



**Universidade de Brasília**  
**Centro de Estudos do Cerrado da Chapada dos Veadeiros**  
**Especialização em Sociobiodiversidade e Sustentabilidade no Cerrado**

**ASPECTOS ECOLÓGICOS E ESPACIAIS DA FAUNA SILVESTRE ATROPELADA  
NA APA POUSO ALTO, CHAPADA DOS VEADEIROS**

LEONARDO PEREIRA FRAGA

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Clarisse Rezende Rocha

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Centro de Estudos do Cerrado da Chapada dos Veadeiros como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sociobiodiversidade e Sustentabilidade no Cerrado.

Alto Paraíso de Goiás - GO

Novembro 2018

Universidade de Brasília  
Biblioteca Central - Campus Universitário Darcy Ribeiro  
Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

PL581a      Pereira FRAGA, Leonardo  
              ASPECTOS ECOLÓGICOS E ESPACIAIS DA FAUNA SILVESTRE  
              ATROPELADA NA APA POUSO ALTO, CHAPADA DOS VEADEIROS /  
              Leonardo Pereira FRAGA; orientador Clarisse Rezende ROCHA  
              . -- Brasília, 2018.  
              53 p.

              Monografia (Especialização - Especialização em  
              Sociobiodiversidade e Sustentabilidade no Cerrado) --  
              Universidade de Brasília, 2018.

              1. Ecologia de estradas. 2. taxa de atropelamento . 3.  
              sazonalidade . I. Rezende ROCHA , Clarisse , orient. II.  
              Título.



**Universidade de Brasília**  
**Centro de Estudos do Cerrado da Chapada dos Veadeiros**  
**Especialização em Sociobiodiversidade e Sustentabilidade no Cerrado**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**ASPECTOS ECOLÓGICOS E ESPACIAIS DA FAUNA SILVESTRE ATROPELADA**  
**NA APA POUSO ALTO, CHAPADA DOS VEADEIROS**

LEONARDO PEREIRA FRAGA

**Banca Examinadora:**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Clárisse Rezende Rocha  
Presidente/Centro UnB Cerrado

---

Prof. Dr. Renato Caparroz  
Membro Titular Externo/Instituto de Ciências Biológicas UnB

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Renata Corrêa Martins  
Membro Titular/Centro UnB Cerrado

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Elizabeth Maria Mamede da Costa  
Membro Suplente/ FUP UnB

**“Sua missão é tão urgente e seu  
tempo tão valioso que você  
não pode parar por um  
segundo para que uma vida,  
não importa quão  
insignificante possa parecer  
para você,  
possa ser salva?”**

Fred Jackson (1924),  
em reprimenda a motorista, que andava em alta  
velocidade, em estrada de Minnesota, EUA,  
segundo Kroll (2015).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro de Estudos do Cerrado da Chapada dos Veadeiros (Centro UnB Cerrado), em especial às Professoras Regina Coelly F. Saraiva e Nina Paula F. Laranjeira, pelo compromisso com o curso e pelo apoio à pesquisa.

À Professora Clarisse Rezende Rocha pela disposição, ensinamentos e amizade durante a orientação deste trabalho.

Aos professores membros da Banca Examinadora que aceitaram participar da avaliação do trabalho.

À Bióloga Bárbara Q. Carvalho Zimbres por todo apoio com o geoprocessamento e “troca de ideias” que ajudaram na redação do trabalho.

A todos que contribuíram na pesquisa e identificação da fauna silvestre atropelada, em especial ao Professor Renato Caparroz, Professora Helga C. Wiederhecker, Professora Selma A. Bernardes, Biólogos Rafael de Castro Teixeira, Leciane M. da Mata e Wallace Santos Cavalcante.

Aos Professores e colegas dos Grupos “Sociobrasa” e “PNCV - Atropelamentos” pela convivência, apoio e aprendizados mútuos. “Na jornada da vida, caminhar sozinho é o mesmo que estar parado.”

À minha esposa Daniela e filha Júlia pelo apoio incondicional e compreensão pela fase de estudos e (re)construção.

Por fim, aos animais atropelados diuturnamente nas rodovias e estradas brasileiras, vítimas silenciosas da nossa impaciência e estilo de vida. Que este trabalho possa contribuir para a visibilidade do problema e ajudar a salvar vidas!

