados silvestres atropelados. De maneira geral, os *hotspots* de atropelamentos de vertebrados silvestres foram localizados entre os quilômetros 16 a 25, 38, 78 a 89. Da mesma forma que a paisagem de entorno dos atropelamentos de mamíferos silvestres, a paisagem de entorno das agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres foi identificada como sendo antropizada (agricultura ou pastagem), porém, com alguns fragmentos de mata presentes, vereda ou cerrado.

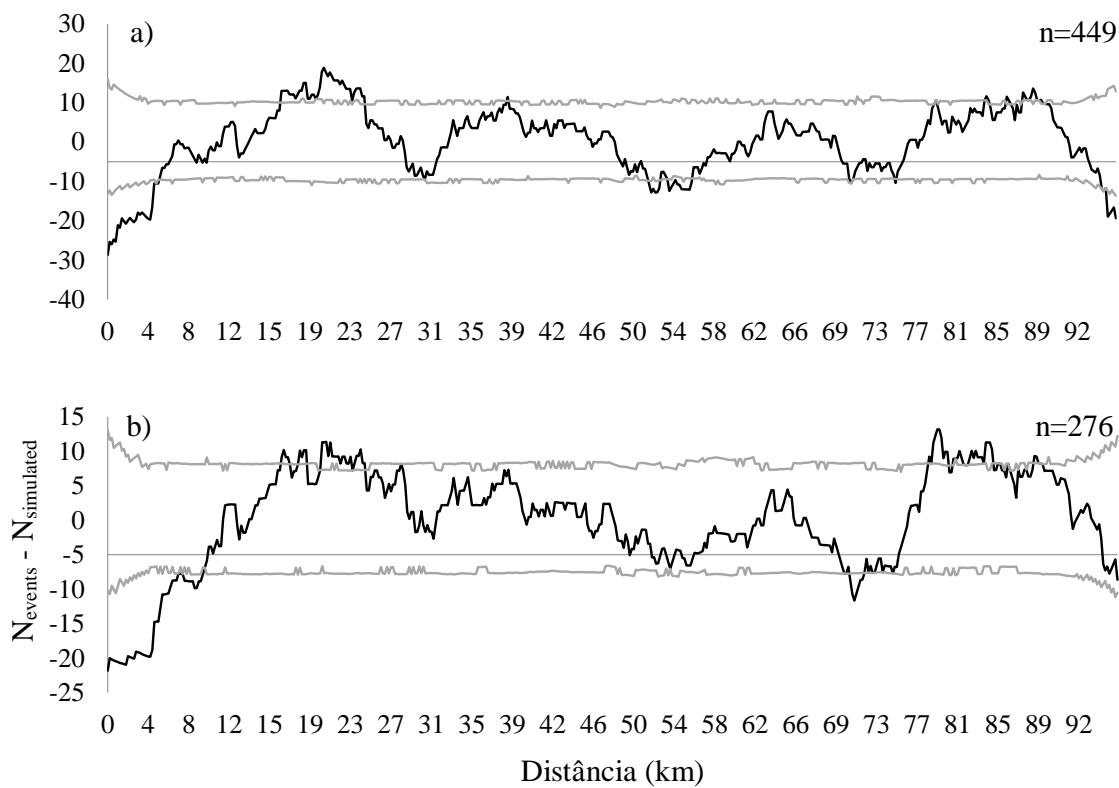


FIGURA 20: Localização das agregações de atropelamentos de vertebrados silvestres. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior. a) *hotspots* do ano inteiro, b) *hotspots* da estação chuvosa.

No momento da comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres e vertebrados silvestres foi possível perceber que estas se sobrepõem ($r=0,895$; $gl=498$; $p=0,000$) (Figura 21).

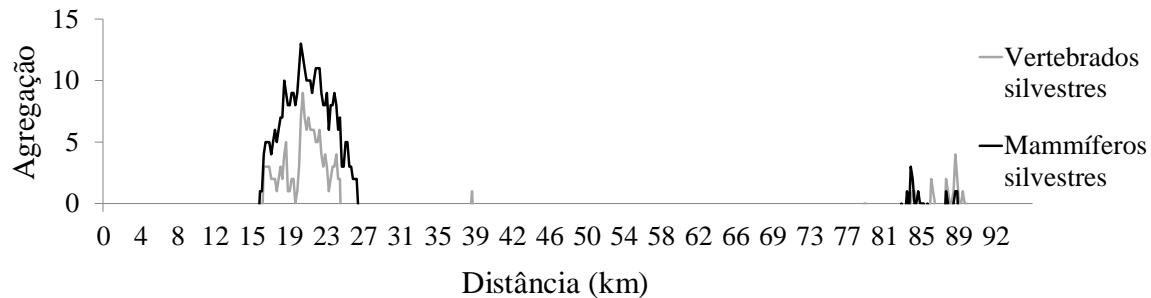


FIGURA 21: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres e vertebrados silvestres.

Quando se comparou a localização dos *hotspots* de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres com a localização dos *hotspots* de algumas espécies de mamíferos percebeu-se que estas diferem moderadamente para *Conepatus semistriatus* ($r=0,402$; $gl=498$; $p=0,000$), para *Hydrochoerus hydrochaeris* ($r=0,511$; $gl=498$; $p=0,000$) e para *Procyon cancrivorus* ($r=0,64$; $gl=498$; $p=0,000$) (Figura 22). Já para *Euphractus sexcinctus* ($r=0,73$; $gl=498$; $p=0,000$) a localização das agregações de atropelamentos dessa espécie não diferem daquelas do grupo mamíferos silvestres.

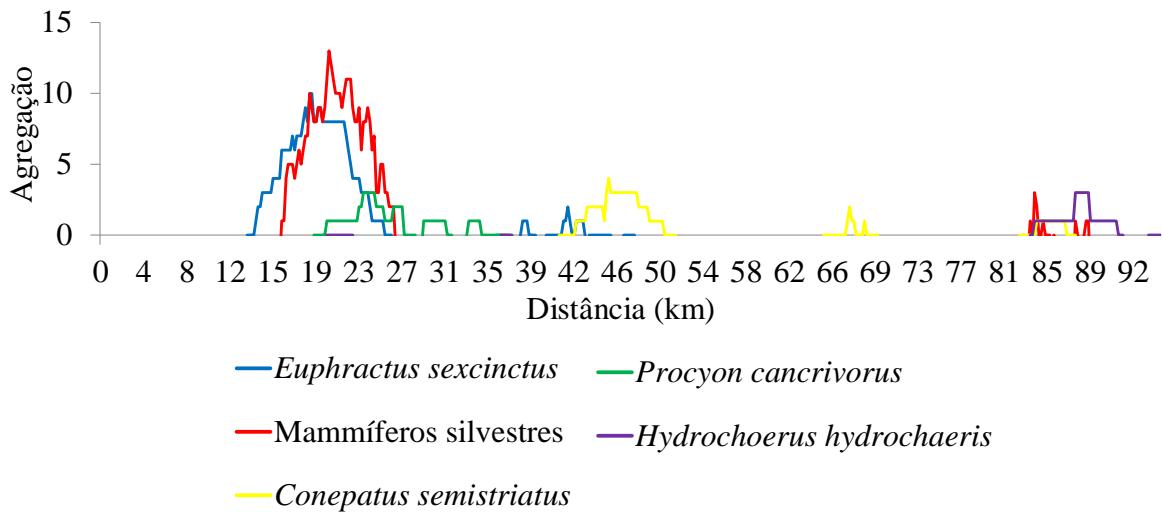


FIGURA 22: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e das espécies *Euphractus sexcinctus*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus* e *Hydrochoerus hydrochaeris*.

Através da comparação da localização dos *hotspots* de atropelamento do grupo mamíferos silvestres e das espécies *Cariama cristata* e *Boa constrictor amarali* foi possível perceber que estas não são coincidentes (*Cariama cristata* $r=-0,119$; $gl=498$; $p=0,008$, *Boa constrictor amarali* $r=0,170$; $gl=498$; $p=0,000$) (Figura 23). Porém, para *Boa constrictor amarali* a localização das agregações de atropelamentos foram coincidentes com as do grupo mamíferos silvestres nos quilômetros 83 a 84 e 87 a 88. Já para *Cariama cristata*, não houve *hotpots* de atropelamentos de mamíferos silvestres na proximidade dos *hotpots* dessa espécie.

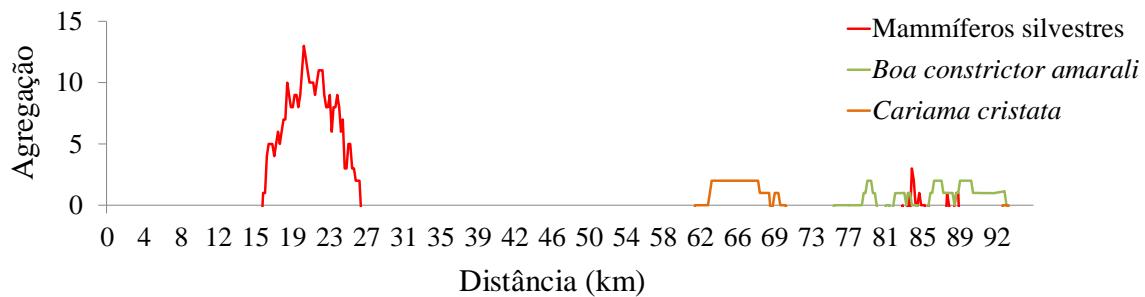


FIGURA 23: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e das espécies *Cariama cristata* e *Boa constrictor amarali*.

Analisando a localização de todos os *hotspots* encontrados, percebeu-se que não há nenhum ponto de agregação de atropelamento para nenhuma espécie ou grupo entre os quilômetros: 0 a 14, 33 a 38, 39 a 41, 51 a 62, 70 a 79 e 93 a 96 (Figura 24). Nos quilômetros 0 a 5, a rodovia ainda encontra-se em perímetro urbano; nos quilômetros 6 a 14 a paisagem de entorno é dominada por agricultura com raros fragmentos de mata, cerrado ou vereda; nos quilômetros 33 a 38 e 39 a 41 a pastagem é a paisagem de entorno mais comum com poucos fragmentos de mata, cerrado ou vereda; a área dos quilômetros 51 a 62 é uma das mais preservadas, porém é um vale de difícil acesso para os animais; nos quilômetros 70 a 78 há a presença de pastagem e alguns fragmentos de mata, cerrado e vereda; nos quilômetros 93 a 96 a rodovia encontra-se novamente em perímetro urbano.

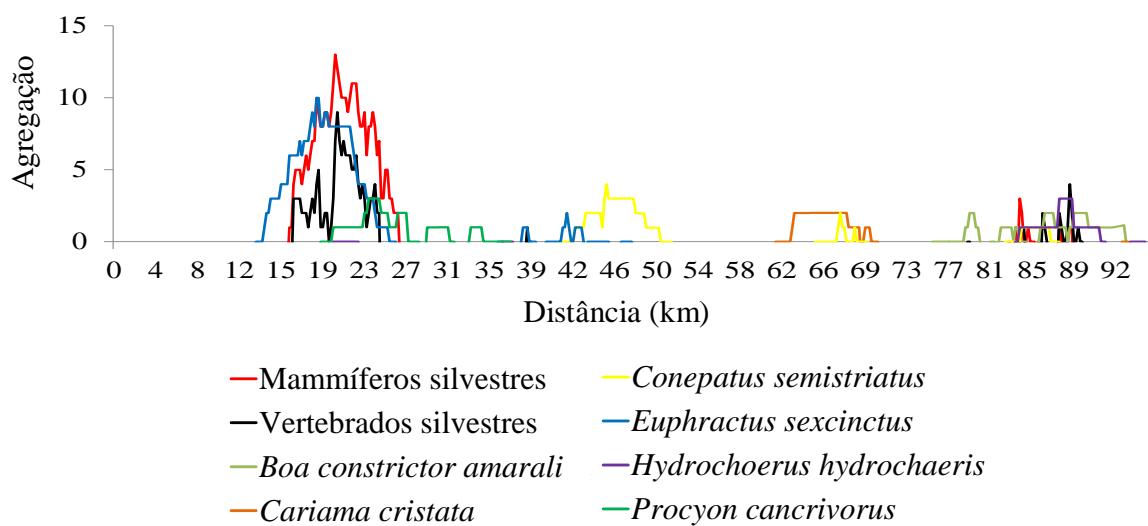


FIGURA 24: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos encontrados na BR-050 no trecho Uberlândia-Uberaba.

3.4 Mamíferos domésticos

Entre os mamíferos atropelados foram registrados 164 (34%) domésticos, 260 (54%) silvestres e 58 (12,0%) indeterminados. Das 21 espécies de mamíferos registradas, cinco são consideradas domésticas: *Canis familiaris*, *Equus caballus*, *Felis catus*, *Lepus europaeus* e *Sus domesticus* e juntos, perfazem 23,8% de todos os vertebrados atropelados.

A taxa de atropelamento de mamíferos domésticos por ida a campo na BR-050, no trecho entre Uberlândia-Uberaba, foi de 0,020 ($\pm 0,008$) indivíduos/km/dia, sendo encontrado no mínimo nenhum animal por dia, no máximo onze e em média 3,714 ($\pm 2,201$) mamíferos domésticos. A taxa mensal de atropelamentos foi 0,610 ($\pm 0,343$) indivíduos/km/mês. A taxa anual de atropelamento foi 7,424 ($\pm 4,173$) indivíduos/km/ano.

Foram detectadas agregações de atropelamentos para mamíferos domésticos e *Canis familiaris* (Figura 25).

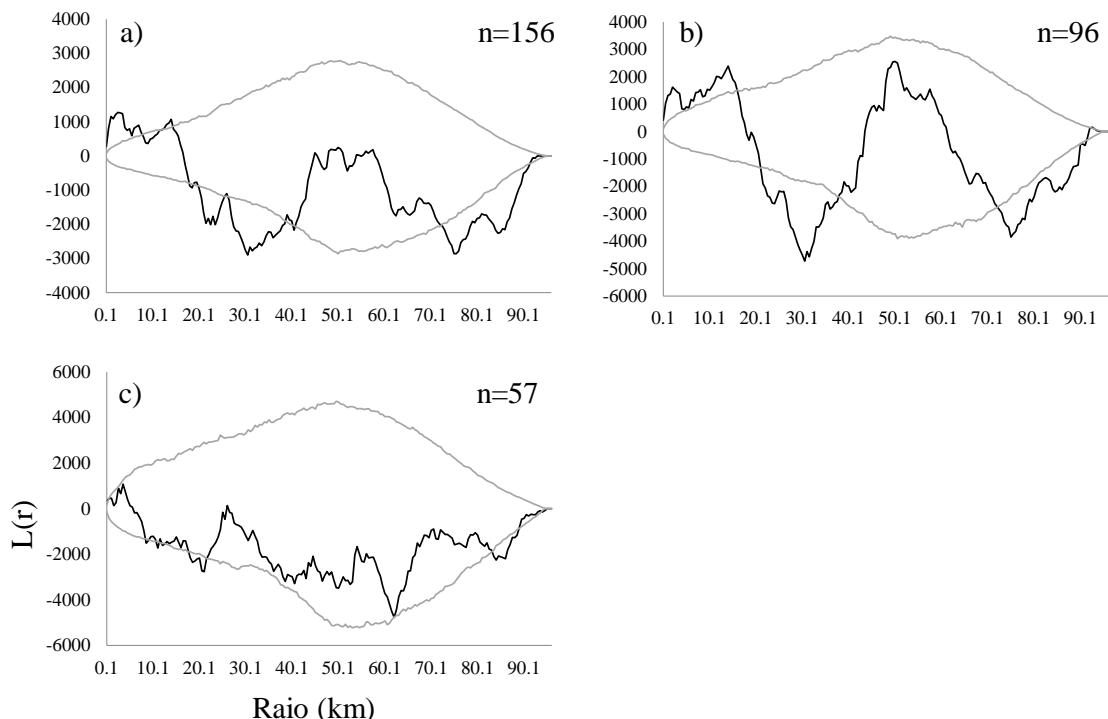


FIGURA 25: Agregações de atropelamentos de mamíferos domésticos de acordo com os raios de análise. Linha preta – função $L(r)$, linhas cinza – limites de confiança superior e inferior a) mamíferos domésticos, b) *Canis familiaris* c) *Felis catus*.

As agregações de atropelamentos de mamíferos domésticos encontraram-se entre os quilômetros: 2 e 4, 5 a 6, 40 a 44, 47 a 49 e 91 a 96, sendo mais intensas entre os quilômetros 39 a 41, 43 a 46, 49 a 51, 69 a 71, 92 a 95 (Figura 26). Estas agregações se localizaram nas proximidades dos centros urbanos (Uberlândia e Uberaba) e de postos de abastecimento.

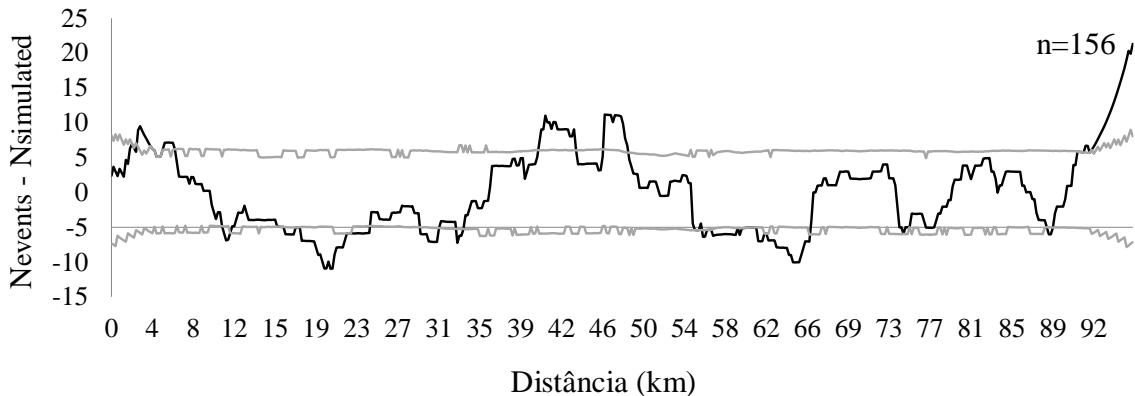


FIGURA 26: Localização das agregações de atropelamentos de mamíferos domésticos. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

Para dados de um ano de coleta de espécimes de *Canis familiaris* atropelados, foram encontradas cinco agregações de atropelamentos, sendo estas entre os quilômetros: 2 a 3, 5 a 6, 40 a 43, 46 a 49 e 93 a 96; com maior intensidade entre os quilômetros 46 a 48 e 95 a 96 (Figura 27). Nas proximidades dos *hotspots* de *Canis familiaris* foram identificados postos de abastecimento ou estão nas proximidades do município de Uberaba.

Foi detectado que os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos domésticos e mamíferos silvestres não se sobrepõem ($r=-0,360$; $gl=498$; $p=0,000$) (Figura 28). O teste estatístico indicou que os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos domésticos se sobrepõem aos de *Canis familiaris* ($r=0,912$; $gl=498$; $p=0,000$) (Figura 29).

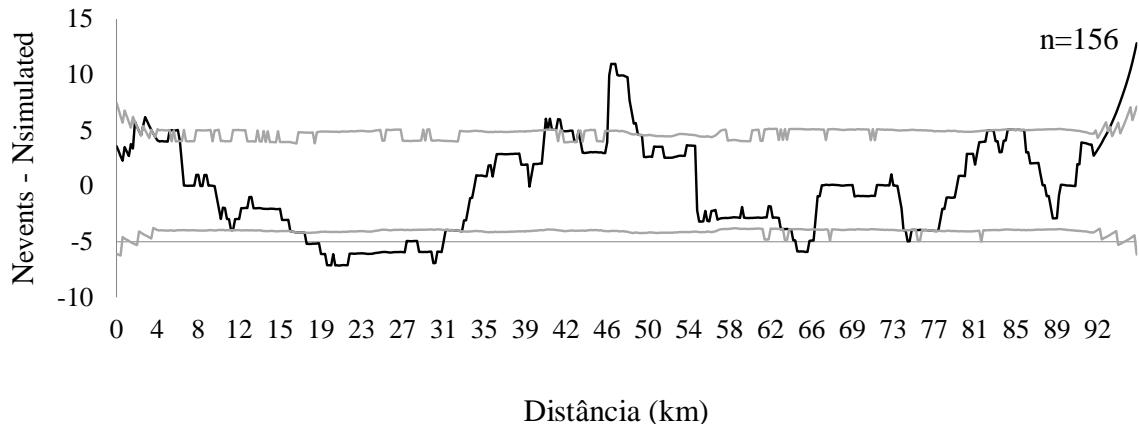


FIGURA 27: Localização das agregações de atropelamentos de *Canis familiaris*. Linha preta - A função $N_{events} - N_{simulated}$, Linhas cinza - limites de confiança superior e inferior.

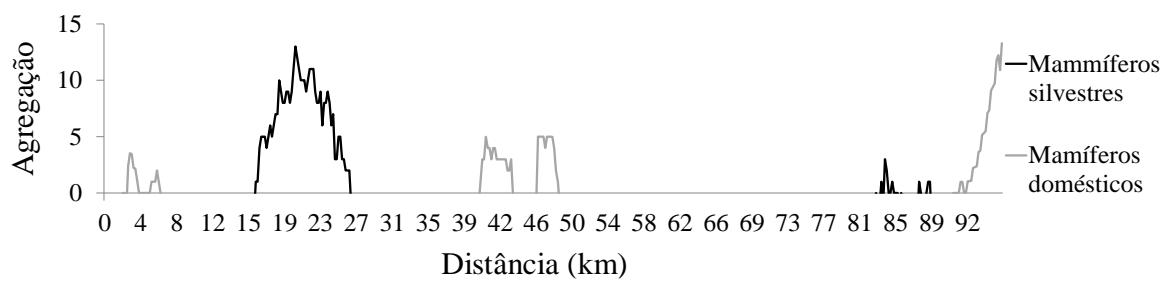


FIGURA 28: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres e mamíferos domésticos.

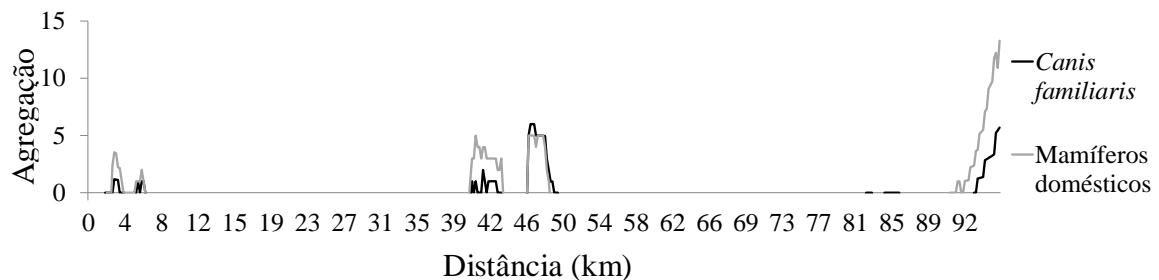


FIGURA 29: Comparação da localização dos *hotspots* de atropelamentos do grupo mamíferos domésticos e *Canis familiaris*.

4. DISCUSSÃO

4.1 Fauna atropelada

A diversidade e abundância de animais atropelados varia muito se compararmos dados originados de diferentes trabalhos brasileiros (ROSA; MAUS, 2004; PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; TURCI E BERNARDE, 2009; CUNHA et al., 2010) (Apêndice B). Apesar de Cunha e colaboradores (2010) terem sido, dentre os cinco trabalhos consultados, aquele com maior esforço amostral em relação à quilometragem percorrida (21.100 km) e número de viagens (n=100), eles encontraram a menor diversidade de espécies (n=25) dentre os trabalhos analisados. Talvez porque percorreram a rodovia a 100 km/h, já que as outras pesquisas utilizaram 40 ou 60 km/h, e sabe-se que quanto maior a velocidade do veículo, mais difícil se torna a visualização de uma carcaça (TEIXEIRA et al., 2013b). Além do que, a paisagem pode ter influenciado os resultados, em função da rodovia que é a área de estudo de Cunha e colaboradores (2010) possuir em sua maioria áreas de pastagem e agricultura, sendo que as únicas áreas preservadas dessa região são aquelas destinadas pelos fazendeiros à reserva legal. Porém, Cunha e colaboradores (2010) amostraram a segunda maior abundância de indivíduos atropelados possivelmente devido ao fato de terem percorrido uma grande quilometragem e de terem executado monitoramentos semanais ao invés de quinzenais ou mensais, aumentando dessa forma a chance de visualização das carcaças, já que o intervalo entre as amostragens é menor.