## RESUMO

A Ecologia de Estradas procura soluções para mitigar os efeitos negativos das estruturas de transportes sobre a vida silvestre. As estruturas rodoviárias e o tráfego de veículos promovem alterações deletérias nos processos naturais (em diferentes escalas de tempo e de paisagem). Os atropelamentos constituem um dos efeitos mais visíveis e mensuráveis do tráfego sobre a fauna silvestre. Estudos sobre o atropelamento de fauna, na Área de Proteção Ambiental de Pouso Alto (APA Pouso Alto), estado de Goiás, ocorreram em rodovias que margeiam o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV). Pesquisas sobre a magnitude da fauna atropelada, em vias mais distantes da unidade de conservação, podem ampliar o conhecimento sobre as comunidades do entorno das rodovias. A presente pesquisa objetivou avaliar aspectos ecológicos e espaciais relacionados com a fauna silvestre atropelada, em trecho da rodovia BR-010, localizado ao sul da APA Pouso Alto. O zoneamento ambiental do entorno da rodovia (Zona de Uso Agropecuário Intensivo - ZUAI, Zonas de Preservação da Vida Silvestre - ZPVS e Zona de Amortecimento do PNCV - ZA PNCV) foi considerado nas análises. Foram amostrados de carro pontos de atropelamento, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Os animais atropelados foram inventariados no menor nível taxonômico possível. Foram identificados aspectos ecológicos (abundância, riqueza, constância e taxas de atropelamento) e espaciais (sazonalidade, *hotspots* e classificação da paisagem) relacionados com a fauna atropelada. As carcaças encontradas também foram classificadas como recentes ou antigas. Foram registrados 172 atropelamentos de 60 espécies de vertebrados. Aves foi a classe mais rica (S=30), seguida por Amphibia (S=11), Squamata (S=10) e Mammalia (S=9). Aves (n=76) e anfíbios (n=40) apresentaram maior abundância. Quanto à classificação das carcaças 80,8% (n=139) eram recentes e 19,2% (n=33) eram antigas. A espécie mais atropelada no período de estudos foi o *Cerdocyon thous* (n=17). A maior parte das aves e mamíferos encontrados atropelados é de espécies habitat-generalistas (95%), onívoras (45%) e granívoras (37%). As taxas de atropelamento foram maiores na estação chuvosa para anfíbios, aves e répteis. Não foi encontrada diferença sazonal na taxa de atropelamento para mamíferos. Os *hotspots* indicaram concentração de pontos de atropelamento de fauna (comunidade total e mamíferos), inclusive na ZUAI. É recomendada a sinalização, como pontos de travessia de fauna silvestre, dos *hotspots* de atropelamentos. Também, é recomendada a divulgação da problemática do atropelamento da fauna silvestre, para visitantes da APA Pouso Alto, por meio do Centro de Atendimento ao Turista e em hotéis e pousadas da região.

**Palavras-chave:** ecologia de estradas, *hotspots*, taxa, sazonalidade

## ABSTRACT

Road Ecology seeks solutions to mitigate the negative effects of transport structures on wildlife. Road structures and vehicular traffic promote deleterious changes in natural processes (at different time and landscape scales). Roadkill is one of the most visible and measurable effects of traffic on wildlife. Studies on the wildlife roadkill on Environmental Protection Area Alto Pouso (Pouso Alto APA), state of Goiás, occurred on roads that border the Chapada dos Veadeiros National Park (PNCV). Research on the magnitude of the trampled fauna, in ways more distant from the protected area, can increase the knowledge about the communities around the highways. The present study aimed to evaluate ecological and spatial aspects related to the wild fauna run over, along the highway BR-010, located to the south of the APA Pouso Alto. The environmental zoning surrounding the highway (Agricultural Use Zone Intensive - ZUAI, Preservation Areas of Wildlife - ZPVS and Buffer Zone of PNCV - ZA PNCV) was considered in the analysis. Tracking points were sampled by car, from May 2017 to April 2018. The trampled animals were inventoried at the lowest possible taxonomic level. Ecological aspects were identified (abundance, wealth, constancy and running over rates) and spatial (seasonality, hotspots and landscape classification) related to the wildlife roadkill. The found carcasses were also classified as recent or old. There were 172 roadkill of 60 vertebrate species. Birds were the richest class ( $S = 30$ ), followed by Amphibia ( $S = 11$ ), Squamata ( $S = 10$ ) and Mammalia ( $S = 9$ ). Birds ( $n = 76$ ) and amphibians ( $n = 40$ ) showed greater abundance. Regarding carcass classification, 80.8% ( $n = 139$ ) were recent and 19.2% ( $n = 33$ ) were old. The most affected species in the study period was *Cerdocyon thous* ( $n = 17$ ). Most of the birds and mammals found to be run over are habitat-generalist (95%), omnivorous (45%) and granivorous (37%) species. The hit-rates were higher in the rainy season for amphibians, birds and reptiles. No seasonal difference was found in the run-off rate for mammals ( $t = 0.388$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0.706$ ). The hotspots indicated concentration of points of trampling of fauna (total community and mammals), including ZUAI. It is recommended the signaling, as crossing points of wildlife, of roadkill hotspots locations. Also, it is recommended the dissemination of the problem of wildlife roadkill, for visitors of the APA Pouso Alto, through the Tourist Service Center and hotels and inns in the region.