O presente estudo amostrou a maior diversidade de espécies (n=55) e abundância (n=472) de vertebrados silvestres dentre os demais apresentados, números esses provavelmente explicados pela combinação do uso de uma velocidade mais baixa de percurso (60 km/h), aumentando assim as chances de visualização de uma carcaça; esforço amostral em relação à quilometragem percorrida (8.064 km) e do monitoramento semanal de uma rodovia que é duplicada, já que quanto mais faixas de rolamento possui uma rodovia maior é a probabilidade de um animal ser atropelado (FORMAN; ALEXANDER, 1998; LAURANCE et al., 2009). Rosa e Maus (2004) encontraram a menor abundância de animais atropelados (n=90), amostrando, no entanto, o terceiro maior número relativo à biodiversidade (n=34), talvez pelo fato de

terem amostrado por dois anos, podendo ter contemplado a ocorrência de uma espécie que não foi contemplada no ano anterior por motivos diversos.

Apesar de a área de estudo de Prado e colaboradores (2006) estar situada dentro de uma unidade de conservação, a diversidade de espécies (n=26) e a abundância (n=141) foram as segundas menores dentre os cinco trabalhos consultados, provavelmente, por terem monitorado esse trecho da rodovia durante sete dias consecutivos, uma vez por mês. Com essa frequência de monitoramento, a quantidade de animais encontrada é menor, já que no segundo dia de amostragem serão encontrados somente os animais que foram atropelados naquele dia e assim sucessivamente. Em amostragens semanais, serão encontrados animais que foram atropelados ao longo de uma semana. Ademais, o esforço amostral em relação à quilometragem percorrida foi o terceiro menor (1.612 km).

Melo e Santos-Filho (2007) encontraram a segunda maior diversidade de espécies (n=41), possivelmente porque estudaram uma área parcialmente preservada (43% de Cerrado). Entretanto, a abundância foi uma das menores dentre os trabalhos consultados (n=211), pois a quilometragem total percorrida foi a segunda menor (1.575 km). Turci e Bernarde (2009) encontraram valores intermediários de diversidade de espécies (n=34) e abundância (n=259), pois percorreram o terceiro maior esforço amostral em relação à quilometragem percorrida (3.300 km) em uma área pouco preservada e de pista duplicada.

Diante do exposto, é possível perceber que a variação nos resultados obtidos pelos trabalhos citados acima ocorreu devido às diferenças na metodologia, como esforço amostral, periodicidade, velocidade do veículo, extensão do trecho monitorado, bem como outros aspectos. Ainda, as diferentes características associadas às rodovias, como paisagem de entorno, fluxo de veículos, número de faixas, dentre outras, também influenciam os resultados (CUNHA et al., 2010). Nesse sentido, Rosa e colaboradores (2012) sugerem que os dados devem ser apresentados em taxas de atropelamento, prática que não é comum em trabalhos brasileiros.

Ainda assim, as pesquisas brasileiras referentes ao tema vem utilizando diferentes taxas de atropelamento: N/dia, N/ano e N/km. Porém, Rosa e colaboradores (2012) citam que se faz necessária a incorporação de unidades de espaço e tempo, como

N/km/dia, N/km/ano. Com essa recomendação em mente e com a finalidade de promover futuras comparações com outros trabalhos, no presente estudo, foram apresentadas diferentes taxas de atropelamento, que foram calculadas tanto para a rodovia como um todo, como para os diferentes táxons envolvidos nos atropelamentos.

Este estudo encontrou uma taxa de atropelamento de 0,059 vertebrados silvestres/km/dia. Diferentes pesquisas tem encontrado diferentes taxas de atropelamento: 0,13 animais/km/dia (MELO; SANTOS-FILHO, 2007), 0,078 animais/km/dia (TURCI E BERNARDE, 2009), 0,014 animais/km/dia (CUNHA et al., 2010), 0,082 animais/km/dia (ROSA; MAUS, 2004). Dessa forma, é possível perceber que, apesar da diversidade de espécies e abundância do presente trabalho terem sido as maiores em comparação com os outros cinco trabalhos consultados (ROSA; MAUS, 2004; PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; TURCI E BERNARDE, 2009; CUNHA et al., 2010), a taxa de atropelamento encontrada no trabalho de Melo e Santos-Filho (2007) foi a maior, talvez pelo fato da área de estudo destes autores ser mais preservada. Portanto, percebe-se, que não é aconselhável a comparação somente entre dados de abundância e diversidade de espécies atropeladas (ROSA et al, 2012). É necessário verificar também as taxas de atropelamentos, pois as mesmas diluem o efeito amostral e seus números podem estar mais associados à matriz de entorno, diversidade e abundância de animais e características da pista.

Quanto à abundância de animais atropelados, diversos trabalhos também encontraram que as classes mais afetadas foram mamíferos, aves, répteis e anfíbios, em ordem decrescente de abundância (ROSA; MAUS, 2004; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; CUNHA et al., 2010). Prado e colaboradores (2006) encontraram uma ordem decrescente de abundância para aves, mamíferos, répteis e anfíbios e em Turci e Bernarde (2009) foi encontrada ordem decrescente para anfíbios, aves, répteis e mamíferos. Em compilação sobre trabalhos brasileiros publicados até 2009, Dornas e colaboradores (2012) concluíram que dos estudos que incluíram todas as classes de vertebrados, 56% encontraram aves ou mamíferos como o grupo com maior frequência de atropelamentos. Porém, de acordo com dados disponibilizados pelo CBEE, 90% da fauna atropelada corresponde a pequenos vertebrados, 9% a vertebrados de médio porte e somente 1% a vertebrados de grande porte (CBEE, 2013), fato esse que mostra o quanto subestimados tem sido os grupos de animais de menor porte.

Em relação à diversidade de espécies, Rosa e Maus (2004) encontraram uma diversidade maior para aves, mamíferos, répteis e anfíbios, em ordem decrescente. Vários outros trabalhos encontraram uma diversidade maior para répteis, aves, mamíferos e anfíbios em ordem decrescente (PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; CUNHA et al., 2010) e Turci e Bernarde (2009) encontraram uma diversidade maior para mamíferos, aves, répteis e anfíbios em ordem decrescente.

No presente estudo, as espécies de mamíferos mais atropeladas foram: *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus* e *Tamandua tetradactyla*.

Euphractus sexcinctus possui hábito alimentar onívoro chegando a consumir carniça, assim como *Conepatus semistriatus* e *Cerdocyon thous* (REIS et al., 2010). Tal hábito alimentar aumenta o risco de atropelamento desses animais, haja vista que os mesmos utilizam a rodovia para forragear e pode explicar porque esses animais foram mais atropelados em relação às outras espécies de mamíferos. Além disso, *Conepatus semistriatus* é um animal de locomoção lenta, fator que aumenta o risco desse animal ser atropelado (REIS et al., 2010). *Tamandua tetradactyla* quando em perigo, possui o hábito de ficar na posição ereta, apoiado sobre os membros posteriores e a cauda, deixando as garras e membros anteriores livres para defesa, aumentando dessa forma o risco de atropelamento dessa espécie (REIS et al., 2010).

Recentemente, foi realizada a avaliação do risco de extinção de várias espécies brasileiras e o atropelamento foi citado como ameaça para *Cerdocyon thous* (BEISIEGEL et al., 2013) *Conepatus semistriatus* (CAVALCANTI et al., 2013) e *Procyon cancrivorus* (CHEIDA et al., 2013), para *Euphractus sexcinctus* e *Tamandua tetradactyla* não foi realizada avaliação. Porém, no livro Mamíferos do Brasil, citam-se os atropelamentos como risco à conservação de *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus*, *Procyon cancrivorus* e *Tamandua tetradactyla* (REIS et al., 2011).

Outras pesquisas, realizadas no Cerrado, também encontraram *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus* e *Tamandua tetradactyla* como sendo as espécies de mamíferos mais atropeladas (PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; CÁCERES, 2010; CUNHA et al., 2010; CÁCERES et al., 2012). Em um compilamento das publicações sobre atropelamento de fauna no Brasil, Dornas e colaboradores (2012)

concluíram que *Didelphis albiventris*, *Didelphis aurita*, *Euphractus sexcinctus*, *Myocastor coypus*, *Cerdocyon thous* e *Hydrochoerus hydrochaeris* são as espécies mais atropeladas. Assim, as espécies de mamíferos mais vitimadas por atropelamentos no presente trabalho são as mesmas encontradas no bioma Cerrado, porém, pouco diferentes daquelas encontradas no Brasil. A espécie *Nasua nasua* que é comumente encontrada atropelada em outras pesquisas (MELO; SANTOS-FILHO, 2007 ; CUNHA et al., 2010; CÁCERES et al., 2011; CÁCERES et al., 2012), não foi amostrada no presente estudo. *Conepatus semistriatus* que foi uma das espécies mais atropeladas nesse estudo, não foi encontrada em outros trabalhos (PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; CÁCERES, 2010; CUNHA et al., 2010; CÁCERES et al., 2012).

Cáceres (2012) calculou um índice de impacto da rodovia sobre a abundância de mamíferos silvestres. Ele encontrou que *Cerdocyon thous*, *Euphractus sexcinctus*, *Myrmecophaga tridactyla*, *Tamandua tetradactyla* e *Dasyurus novemcinctus* estão propensos ao atropelamento. Já primatas, cervídeos, pecarídeos, felídeos, irara, cutia, anta e outras espécies de grande porte estão evitando as rodovias ou escapando das colisões com veículos. Tais resultados de Cáceres (2012) corroboram com aquelas obtidos pela presente pesquisa.

Neste trabalho, as espécies de aves mais atropeladas foram *Cariama cristata* e *Rupornis magnirostris*, assim como em Cunha e colaboradores (2010), também no bioma Cerrado. Dornas e colaboradores (2012) encontraram *Crotophaga ani*, *Athene cunicularia* e *Volatinia jacarina* como as espécies de aves mais atropeladas no Brasil. Assim, ocorre uma variação das espécies de aves atropeladas coletadas por diversos trabalhos (ROSA; MAUS, 2004; PRADO et al., 2006; MELO; SANTOS-FILHO, 2007; TURCI; BERNARDE, 2009; CUNHA et al., 2010), diferenças essas possivelmente explicadas por ocuparem diferentes tipos de biomas. Portanto, é necessário levar em consideração o endemismo e a ocorrência da espécie em determinado bioma, tomando o cuidado de comparar dados oriundos desse mesmo bioma. Ainda, é possível perceber que em qualquer pesquisa, independentemente do bioma, poucas espécies apresentam um alto número de indivíduos atropelados, ou seja, são mais abundantes, sendo que a maioria das espécies possui poucos indivíduos atropelados. Além disso, a maioria das

espécies encontradas atropeladas são espécies comuns e não se encontram ameaçadas de extinção.

Cariama cristata possui hábitos terrestres, característica que aumenta o risco de atropelamento dessa espécie (SICK, 1997). *Rupornis magnirostris* possui hábito alimentar generalista, chegando a consumir carcaça, fato que contribui para essa espécie ser uma das mais atropeladas na área de estudo (SICK, 1997).

Neste estudo, as espécies de répteis mais atropeladas foram *Boa constrictor amarali*, *Crotalus durissus collilineatus* e *Salvator merianae*. *Boa constrictor amarali* também foi uma das espécies mais atropeladas em vários trabalhos (PRADO et al., 2006; TURCI; BERNARDE, 2009; CUNHA et al., 2010), assim como *Crotalus durissus* e *Salvator merianae* (ROSA; MAUS, 2004). Dornas e colaboradores (2012) contabilizaram *Helicops infrateniatus* e *Salvator merianae* como as espécies de répteis mais atropeladas no Brasil. Dessa forma, as espécies de répteis mais atropeladas no Brasil são semelhantes àquelas encontradas no presente trabalho. Para ofídios, deve-se levar em consideração que os atropelamentos podem ser propositais. Turci e Bernarde (2009) relataram ter observado motoristas, chegando a direcionar o veículo ao acostamento para atropelar esses animais. Em estudo no sul de Minas Gerais, Secco e colaboradores (2012), utilizando moldes de serpentes, observaram que 38,5% dos atropelamentos de serpentes foram intencionais.

Assim como em outros trabalhos (TURCI; BERNARDE, 2009; DORNAS et al., 2012), o gênero mais atropelado dos anfíbios foi *Rhinella* spp. Porém, como a abundância de anfíbios aqui registrada foi muito pequena, comparações com outros trabalhos tornam-se inviáveis. Foi registrada uma menor abundância de anfíbios em relação aos outros grupos, possivelmente devido à dificuldade de avistar as carcaças desse grupo a uma velocidade de 60 km/h, já que esses animais são de pequeno porte (ROSA et al., 2012), além do fato desses animais serem altamente sazonais.

A despeito de sua importância, as taxas de atropelamento estão subestimadas, fato que ocorre frequentemente nos trabalhos brasileiros (ROSA et al., 2012). Essa subestimação das taxas de atropelamento ocorre em função da remoção das carcaças por fatores diversos, como: vento, chuva, veículos, animais carniceiros, processo de decomposição (ROSA et al., 2012) e também pelas limitações de

visualização impostas pela metodologia (FREITAS, 2009). Ainda, muitos animais não morrem no momento da colisão, conseguindo chegar até a vegetação, mas acabam morrendo devido aos ferimentos causados pelo acidente (WEISS; VIANNA, 2007). Teixeira e colaboradores (2013b) observaram que carcaças menores persistem menos tempo sobre a rodovia, assim como anfíbios e aves quando comparados a répteis e mamíferos. Além disso, esses autores verificaram também que monitoramentos de carro apresentaram uma detecção de indivíduos atropelados bem menor do que a pé. Dessa forma, o tipo de método utilizado neste trabalho não foi adequado para amostrar as espécies de pequeno porte. Bager e Rosa (2011) demonstraram que mesmo monitoramentos semanais não são suficientes para amostrar a diversidade de vertebrados atropelados em uma área, sendo adequados somente para répteis e mamíferos de médio e grande porte. Portanto, para levantar a diversidade de anfíbios, pequenas aves, pequenos mamíferos e répteis, seria necessário executar monitoramentos com periodicidade maior que semanais e a pé (ROSA et al., 2012).

Apesar de haver anos de coleta de dados de animais mortos por colisões com veículos, ainda não se sabe como esta mortalidade está afetando as populações locais das espécies que sofrem atropelamentos (BAGER; FONTOURA, 2012), já que as taxas de atropelamento por si só não refletem o real *status* de conservação das espécies. Para compreender os efeitos das estradas nas populações faz-se necessário estimar a abundância, avaliar o sucesso reprodutivo e quantificar o fluxo gênico nas populações (GRILLO, 2012). Mesmo assim, altas taxas de atropelamento mostram o forte impacto advindo de empreendimentos lineares que essas espécies vem sofrendo no bioma Cerrado, apesar de muitas espécies, como *Cerdocyon thous*, serem consideradas espécies adaptadas às alterações ambientais (LEITE et al., 2012). De toda forma, atropelamentos devem ser considerados indícios de impacto e complementados com outras informações, sobretudo abundância, área de vida das espécies afetadas e entendimento dos seus efeitos nos parâmetros nacionais (BAGER; FONTOURA, 2012).

Apesar de a área de estudo estar altamente antropizada, foram encontradas algumas espécies ameaçadas de extinção. Ademais, encontrou-se também neste estudo, um número alto relativo à abundância e diversidade quando comparado a outros trabalhos. Primeiramente, este fato realça a importância de se realizar medidas que visem mitigar os atropelamentos das espécies ameaçadas de extinção, considerando-se

que estando ameaçadas de extinção, a perda de poucos indivíduos pode ter uma grande influência negativa na sobrevivência da população. Além disso, a presença de animais ameaçados de extinção na área comprova a importância da preservação dos remanescentes de Cerrado ainda presentes na área para a conservação da biodiversidade do bioma Cerrado e dessas espécies.

4.2 Sazonalidade e relações entre atropelamentos, variáveis climáticas e volume médio diário de veículos VDM.

Como esperado, a temperatura média mensal, umidade relativa do ar e precipitação total mensal mostraram-se sazonais, com maiores índices na estação chuvosa. Gumier-Costa e Sperber (2009) também observaram essa relação para a precipitação total mensal.

A relação entre os atropelamentos e a sazonalidade varia bastante entre os grupos de vertebrados silvestres. No presente estudo, foi encontrada diferença nas taxas de atropelamentos de vertebrados silvestres entre as estações seca e chuvosa, sendo que as taxas de atropelamentos de vertebrados silvestres foram maiores na estação chuvosa. Alguns trabalhos encontraram um maior número de registros de vertebrados atropelados no período da seca (PRADO et al., 2006; TURCI; BERNARDE, 2009), porém essa diferença não foi significativa (MELO; SANTOS-FILHO, 2007). A hipótese utilizada por alguns autores para explicar esse incremento de atropelamentos na estação seca é que devido aos recursos estarem escassos, pode haver um aumento na mobilidade dos animais, aumentando a frequência de atropelamento nas rodovias (PRADO et al., 2006, MELO; SANTOS-FILHO, 2007, BUENO; ALMEIDA, 2010, CUNHA et al., 2010). Outros trabalhos não encontraram diferença estatisticamente significativa nos atropelamentos entre a estação seca e chuvosa para vertebrados silvestres (MILLI; PASSAMANI, 2006; HENGEMÜHLE; CADEMARTORI, 2008; CUNHA et al., 2010).

No presente trabalho, foi encontrada uma relação positiva entre os atropelamentos de vertebrados silvestres e a umidade relativa do ar e a precipitação, já

que essas são variáveis correlacionadas. Gumier-Costa e Sperber (2009) sugerem que essa relação positiva entre variáveis climáticas e atropelamentos pode ser resultado da sincronização da floração e frutificação de diversas espécies vegetais aumentando a atividade e movimentação da fauna. Reynier e colaboradores (2012), no Amazonas, não constataram relação entre os atropelamentos de vertebrados silvestres e precipitação e pluviosidade, assim como Santana (2010), no Rio Grande do Sul e Gumier-Costa e Sperber (2009), no Pará. Assim, a taxas de atropelamento de vertebrados silvestres são influenciadas pelas diferenças estacionais e por variáveis climáticas.

Neste estudo, não foi identificada diferença na taxa de atropelamentos de mamíferos silvestres entre as estações seca e chuvosa. Hegel e colaboradores (2012) no Rio Grande do Sul encontraram diferença na abundância de mamíferos silvestres atropelados entre as estações, ocorrendo mais atropelamentos na primavera e verão. Bueno e Almeida (2010) na BR-040, entre Rio de Janeiro e Juiz de Fora, localizaram um maior número de mamíferos silvestres atropelados na estação seca. Cáceres e colaboradores (2012), não encontraram diferença nos atropelamentos entre as estações do ano. Nesta pesquisa não foi encontrada relação entre os atropelamentos de mamíferos silvestres e temperatura e pluviosidade, assim como em Hegel e colaboradores (2012) e Santana (2010). Diferentemente, Leite e colaboradores (2012), no Sul do Paraná, encontraram relação positiva entre os atropelamentos de mamíferos silvestres e temperatura, de acordo com estes autores, o fator temperatura tem grande influência no comportamento dos animais silvestres. Devido à latitude da área de estudo de Leite e colaboradores (2012), as diferenças de temperatura entre estação seca e chuvosa podem ser mais pronunciadas.

Da mesma forma que no presente estudo, Freitas (2009) na rodovia entre Araxá (MG) e Franca (SP) encontrou uma maior ocorrência de atropelamentos de répteis na estação chuvosa, já que os répteis são animais altamente sazonais (ROSA et al., 2012). Devido às características intrínsecas desse grupo, no presente estudo, foi encontrada uma relação positiva entre os atropelamentos de répteis e a temperatura média e precipitação total mensal. Santana (2010) também verificou o mesmo resultado para a precipitação total mensal e umidade relativa do ar, porém, na presente pesquisa não foi encontrada relação entre os atropelamentos de répteis com essa última variável.

Não foi encontrada sazonalidade nas ocorrências de atropelamentos de aves (MILLI; PASSAMANI, 2006), assim como não foi constatado relação entre os atropelamentos desse grupo e variáveis climáticas. No entanto, Santana (2010) encontrou relação entre os atropelamentos desse grupo e a temperatura, já que a dispersão de juvenis após eventos reprodutivos pode aumentar o número de indivíduos e espécies atropeladas (ROSA et al., 2012).

De acordo com Rosa e colaboradores (2012), os mamíferos de médio e grande porte sofrem menor influência das variações climáticas, assim como as aves. Assim sendo, os répteis e anfíbios são os animais que mais sofrem influência da sazonalidade, havendo um incremento na abundância dos atropelamentos desses grupos durante a estação chuvosa.

Apesar de não ter sido encontrada sazonalidade para mamíferos silvestres e aves, quando analisadas as espécies mais abundantes, foi encontrada uma maior taxa de atropelamentos na estação chuvosa para *Euphractus sexcinctus*, assim como para *Boa constrictor amarali*. Já para *Cariama cristata* as taxas de atropelamentos foram maiores na estação seca. De toda forma, as diferenças estacionais nas taxas de atropelamentos dessas espécies podem estar relacionadas a certos períodos da história de vida desses animais (nascimento, provisionamento dos jovens, mãe e jovem caçando, dispersão e reprodução) e esses períodos variam de espécie para espécie (GRILLO et al., 2009), o que pode explicar tais variações nos períodos em que ocorre um incremento nos índices de atropelamentos.

Não foi encontrada sazonalidade para *Cerdocyon thous*, *Procyon cancrivorus* e *Conepatus semistriatus*. Esses resultados devem estar relacionados à biologia e história de vida de cada espécie e mais estudos sobre esse assunto devem ser realizados já que se conhece pouco sobre algumas dessas espécies.

No presente trabalho, não foi encontrada relação entre o volume médio diário de veículos e os atropelamentos de vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, aves e répteis. Bueno e Almeida (2010) não encontraram correlação entre os atropelamentos de mamíferos silvestres e o VDM. Já Coelho e colaboradores (2008) identificaram uma relação positiva entre o VDM e os atropelamentos de répteis. Esses autores justificam essa relação devido ao fato do período de maior fluxo de veículos

coincidir com o período de maior atividade dos répteis. Dessa forma, provavelmente, não foi detectada relação entre os atropelamentos da fauna silvestre e o VDM devido ao fato de no presente estudo o VDM não ter sofrido influência nem da sazonalidade, nem das variáveis climáticas.

Então, a variação temporal da riqueza de espécies e abundância de atropelamentos pode estar relacionada às diferenças no tráfego de veículos durante o ano e maior mobilidade e/ou abundância da fauna durante certos períodos do ano (COELHO et al., 2008). Esses períodos podem incluir as estações de reprodução e dispersão e variações temporais das características da paisagem e disponibilidade de recursos (COELHO et al., 2008).

4.3 Agregações de atropelamentos

Os trabalhos científicos tem utilizado diferentes metodologias para avaliar se existem trechos com maiores índices de atropelamentos. Prado e colaboradores (2006), em área de Cerrado, dividiram a rodovia da sua área de estudo em quatro trechos de cinco quilômetros e não encontraram diferenças significativas entre os trechos no grau de incidência de atropelamentos de vertebrados silvestres. Hengemühle e Cademartori (2008) pesquisaram um trecho de 12 quilômetros da rodovia entre Osório e Torres, no estado do Rio Grande do Sul e fracionaram esse trecho em 12 sub-trechos de um quilômetro, não encontrando diferença significativa no número de atropelamentos de vertebrados silvestres entre estes trechos.

Resultados diferentes foram encontrados no presente estudo, onde foi encontrada agregação de atropelamentos para os vertebrados silvestres. Weiss e Vianna (2012), estudando um trecho de rodovia entre Apucarana e Curitiba, Paraná, dividiram a extensão total da área de estudo em 36 trechos de dez quilômetros e analisaram visualmente os trechos com maior incidência de atropelamentos de vertebrados silvestres. Do total, as pesquisadoras encontraram cinco trechos com mais de 150 vertebrados atropelados.

Também visualmente, Milli e Passamani (2006), na Rodovia Josil Espíndula Agostini (ES-259), localizaram trechos com maior índice de atropelamentos de

vertebrados silvestres. Assim como Meneguetti e colaboradores (2010), estudando a rodovia entre Ouro Preto do Oeste e Vale do Paraíso – RO, dividiram a área de estudo em nove sub-trechos de quatro quilômetros. Eles encontraram um maior número de mortes em duas áreas, quando comparado aos outros sub-trechos. Cunha e colaboradores (2010) também em área de Cerrado, dividiram a rodovia em trechos de 10 km para analisar a variação espacial dos atropelamentos de vertebrados silvestres e encontraram três trechos críticos.

Freitas (2009), estudando as rodovias entre Araxá (MG) e Franca (SP), encontrou agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres. Na MG-428, 14 km do total de 97 km apresentaram uma maior quantidade de atropelamentos, já na SP-334, esse valor correspondeu a 12 km de um total de 63 km. No presente trabalho, 17 km de um total de 96 km apresentaram agregação de atropelamentos de vertebrados silvestres.

Costa (2011) investigando um trecho da BR-101, em Santa Catarina, encontrou visualmente uma maior quantidade de atropelamentos de mamíferos de pequeno e médio porte em determinados trechos da rodovia.

Estudando uma rodovia no Pará, cuja área de entorno é caracterizada por florestas de mangue, fragmentos de terra firme e manchas de campo salino, Pereira e colaboradores (2006) encontraram uma variação significativa no número de mamíferos de médio e grande porte atropelados ao longo de 36 km. Dois trechos resultaram em um maior número de atropelamentos. No presente estudo, também foram identificadas áreas com um maior número de atropelamentos de mamíferos silvestres de médio e grande porte.

A maioria dos trabalhos acima citados analisou visualmente a existência ou não de *hotspots*. No entanto, considera-se muito subjetiva esse tipo de análise, uma vez que o pesquisador define as áreas que considera como aquelas de maior ocorrência de atropelamentos, sem que tenha havido uma análise estatística para comprovar ou refutar sua percepção. Por isso, faz-se necessária a utilização de métodos estatísticos para investigar a existência de *hotspots* de atropelamentos, excluindo dessa forma, a subjetividade do pesquisador.

O Programa Siriema v1.1 (COELHO et al., 2011) permite que o pesquisador primeiramente teste em quais escalas (tamanho de circunferência) existem agregações

de atropelamentos e só após isso é que se define que escala será utilizada para avaliar a localização dos atropelamentos. Quanto menor a escala utilizada para analisar os dados, mais refinados são os resultados (COELHO et al., 2011). Desta maneira, o programa Siriema v1.1 parece ser uma boa ferramenta para testar e localizar estatisticamente as agregações de atropelamentos, além de ser um programa de livre acesso e de fácil utilização.

Outros trabalhos também utilizaram o Programa Siriema v1.1 (COELHO et al., 2011), o mesmo utilizado na presente pesquisa, a fim de identificar se existem agregações de atropelamentos (COELHO et al., 2008; ESPERANDIO, 2011; CÁCERES et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2013a). Coelho e colaboradores (2008) também encontraram que os atropelamentos de vertebrados silvestres e mamíferos silvestres ocorrem de forma agregada, porém eles também localizaram agregação para aves, o que não foi encontrado no presente estudo. Teixeira e colaboradores (2013a) constataram agregações significativas para mamíferos silvestres, aves e répteis em alguma escala (o programa testa em quais escalas há agregação de atropelamentos). Na presente pesquisa, apesar de não ter sido encontrada agregação de atropelamentos para aves, também foi encontrada agregação de atropelamentos para répteis em alguma escala.

Cáceres e colaboradores (2012), em área de Cerrado, avaliaram a agregação de atropelamentos de determinadas espécies de mamíferos e compararam os agrupamentos entre as estações seca e chuvosa. Para mamíferos silvestres, foram localizados *hotspots* de atropelamentos nas duas estações do ano, neste estudo foram localizados agregações de atropelamentos somente na estação chuvosa. Diferentemente do presente estudo, os autores encontraram agregação de atropelamentos para *Cerdocyon thous* nas duas estações do ano. Para *Tamandua tetradactyla*, Cáceres e colaboradores (2012) constataram agregação de atropelamentos somente na estação chuvosa, sendo que no presente trabalho não foi encontrada agregação de atropelamentos para essa espécie, tampouco para *Dasypus novemcinctus*, que no trabalho de Cáceres e colaboradores (2012), apresentou um pico de agrupamento em maior escala na estação chuvosa. Os citados autores não encontraram *hotspots* de atropelamentos para *Euphractus sexcinctus*, já esta pesquisa encontrou *hotspots* de atropelamentos para essa espécie tanto na estação chuvosa quanto na seca.

Provavelmente, tais diferenças são resultado da interação entre peculiaridades de cada área de estudo, principalmente devido à paisagem de entorno e à biologia dos animais.

Talvez não tenham sido encontradas agregações de atropelamentos para *Cerdocyon thous* devido ao fato de essa espécie ser considerada uma das mais adaptadas às mudanças antrópicas (REIS; PERACCHINI, 2011). Essa adaptação, possivelmente está relacionada ao comportamento alimentar generalista dessa espécie (TROVATI et al., 2007), utilizando, dessa forma, o ambiente de forma homogênea, não precisando se concentrar em determinados locais, já que a espécie encontra os seus recursos alimentares facilmente no ambiente.

Para as categorias aves, répteis e as espécies *Tamandua tetradactyla*, *Dasypus novemcinctus* e *Crotalus durissus collilineatus*, o número de animais atropelados encontrados não deve ter sido suficiente para detectar os *hotspots* de atropelamentos. Freitas e colaboradores (2013) encontraram dificuldade em relacionar os atropelamentos de aves com as características da paisagem de entorno da rodovia devido à alta diversidade e baixa abundância de aves atropeladas. O mesmo pode ser extrapolado para a não ocorrência de *hotspots* de atropelamentos de aves e répteis, já que para esses grupos como um todo não foram identificadas agregações de atropelamentos, porém para uma espécie em particular de réptil e outra de ave, com um número relativamente alto de atropelamentos, foi possível encontrar agregações de atropelamentos.

A existência ou não de agregação (ou seja, o agrupamento ou dispersão) entre os táxons pode refletir diferentes respostas dos animais ao seu habitat, variação espacial e temporal na qualidade de habitat ou condições locais do terreno que possam facilitar ou bloquear o movimento através das estradas (CLEVENGER et al., 2003).

Apesar de terem sido encontradas agregações de atropelamentos para vertebrados silvestres, mamíferos silvestres, *Euphractus sexcinctus* e *Cariama cristata* na estação chuvosa, para *Euphractus sexcinctus*, *Procyon cancrivorus* e *Cariama cristata*, foram localizados *hotspots* de atropelamentos na estação seca. Dessa forma, para *Cariama cristata* e *Procyon cancrivorus* foram encontradas agregações somente na estação seca, provavelmente porque nessa estação os recursos são escassos e concentrados em determinados locais (RICKLEFS, 2010). Assim, apesar de não ter sido

constatada diferenças nas taxas mensais de atropelamentos entre as estações seca e chuvosa para *Procyon cancrivorus*, os *hotspots* de atropelamentos dessas espécies são influenciados pela sazonalidade, já que foram encontradas agregações para essas espécies somente na estação seca.

Porém, para as espécies cujo teste estatístico evidenciou a presença de agregações de atropelamentos em determinada estação do ano, a existência de *hotspots* de atropelamentos na estação onde houve uma maior quantidade de atropelamentos pode ser simplesmente um resultado do maior número de animais atropelados na referida estação. Assim, um maior período de amostragem é necessário para testar a hipótese de que as agregações de atropelamentos se diferenciam entre as estações seca e chuvosa na tentativa de diluir o efeito amostral.

O programa Siriema v1.1 (COELHO et al., 2011), permite estabelecer um peso diferente para cada registro de atropelamento, assim utilizou-se peso dois para as espécies ameaçadas de extinção e peso um para as demais. Porém, essa escolha é subjetiva e pode influenciar os dados de forma que o programa encontre agregações de atropelamento onde na verdade não há. Por isso, optou-se por utilizar somente o valor dois para espécies em extinção. De toda forma, enfatiza-se, nesse sentido, a necessidade de maiores esforços de pesquisas direcionadas para serem desenvolvidas diferentes metodologias que valorizem diferentemente espécies ameaçadas das demais, com menor subjetividade evitando-se, sobremaneira, erros sobre a correta localização dos *hotspots* de atropelamentos.

Analizando a paisagem de entorno dos *hotspots* de atropelamentos, é possível detectar alguns padrões que condizem com os hábitos da espécie ou grupo analisado.

Euphractus sexcinctus habita formações de vegetação aberta, bordas de fragmentos e pode ser encontrado em áreas com pastagens exóticas (REIS; PERACCHINI, 2011). Os *hotspots* de atropelamentos encontrados nesse estudo, em áreas dominadas com agricultura, mas com raros fragmentos de mata, cerrado ou vereda, condizem com os hábitos descritos para a espécie. Ainda, Nowak (1991) cita que *Euphractus sexcinctus* às vezes se torna abundante em torno de plantações, podendo delas se alimentar causando perdas econômicas ao ser humano.

Santana (2010) encontrou uma maior quantidade de atropelamentos para *Conepatus chinga*, espécie congênere que substitui *Conepatus semistriatus* no sul do Brasil, em área de pastagem e agricultura, corroborando os resultados da presente pesquisa, indicando que os *hotspots* de atropelamentos de *Conepatus semistriatus* ocorrem nesse tipo de paisagem. A espécie é generalista e conhecida por apresentar boa tolerância a ambientes perturbados, além de serem registradas em áreas de agro-ecossistemas (CAVALCANTI et al., 2013).

Os *hotspots* de atropelamentos de *Hydrochoerus hydrochaeris* e *Procyon cancrivorus* localizam-se nas proximidades de áreas de vereda. Segundo Reis e colaboradores (2010) essas espécies se distribuem, em geral, perto de rios e lagos (REIS et al., 2010), sendo que *Hydrochoerus hydrochaeris* apresenta hábito semiaquático e se alimenta de gramíneas e vegetação aquática (REIS; PERACCHINI, 2011). *Procyon cancrivorus* se alimenta, principalmente, de moluscos, insetos, caranguejos, anfíbios, répteis, pequenos roedores e frutos (REIS; PERACCHINI, 2011). Tais hábitos podem explicar então a ocorrência de agregações dessas espécies nesse tipo de paisagem.

A paisagem de entorno dos *hotspots* de *Cariama cristata* é caracterizada pela presença de pastagens e alguns fragmentos de mata, Cerrado, já que essa espécie é comum em cerrados, campos sujos e pastagens (SICK, 1997).

A paisagem de entorno dos *hotspots* de *Boa constrictor amarali* e répteis é caracterizada pela presença de pastagem associadas a fragmentos de mata ou vereda. Gunson e colaboradores (2011), analisando 24 trabalhos que tinham como objetivo determinar a influência de vários fatores nos atropelamentos de répteis, concluíram que os atropelamentos deste grupo tendem a aumentar com a presença de corpos d'água.

Apesar de altamente antropizada, na paisagem de entorno dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres, há a presença de fragmentos de mata, cerrado ou vereda. Pereira e colaboradores (2006), em uma rodovia no Pará, encontraram dois trechos que obtiveram um maior número de atropelamentos de mamíferos silvestres: o primeiro, localizado perto de uma ponte, e o segundo, próximo a fragmentos de terra-firme. Da mesma forma, Costa (2011), investigando um trecho da BR-101, em Santa Catarina, identificou visualmente maiores índices de atropelamentos em locais com uma melhor qualidade ambiental. Maia (2013), investigando os efeitos marginais das

rodovias em mamíferos de médio e grande porte no Sul de Minas Gerais, concluiu que fatores direta ou indiretamente relacionados às atividades humanas são os principais responsáveis por determinar a ocupação da mastofauna de médio e grande porte. Freitas (2009) encontrou uma relação positiva entre o número de atropelamentos de mamíferos silvestres e presença de vegetação (mais de 50% de uma faixa de 200 metros com vegetação). Além disso, Freitas (2009) também encontrou que os atropelamentos de mamíferos silvestres aumentam em locais onde há a presença de retas e topografia plana. Deste modo, de acordo com os resultados acima, observa-se que os atropelamentos da mastofauna de médio e grande porte podem ser influenciados pela paisagem de entorno, atividades humanas, presença de retas e topografia da rodovia.

Analizando se existem locais com uma maior quantidade de atropelamentos de vertebrados silvestres, Weiss e Vianna (2012) encontraram cinco trechos com maiores índices de atropelamento. O primeiro é uma área de serra com curvas, aclives e declives acentuados e incidência de neblina. O segundo e terceiro englobam a presença de rios e pista em linha reta. No quarto trecho, é possível encontrar alguns pontos de vegetação exuberante, porém o fluxo de veículos é maior por dar acesso a uma área urbana. O quinto trecho apresenta certo grau de urbanização, aumentando o tráfego de veículos e a predominância de pistas em linha reta.

Hengemühle e Cademartori (2008) identificaram que seis quilômetros consecutivos foram responsáveis por 79% dos atropelamentos de vertebrados silvestres. As autoras sugerem que esse maior número de atropelamentos pode ser devido à presença de vários corpos d'água nessa área. Milli e Passamani (2006) verificaram que os pontos que apresentaram maior índice de atropelamentos foram aqueles aonde a atividade urbana é predominante. Meneguetti e colaboradores (2010) supõem que o número elevado de mortes em dois trechos da rodovia que eles estudaram seja devido a trechos extensos de retas de alta velocidade e a presença de um fragmento florestal às margens da estrada.

Cunha e colaboradores (2010) encontraram três trechos críticos aonde há uma maior quantidade de atropelamentos: o primeiro situa-se entre duas cidades e apresenta um alto tráfego de veículos; o segundo e o terceiro localizam-se em áreas menos urbanizadas, entretanto com um número maior de fragmentos grandes. Essas

informações sobre a paisagem de entorno dos locais onde há agregação de atropelamentos corroboram os resultados do presente trabalho, cuja paisagem de entorno dessas agregações de atropelamentos normalmente é mais antropizada (agricultura ou pastagem), porém, com alguns fragmentos de mata, cerrado e vereda presentes. Adicionalmente, um dos trechos aonde há maiores índices de atropelamentos, situa-se próximo à área urbana de Uberaba.

Corroborando as informações acerca da paisagem de entorno dos atropelamentos de vertebrados silvestres descritas acima, Freitas (2009) encontrou que a presença de reta, vegetação e construções aumentaram a frequência de atropelamentos de vertebrados silvestres, respectivamente em 200%, 126% e 98%. Ainda, Clevenger e colaboradores (2003) no Canadá, concluíram que os vertebrados silvestres estavam 93% menos susceptíveis aos atropelamentos em locais aonde a rodovia se encontra mais elevada que o entorno e 45% em locais aonde a rodovia se encontra de um lado mais elevada que o entorno e no outro menos. Eles concluíram que os animais estão mais propensos a ser atropelados em rodovias de baixa elevação e perto de centros urbanos. Corroborando essas informações, Gumier-Costa e Sperber (2009) detectaram que ocorreu uma redução no número de atropelamentos de vertebrados silvestres com a distância da área urbana. Deve-se somar aos fatores citados por Freitas (2009) e Clevenger (2003), aqueles citados por Hengemühle e Cademartori (2008) e Weiss e Vianna (2012), que argumentam que fatores como a presença de curvas, declives e aclives e corpos d'água aumentam os índices de atropelamentos.

Assim, outros fatores além da paisagem de entorno influenciam as agregações de atropelamentos e precisam ser investigados. Um exemplo disso foi constatado no presente estudo, poia não foram encontrados *hotspots* de atropelamentos para nenhum grupo ou espécie no trecho mais preservado da rodovia. Entretanto, nesse trecho encontra-se um vale, sendo o terreno acidentado, apresentando curvas, declives e aclives, e em muitos pontos a rodovia se encontra mais alta que o entorno. Estes resultados são corroborados pelos resultados apresentados por Clevenger (2003).

Apesar de a metodologia para caracterização da paisagem de entorno dos atropelamentos utilizada neste trabalho ter sido considerada visual, a mesma foi realizada por especialista, porém não foram utilizados testes estatísticos para relacionar

a paisagem de entorno aos atropelamentos. De toda forma, a comparação entre os resultados de diferentes trabalhos mostrou que os atropelamentos da fauna estão relacionados com ao habitat de cada espécie ou grupo (LESBARRERÈS; FAHRIG, 2012), resultado esse também observado nesse trabalho. Entretanto, faz-se necessária uma pesquisa mais refinada sobre a paisagem de entorno dos atropelamentos para obtenção de dados mais específicos, inclusive com testes estatísticos (RIZATTI, 2013).

No presente estudo, foram realizadas comparações entre as localizações dos *hotspots* de atropelamentos de grupos e espécies no intuito de verificar se a localização dos *hotspots* de atropelamentos de um grupo é semelhante a de outro grupo e/ou espécie. A localização dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres e vertebrados silvestres se sobrepõem, já que os mamíferos representam grande parte da categoria vertebrados silvestres. Ainda, não foram encontradas agregações para o grupo vertebrados silvestres excluindo os mamíferos silvestres, ou seja, para aves e répteis juntos. A localização das agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres e de *Euphractus sexcinctus*, *Conepatus semistriatus*, *Procyon cancrivorus* e *Hydrochoerus hydrochaeris* difere em vários trechos, porém elas são moderadamente correlacionadas. Por isso, é possível perceber que a análise da localização das agregações de atropelamentos do grupo mamíferos silvestres não representa todas as espécies, sendo que em alguns locais foram encontrados *hotspots* de atropelamentos para as espécies acima, mas não foram encontrados *hotspots* para o grupo mamíferos silvestres. A localização dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos silvestres difere daquelas de *Cariama cristata* e *Boa constrictor amarali*.

A partir dessas constatações, conclui-se que o grupo mamíferos silvestres não é um bom preditor da localização dos *hotspots* de atropelamentos das espécies mais abundantes de mamíferos, aves e répteis. Assim, faz-se necessário investigar a localização das agregações dos grupos e espécies mais abundantes separadamente a fim de identificar corretamente os locais aonde devem ser instaladas medidas de mitigação. Da mesma forma, Teixeira e colaboradores (2013a) concluíram que a localização das agregações de atropelamento dos grupos de animais (mamíferos, aves e répteis) são diferentes, especialmente quando a análise é efetuada em escalas menores. Ainda, Teixeira e colaboradores (2013a) sugerem que *hotspots* gerais em grande escala sejam

escolhidos primeiramente, para posteriormente, identificar *hotspots* específicos em escalas menores e implementar medidas de mitigação.

Apesar de os resultados do presente estudo terem mostrado que os *hotspots* de atropelamentos de algumas espécies de mamíferos silvestres diferem moderadamente dos *hotspots* do grupo como um todo, torna-se extremamente complicada a análise desses tipos de dados, e ainda mais difícil é a aplicação desses resultados. Assim sendo, os padrões de respostas aos impactos de rodovias em nível de comunidade permitem a obtenção de resultados mais amplos e aplicáveis (MAIA, 2013). Portanto, sugere-se que os *hotspots* de atropelamentos das espécies e dos grupos sejam estudados, mas que no momento da implementação de medidas de mitigação, as mesmas sejam planejadas em nível de comunidade.

A influência do tamanho amostral na avaliação dos padrões espaciais e temporais dos atropelamentos ainda não foi avaliada, mas pequenos tamanhos amostrais dificilmente permitem atingir uma suficiência amostral, levando, provavelmente, à identificação de padrões que não representam a realidade (ROSA et al., 2012). Por isso, estudos que avaliem um período de tempo mais longo são necessários para se obter um tamanho amostral suficiente e também para verificar se os *hotspots* de atropelamentos mudam com o passar dos anos.

Dessa forma, após estabelecer os locais aonde há agregação de atropelamentos, medidas que visem diminuir os índices de atropelamentos devem ser executadas (GLISTA et al., 2009; GRILLO et al., 2010). Recomenda-se a construção de passagens de fauna para mitigar os efeitos dos atropelamentos (GLISTA et al., 2009; LAURANCE et al., 2009; GRILLO et al., 2010). As passagens de fauna devem ser acompanhadas de cercas para direcionar a fauna até as mesmas e também impedir que esses animais atravessem a rodovia (BAGER, 2003; GLISTA et al., 2009; GRILLO et al., 2010). A grande vantagem das passagens de fauna conjugadas com as cercas é que além de impedir os atropelamentos, esse sistema permite que haja fluxo gênico entre as populações (GLISTA et al., 2009, GRILLO et al., 2010).

Pontes e outros dispositivos afins construídos em rodovias podem funcionar como passagens de fauna (LAURANCE et al, 2009). Tubulações para o escoamento de água podem ser modificadas para que os animais silvestres de menor porte consigam

utilizá-las, através de passagens secas, instalando plataformas laterais não-inundáveis (GRILLO et al, 2010), já que o custo é baixo (MATA et al., 2008; LAUXEN, 2012). Recomenda-se que as passagens de fauna tenham no mínimo 1,5 m X 2,6 m para que sejam utilizadas pelos mamíferos de médio e grande porte (GRILLO et al, 2010). As cercas devem possuir mais de 2,5 metros de altura, sendo voltadas para o lado oposto ao da rodovia na extremidade superior para impedir que os mamíferos silvestres pulem ou escalem a mesma (GRILLO et al., 2010). Ademais, devem ser enterradas no substrato para evitar que os animais escavem e consigam ter acesso à rodovia (GRILLO et al., 2010).

Deve-se tomar o cuidado de escolher medidas que condizem com a realidade do local, evitando que os impactos negativos sejam maiores que os benefícios advindos da implantação de medidas de mitigação (WEISS; VIANNA, 2012). O *design* correto e a manutenção das passagens pode mitigar o efeito barreira (MATA et al., 2008) e definir se um sistema de proteção será efetivo.

Os locais indicados para a construção das passagens de fauna podem ser estabelecidos através de dados de *hotspots* de atropelamentos (LESBARRERÈS; FAHRIG, 2012). Porém, os *hotspots* para conservação da fauna e segurança dos transeuntes ocorrem quando e aonde a atividade dos animais de atravessar a rodovia se sobrepõem com as condições que aumentam os riscos de colisão (GUNSON et al, 2011). Ainda, deve-se considerar também as características da paisagem de entorno, já que estas também estão relacionadas aos atropelamentos (LESBARRERÈS; FAHRIG, 2012).

Existem espécies que evitam atravessar a rodovia. Dessa forma, a ausência de atropelamentos pode ser confundida com ausência de impactos, sendo que os efeitos das rodovias podem ser sentidos por quilômetros (ROSA et al., 2012). Por isso, os *hotspots* de atropelamento não são a solução para os problemas de mortalidade de fauna nas rodovias, já que as taxas de atropelamento não necessariamente refletem a densidade de indivíduos no entorno da rodovia (BAGER; FONTOURA, 2012). Portanto, para tentar compreender os efeitos das estradas à fauna, são necessários estimar a abundância, avaliar o sucesso reprodutivo e quantificar o fluxo gênico nas

populações, além do estudo dos *hotspots* de atropelamentos e locais de travessia dos animais (GRILLO, 2012).

Então, erros na identificação da localização dos *hotspots* podem resultar no uso ineficiente dos recursos para melhorias na segurança e podem reduzir a efetividade global do processo de gestão da segurança (MONTELLA, 2010) e de proteção da fauna.

Aplicando os resultados desse trabalho, sugerem-se algumas medidas de mitigação dos atropelamentos a serem executadas em curto e longo prazo. Em longo prazo, indica-se que sejam construídas passagens de fauna e cercas nos locais onde foram encontradas agregações de atropelamentos.

Algumas medidas podem ser executadas em curto prazo e podem apresentar um custo menos elevado. Dessa forma, concorda-se com a indicação de Meneguetti e colaboradores (2010) que sugerem em seu trabalho a criação de um grupo multidisciplinar de proteção ambiental, envolvendo estudantes, moradores da região, biólogos, técnicos ambientais, pessoas afins e instituições ligadas à preservação ambiental. O objetivo da criação desse grupo é criar um programa de educação ambiental aos usuários da rodovia, e estabelecer metas de redução da mortalidade desses animais. Sustentando tal sugestão, BAGER (2003) cita que grande parte dos atropelamentos à fauna na Estação Ecológica do Taim e, provavelmente, também em outros locais, poderiam ser minimizados através da conscientização ambiental.

Outra medida que pode ser implementada em curto prazo é retirar as carcaças de animais atropelados da estrada, pois essa atividade poderia diminuir o número de atropelamentos de animais carniceiros (Freitas, 2009). Deve-se também, manter a vegetação das margens da rodovia permanentemente cortadas em uma faixa de, no mínimo, dois metros (BAGER, 2003). Quando existe vegetação nessa faixa, a fauna acaba se deslocando através do acostamento, aumentando a probabilidade de acidentes. Essa faixa sem vegetação também aumenta o tempo de resposta dos motoristas, viabilizando, em alguns casos, a visualização do animal antes que este atinja a rodovia (LAUXEN, 2012).

O trecho de estudo da BR-050 está sendo privatizado, portanto sugere-se um programa de parceria, com o monitoramento por parte da concessionária responsável e

supervisão da academia para que, em longo prazo, medidas de mitigação como passagens de fauna e cercas possam ser implementadas.

Finalmente, mais estudos são necessários. Desde estudos sobre ecologia, biologia e comportamento das espécies até estudos que avaliem o real efeito das estradas na sobrevivência dos animais (LAXEN, 2012). Em relação aos *hotspots* de atropelamentos, faz-se necessário um monitoramento continuado e a investigação de quais fatores estão associados aos atropelamentos.

4.4 Mamíferos domésticos

Somente quatro estudos anteriores listaram animais domésticos dentre os mamíferos atropelados (BAGATINI, 2006; FREITAS, 2009; ESPERANDIO, 2011; REYNIER, 2012). No presente trabalho, 33,2% dos acidentes com mamíferos envolveram animais domésticos. Reynier e colaboradores (2012) encontraram 27% de mamíferos domésticos dentre os mamíferos atropelados, Freitas (2009) levantou um total de 47,8% de mamíferos domésticos, Esperandio (2011) registrou 28% de mamíferos domésticos e Bagatini (2006) identificou 16% de mamíferos domésticos. Estes autores também encontram *Canis familiaris* e *Felis catus* como os animais domésticos mais atropelados (BAGATINI, 2006; FREITAS, 2009; ESPERANDIO, 2011; REYNIER, 2012). Esses dados mostram que os mamíferos domésticos são responsáveis por até metade dos mamíferos encontrados atropelados. Aliás, esses animais são de grande porte e colisões com os mesmos podem acarretar em acidentes fatais para o ser humano e também em perdas econômicas.

A presença elevada de cães e gatos na rodovia pode estar associada à atração por fontes de alimento, como carcaças de animais atropelados e lixo jogado nas rodovias (FREITAS, 2009). Porém, as principais causas do atropelamento da fauna doméstica podem ser a soltura de animais nas rodovias e o comportamento desses animais de acompanharem os seus proprietários até a rodovia, ficarem perdidos e acabarem sendo atropelados (relato de um funcionário de um posto de abastecimento).

Semelhante ao obtido neste trabalho, Esperandio (2011) avaliou e encontrou *hotspots* para mamíferos silvestres e domésticos. Agregações de atropelamentos para

Felis catus não foram encontradas, provavelmente porque os atropelamentos dessa espécie não ocorrem de forma agregada ou os índices de atropelamentos dessa espécie não foram suficientes para detectar os *hotspots*.

As agregações de atropelamentos de *Canis familiaris*, como esperado, são influenciadas pela presença humana, ocorrendo próximas à Uberaba e postos de abastecimento. No presente trabalho, também foi possível corroborar a conclusão de Freitas (2009), que cita que próximo às construções, os atropelamentos de mamíferos domésticos são mais frequentes. No presente estudo, observou-se que os *hotspots* de atropelamentos de mamíferos domésticos ocorrem perto dos centros urbanos ou de postos de abastecimento.

A localização dos *hotspots* de atropelamentos de mamíferos domésticos e de *Canis familiaris* se sobrepõem, mostrando que os cães domésticos representam boa parte da categoria dos animais domésticos. As agregações de atropelamentos não coincidentes podem ser explicadas pela contribuição de *Felis catus*.

Comparando a localização das agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres e domésticos, foi identificado que as mesmas não se sobrepõem, resultado semelhante ao que foi detectado por Esperandio (2011), que executou a mesma comparação. Assim, é necessário incluir o levantamento da fauna doméstica nos estudos sobre atropelamento de fauna, visto que além de compor uma parcela representativa dos animais atropelados, as agregações de atropelamentos desse grupo são diferentes daquelas de mamíferos silvestres. Ademais, espera-se que as consequências desse tipo de colisão sejam mais críticas, já que os mamíferos domésticos apresentam maior tamanho corporal, podendo causar morte humana, além de perdas materiais.

Os resultados aqui apresentados sustentam a importância da identificação de *hotspots* de atropelamentos, separadamente para cada categoria (silvestre e doméstico), o que pode ainda subsidiar a proposição e aplicação de medidas de controle e/ou mitigação específicas, para cada caso. Para mitigar os efeitos dos atropelamentos dos mamíferos domésticos, sugere-se a implantação de cercas, já que para esses animais não há a necessidade de haver fluxo gênico entre as populações, mas somente de impedir que os atropelamentos ocorram.

Outra atitude importante em se tratando de atropelamento de fauna doméstica é a conscientização da população humana sobre o assunto, pois muitas pessoas soltam animais na rodovia que acabam por causar acidentes. Há leis municipais e estaduais que tratam desse assunto. Em Uberlândia, a lei municipal nº 10.715 de 21 de março de 2011 considera proibido “abandonar animal em logradouros e imóveis públicos e privados” e a Secretaria Municipal de Saúde se responsabiliza por um programa de educação continuada de conscientização da população sobre a posse responsável de animal doméstico. Além disso, outra obrigação dessa Secretaria, de acordo com a mesma lei, é resgatar esses animais das ruas, estradas e rodovias, ação que também poderia evitar esse tipo de acidente. Também, o artigo 164 do Código Penal prevê o crime de abandono de animais para aqueles que introduzirem ou deixarem animais em propriedade alheia, sem consentimento de quem de direito, desde que o fato resulte prejuízo. A pena para esse crime é de 15 dias a seis meses, ou multa.

5. CONCLUSÕES

A taxa de atropelamento de vertebrados registrada, diversidade e abundância são significantes quando comparadas aos resultados obtidos em outras rodovias do país, demonstrando necessidade da adoção de medidas mitigadoras do impacto da rodovia sobre a fauna, no trecho investigado.

O grupo répteis parece ser aquele que mais sofre influência da sazonalidade e variáveis climáticas. A influência ou não dessas variáveis sobre os atropelamentos deve estar ligada à biologia de cada grupo ou espécie. Ao contrário do esperado, não foi encontrada relação entre os atropelamentos e o fluxo de veículos.

Foram encontradas agregações de atropelamentos para vários grupos e espécies. A localização dessas agregações parece estar relacionada aos hábitos desses animais.

A localização das agregações de atropelamentos de mamíferos silvestres e domésticos é diferente. Assim, é necessário incluir o levantamento da fauna doméstica nas pesquisas sobre a fauna atropelada, haja vista que além de compor uma parcela representativa dos animais atropelados, as agregações de atropelamento desse grupo são diferentes daquelas de mamíferos silvestres.

A localização dos atropelamentos de mamíferos silvestres não é um bom preditor para a localização dos atropelamentos das espécies mais abundantes de mamíferos, répteis e aves. Então, é necessário investigar os *hotspots* de atropelamentos de todos esses grupos separadamente, porém no momento de implantar medidas de mitigação, estas devem ser planejadas em nível de comunidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGATINI, T. *Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras*. 2006. 75 f. Dissertação – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília. 2006.
- BAGER, A. Repensando as medidas mitigadoras impostas aos empreendimentos rodoviários associados a unidades de conservação – um estudo de caso. In: BAGER, A (ed). *Conservação no âmbito do Cone Sul*. Pelotas, 2003. p. 160-172
- BAGER, A.; PIEDRAS, S. R. N.; MARTIN, T. S.; HÓBUS, Q. Fauna selvagem e atropelamento – Diagnóstico do conhecimento científico brasileiro. In: BAGER, A. (ed.) *Áreas protegidas – repensando as escalas de atuação*. Porto Alegre: Armazém Digital, p. 49-62, 2007.
- BAGER, A.; ROSA, C. A. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkills. *Biota Neotropica*, v. 10, p. 149-154, 2010.
- BAGER, A.; ROSA, C. A. Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. *Environmental Management*, v. 10, n. 4, p. 149-154, 2011.
- BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil- Contexto histórico e perspectivas futuras. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 13-33, 2012.
- BEISIEGEL, B. M.; LEMOS, F. G.; AZEVEDO, F. C.; QUEIROLO, D.; JORGE, R. S. P. Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 1, p. 138-145, 2013.
- BÉRNILS, R. S.; COSTA, H. C. (org.). 2012. *Répteis brasileiros: Lista de espécies*. Versão 2012.2. Disponível em <http://www.sbherpetologia.org.br/>. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Acessada em junho de 2013.

BUENO, C.; ALMEIDA, P. J. A. L. de. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). *Revista Brasileira de Zoociências*, v. 12, p. 219-226, 2010.

BUENO, C.; FREITAS, L. E.; COUTINHO, B. H. OSWALDO CRUZ, J. H. CASTRO JÚNIOR, E. de. A distribuição especial de atropelamentos de fauna silvestre sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 13-33, 2012.

CÁCERES, N. C. et al. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. *Zoologia*, v. 27, n. 5, p. 709-717, 2010.

CÁCERES, N. C.; CASELLA, J.; GOULART, C. S. Variação espacial e sazonal de atropelamentos e mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. *Mastozoología Neotropical*, Mendoza, v. 19, n. 1, p.21-33, 2012.

CARVALHO, F.; MIRA, A. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. *Eur J Wildl Res*, 2010.

CAVALCANTI, G. N. *Biologia comportamental de Conepatus semistriatus (Carnivora, Mephitidae) em Cerrado do Brasil Central*. 2010. 46 f. Dissertação – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais.

CAVALCANTI, G. N.; FONTOURA-RODRIGUES, M. L.; RODRIGUES, F. H. G.; RODRIGUES, L. A. Avaliação do risco de extinção da Jaritataca *Conepatus semistriatus* (Boddaert, 1785) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 1, p. 248-254, 2013.

CBEE. Disponível em <<http://cbee.ufla.br/portal/index.php>>. 2013.

CBRO. *Listas das aves do Brasil*. 10ª Edição. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: maio de 2013.

CHEIDA, C. C.; GUIMARÃES, F. H. BEISIEGEL, B. M. Avaliação do risco de extinção do Guaxinim *Procyon cancrivorus* (Cuvier, 1798) no Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 1, p. 283-290, 2013.

CLEVENGER, A.P; CHRUSCZ, B. & GUNSON, K.E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation*, v. 109, p. 15-26, 2003.

COELHO, I. P.; KINDEL, A.; COELHO, A. V. P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *Eur J Wildl Res*, v. 54, p. 689–699, 2008.

COELHO, A. V. P. et al. 2011. Siriema: Manual do Usuário v1.1. Universidade Federal do Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 23 p.

COFFIN, A. W. From roadkill to road ecology: A review of the ecological effects of roads. *Journal of Transport Geography*, v. 15, p. 396–406, 2007.

COMITÊ BRASILEIRO DE REGISTROS ORNITOLÓGICOS (2011) *Listas das aves do Brasil*. 10ª Edição. Disponível em <<http://www.cbro.org.br>>. Acesso em: maio de 2013.

COSTA, L. de S. C. Levantamento de mamíferos silvestres de pequeno e médio porte atropelados na BR 101, entre os municípios de Joinville E Piçarras, Santa Catarina. *Biosci. J.*, v. 27, n. 3, p. 666-672, 2011.

COLWELL, R. K. EstimateS 9.1.0 User's Guide. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/EstimateSPages/EstSUsersGuide/EstimateSUsersGuide.htm>>. Acesso em: setembro de 2013.

CUNHA, H. F.; MOREIRA, F. G. A.; SILVA, S. de S. Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, Maringá, v. 32, n. 3, p. 257-263, 2010.

DORNAS, R. A. P; KINDEL, A.; BAGER, A.; FREITAS, S. R. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 139-152. 2012.

DORNELLES, S. S.; SCHLICKMAN, A.; CREMER, M. J. Mortalidade de vertebrados na rodovia BR-101, no sul do Brasil. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 139-152. 2012.

- DRUMMOND, G. M.; MACHADO, A. B. M. MARTINS, C. S. MENDONÇA, M. P.; STEHMAN, J. R. (eds.) *Listas vermelhas das espécies da fauna e da flora ameaçadas de extinção em Minas Gerais*. 2^a ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2008.
- ESPERANDIO, I. B. *Padrões espaciais de mortalidade de mamíferos silvestres e domésticos na Rota do Sol*. 2011. 20 f. Monografia – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2011.
- FORMAN, R.T.T. Road ecology: a solution for the giant embracing us. *Landscape Ecology*, v. 13, pag 3-5, 1998 .
- FORMAN, R.T.T.; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics*, p. 207–232, 1998.
- FREITAS, C. H. 2009. *Atropelamento de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna*. Tese de doutorado - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro. 2009.
- FREITAS, S. R. ; SOUSA, C. O. M.; BUENO, C. Effects of landscape characteristics on roadkill of mammals, birds and reptiles in a highway crossing the Atlantic Forest in southeastern Brazil. In: Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2013), 7, 2013, Arizona, Estados Unidos, *Anais...* 2013. Disponível em: <http://www.icoet.net/ICOET_2013/proceedings.asp>.
- GLISTA, D. J.; DEVAULT, T. L; DEWOODY, J. A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, p. 1-7, 2008.
- GRILLO, C.; BISSONETTE, J. A.; SANTOS-REIS, M. Spatial–temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: Consequences for mitigation. *Biological Conservation*, v. 142, p. 301–313, 2009.
- GRILLO, C.; BISSONETTE, J. A.; CRAMER, P. C. Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: JONES, R. S (ed.). *Highways: constructions, management and maintenance*. Nova Science Publishers, p. 73-114, 2010.

GRILLO, C. A rede viária e a fauna – Impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 139-152. 2012.

GOOGLE MAPS. Disponível em <<https://maps.google.com.br/>>. Acesso em: julho de 2013.

GUMIER-COSTA, F.; SPERBER, C. F. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. *Acta Amazoniaca*, vol. 39, n. 2, p. 459-466, 2009.

GUNSON, K. E.; MOUNTRAKIS, G.; QUACKENBUSH, L. J. Spatial wildlife-vehicle collision models: A review of current work and its application to transportation mitigation projects. *Journal of Environmental Management*, p. 1-9, 2011.

HEGEL, C.G.Z.; CONSALTER, G.C.; ZANELLA, N. Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. *Biotemas*, v. 25, n. 2, p. 165-170, 2012.

HENGEMÜHLE, A.; CADEMARTORI, C. V. Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da estrada do mar (RS-389). *Biodivers. Pampeana*, v. 6, n. 2, p. 4-10, 2008.

ICMBIO. *Lista de espécies ameaçadas*. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies.html>>. Acesso em: março de 2013.

IUCN. *The IUCN red list of threatened species*. 2012. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>>. Acesso em: março de 2013.

KOENEMANN, J. G. *Mamíferos nativos atropelados em uma área no bioma Pampa: variação sazonal e efeito do tipo de habitat*. 2009. 59 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Biologia, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Rio Grande do Sul. 2009.

LANGEN, T. A.; OGDEN, K. M.; SCHWARTING, L. L. Predicting Hot Spots of Herpetofauna Road Mortality Along Highway Networks. *The Journal of Wildlife Management*, v. 73, n. 1, p.104-114, 2009.

LAURANCE, W. F.; GOOSEM, M; LAURANCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearing on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.

LAUXEN, M. S. *A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: um guia de procedimentos para tomada de decisão*. 2012. Especialização em Diversidade e Conservação da Fauna – Departamento de Zoologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2012.

LEITE, R. M. S.; BÓCON, R.; BELÃO, M. SILVA, J. C. 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*. Lavras: Ed. UFLA, p. 139-152. 2012.

LESBARRÈRES, D.; FAHRIG, L. Measures to reduce population fragmentation by roads: what has worked and how do we know? *Trends in Ecology and Evolution*, v. 27, n. 7, p. 374-380, 2012.

MACHADO, M. P; OLIVEIRA, A. D.; ROSELEN, V. S. Realidades e desafios da criação do Parque Estadual do Pau Furado enquanto medida compensatória da criação das usinas Capim Branco em Uberlândia-MG, 2007. In: *XIII SBGFA Simpósio brasileiro de geografia física aplicada*. Universidade Federal de Viçosa: Curso de Geografia, 2007. Disponível em: <http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos_expandidos/eixo10/018.pdf>. Acesso em 20 de agosto de 2010.

MAIA, A.C.R. *Efeitos marginais de rodovias em mamíferos de médio e grande porte*. 2013. 53 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2013.

MALO, J. E.; SUÁREZ, F.; DÍEZ, A. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology*, v. 41, p. 701–71, 2004.

MARQUES, D. Massacre nas Estradas. *Terra da gente*, n. 109, p.16-23, 2013.

MATA, C. et al. Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental*

Management, v. 88, p. 407–41, 2008.

MELO, E. S.; SANTOS-FILHO, M. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados silvestres. *Revista brasileira de Zoociências*, v. 9, n.2, p. 185-192, 2007.

MENEGUETTI, D. U. O.; MENEGUETTI, N. F. S. P.; TREVISAN, O. Georreferenciamento e reavaliação da mortalidade por atropelamento de animais silvestres na linha 200 entre os municípios de Ouro Preto do Oeste e Vale Do Paraíso – RO. *Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente*, v. 1, n. 1, p. 58-64, 2010.

MILLI, M. S.; PASSAMANI, M. Impacto da Rodovia Josil Espíndula Agostini (ES-259) sobre a mortalidade de animais silvestres (Vertebrata) por atropelamento. *Natureza on line*, v. 4, n. 2, p. 40-46, 2006.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. *BR-050*. Disponível em: <<http://www2.transportes.gov.br/bit/02-rodo/3-loc-rodo/loc-rodo/050.htm>>. Acesso em julho de 2012.

MITTERMEIER, R. A.; MYERS, N.; MITTERMEIER C. G. *Hotspots: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions*. CEMEX: Mexico City, 2000.

MONTELLA, A. A comparative analysis of hotspot identification methods. *Accident Analysis and Prevention*, v. 42, p. 571–581, 2010.

NOWAK, R. M. *Walker's mammals of the world*. The John Hopkins University Press: Baltimore e London, 5 ed., v. 1 e 2, 1991.

PEREIRA, G. F. P. A.; ANDRADE, G. A. F.; FERNANDES, B. E. M. Dois anos de monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará. *Museu de Biologia Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, Belém, v. 1, n. 3, p. 77-83, 2006.

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna do cerrado. *Acta Sci. Biol. Sci.*, Maringá, v. 28, n. 3, p. 237-241, 2006.

REIS, N. R; PERACCHI, A. L.; FREGONEZI, M. N.; ROSSANEIS, B. K. *Mamíferos do Brasil -guia de identificação*. Technical Books Editora, 1. ed, 577p., 2010.

REIS, N. R. dos; PERACCHI, A. L; PEDRO, W. A.; LIMA, I. P. (eds.). *Mamíferos do Brasil*. Londrina: Nélio R. dos Reis, 2^a ed., 439p., 2011.

REYNIER, O. J. et. al. Caracterização da fauna de vertebrados atropelada na Rodovia BR – 174, Amazonas, Brasil. *Rev. Colombiana Cienc. Anim*, v. 4, n. 2, p. 291-307, 2012.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 6^a ed., 546 p., 2010.

RIZATTI, L. G. *Ecologia de estradas em regiões neotropicais, revisão*. 2012. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, São Paulo, 2012.

ROSA, R., LIMA, S. C., ASSUNÇÃO, W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). *Sociedade e natureza*, v. 3, p. 91-108, 1991.

ROSA, A. O.; MAUS, J. Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS – 040. *Caderno de Pesquisa Sér. Bio.*, v. 16, p. 35-42, 2004.

ROSA, C. A.; CARDOSO, T. R.; TEIXEIRA, F. Z.; BAGER, A. Atropelamento de fauna selvagem: amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: BAGER, A. (ed.) *Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas*. Lavras: Ed. UFLA, p. 79-99. 2012.

ROSA, C. A. *Efeito de borda de rodovias em pequenos mamíferos de fragmentos florestais tropicais*. 2012. 106 f. Dissertação – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2012.

SANTANA, G. S. Fatores influentes sobre atropelamentos de vertebrados na região central do Rio Grande do Sul, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, v. 7, n. 1, p. 26-40, 2012.

SECCO, H.; RATTON, P.; ROSA, C. A.; BAGER, A. Existe atropelamento intencional de serpentes em rodovias brasileiras? *Revista Linearidades*, n. 8, p. 5-6, 2013.

SEDET. 2009. Uberaba em dados. Disponível em: <<http://www.uberaba.mg.gov.br/portal/conteudo,232>>. Acesso em julho de 2013.

SEGALLA, M. V et al. 2012. *Brazilian amphibians – List of species*. Accessible at <http://www.sbherpetologia.org.br>. Sociedade Brasileira de Herpetologia. Acessado em maio de 2013.

SICK, H. *Ornitologia brasileira*. Nova Fronteira: Rio de Janeiro, 1997.

SIGRIST, T. *Avifauna brasileira: pranchas e mapas*. São Paulo: Avis Brasilis. 492p. 2009.

SPELLERBERG, I. F. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography Letters*, v. 7, n. 5, p. 317-333, 1988.

TEIXEIRA, F. Z. ; COELHO, I. P. ; ESPERANDIO, I. B. ; OLIVEIRA, N. R. ; PETER, F. P. ; DORNELES, S. S. ; DELAZERI, N. R. ; TAVARES, M. ; MARTINS, M. B. ; KINDEL, A. Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups?. *Oecologia Australis*, v. 17, p. 36-47, 2013a.

TEIXEIRA, F. Z. ; COELHO, A. V. P. ; ESPERANDIO, I. B. ; KINDEL, A.. Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. *Biological Conservation*, v. 157, p. 317-323, 2013b.

TROMBULAK, S. C.; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, v. 14, p. 18-30, 2000.

TROVATI, R. G.; BRITO, B. A.; DUARTE, J. M. B. Área de uso e utilização de habitat de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous* Linnaeus, 1766) no cerrado da região central do Tocantins, Brasil. *Mastozoología Neotropical*, v. 14, n. 1, p. 61-68, 2007.

TURCI, L. C. B.; BERNANDE, P. S. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas*, v. 22, n.1, p. 121-127, 2009.

WEISS, L. P.; VIANNA, V. O. Levantamento do impacto das rodovias BR-376, BR-373 e BR-277, trecho de Apucarana a Curitiba, Paraná, no atropelamento de animais silvestres. *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde*, Ponta Grossa, v.18, n.2, p.121-133, 2012.

APÊNDICES

Apêndice A – Fotos de animais atropelados.



Dasypus novemcinctus



Euphractus sexcinctus



Cabassous sp.



Chrysocyon brachyurus



Didelphis albiventris



Lycalopex vetulus



Lutreolina crassicaudata

Galictis cuja



Tamandua tetradactyla



Cerdocyon thous



Myrmecophaga tridactyla



Conepatus semistriatus



Callithrix penicillata



Procyon cancrivorus







Apêndice B – Comparaçao de dados relativos a atropelamento de vertebrados silvestres coletados por diferentes pesquisas.

	Rosa e Maus, 2004	Prado et al., 2006	Melo e Santos-Filho, 2007	Turci e Bernarde, 2009	Cunha et al., 2010	Este estudo
Velocidade	-	40 km/h carro	40 km/h carro	40 km/h motocicleta	100 km/h carro	60 km/h carro
Esforço amostral	1.092 km 21 viagens 2 anos Mensalmente	1.612 km 84 viagens 1 ano 7 dias consecutivos no mês	1.575 km 25 viagens 1 ano Mensalmente 3X no mês Pista única – mão dupla	3.300 km 30 viagens 1 ano 2 a 3 vezes no mês Pista duplicada	21.100 km 100 viagens 1,6 anos Semanalmente Pista única – mão dupla	8.064 km 42 viagens 1 ano semanalmente Pista duplicada
Bioma	Floresta Estacional Semidecídua - RS	Cerrado – GO	Cerrado - MT	Floresta Ombrófila - RO	Cerrado - GO	Cerrado – MG
Matriz de entorno	Alterada	Unidade de conservação	43% - Cerrado	Pastagens poucos fragmentos	Pastagens raros fragmentos	Pastagens poucos fragmentos
Diversidade de espécies	34	26	41	34	25	55
Mamíferos	11	13	18	7	14	16
Aves	18	9	14	12	7	26
Répteis	5	3	7	13	4	10
Anfíbios	-	1	4	2	-	3
Abundância	90	141	211	259	308	472
Mamíferos	47	48	125	61	265	264
Aves	27	68	54	67	34	145
Répteis	16	14	20	63	9	56
Anfíbios	-	11	11	68	-	7
Taxa de atropelamento animais/km/dia	0,082	-	0,13	0,078	0,014	0,059