**Keywords:** ecology of roads, hotspots, rate, seasonality

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Táxons atropelados nas estações seca e chuvosa na Rodovia BR 010, APA Pouso Alto, Goiás, Brasil. Classes/ordem = menor nível taxonômico associado a carcaça (gênero/espécie); Seca/chuva = nº de registros por estações; CO = valor de constância da espécie.	27
TABELA 2	Taxas de atropelamento por subtrechos da BR 010 (zoneamento ambiental da APA Pouso Alto). Total de quilômetros amostrados, número de atropelamentos registrados por classes/ordem (incluindo Vertebrata NI*), riqueza, número total de atropelamentos registrados e taxas de atropelamento por km/ano, por subtrechos (zonas ambientais) da BR 010. Onde: ZA PNCV = Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, ZPVS = Zona de Preservação da Vida Silvestre, ZUAI = Zona de Uso Agropecuário Intensivo; Km = total de quilômetros percorridos durante o estudo; Classes/Ordem (Am = Amphibia, Sq = Squamata - exceto Aves, Av = Aves, Ma = Mammalia); S = número de espécies registradas (riqueza); N = número total de atropelamentos registrados (abundância); Ta = taxa de atropelamento de animais/km/ano para cada classe; NT = número total de animais atropelados registrados; TAT = taxa total de atropelamentos de animais/km/ano.	34
TABELA 3	Observações sobre os <i>hotspots</i> de atropelamentos identificados (com correspondências nas escalas de segmento e grupos analisados) e proporções da paisagem nos seguimentos de 2 Km e <i>buffer</i> de 5 Km.	41

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização da APA Pouso Alto e do trecho pesquisado da Rodovia BR 010. Rodovia: trecho de interesse da BR 010; PNCV: área do PNCV após a ampliação (Brasil 2017). Elaborada por: Bárbara Zimbres.	20
FIGURA 2	Paisagem classificada e zoneamento ambiental do entorno da BR 010, na APA Pouso Alto. Figura da esquerda: classificação da paisagem; Figura da direita: zonas e subtrechos da BR 010 (ZA PNCV, ZPVS e ZUAI). Fontes: Mapbiomas e SECIMA (2016a). Elaborada por: Bárbara Zimbres.	21
FIGURA 3	Detalhe da paisagem classificada obtida do Mapbiomas e <i>buffers</i> utilizados para a quantificação das métricas de paisagem. Elaborada por: Bárbara Zimbres.	26
FIGURA 4	Curvas de acumulação de espécies de Amphibia, Aves, Mammalia e Squamata atropelados na Rodovia BR 010, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Linha curva: riqueza amostrada, linhas verticais: desvios padrão.	29
FIGURA 5	Carcaças de vertebrados encontradas na Rodovia BR 010. Coluna da esquerda = carcaças recentes (atropelamentos imediatos/menos de 01 dia), coluna da direita = carcaças antigas (atropelamentos com mais de 01 dia). Onde: Av = Aves, Am = Amphibia, Ma = Mammalia, Sq = Squamata. Fonte: o autor.	32
FIGURA 6	Categorias tróficas de aves e mamíferos atropelados na rodovia BR 010 (percentual). Fr = frugívora; Gr = granívora; In = insetívora; Nc = nectívora; Ne = necrófaga; On = onívora. Fontes (identificação das espécies): Sick 2001, Gwynne <i>et al.</i> 2010, Paglia <i>et al.</i> 2012, Piacentini <i>et al.</i> 2015, Marques <i>et al.</i> 2016, SBH 2017.	33
FIGURA 7	Dados mensais de correlação entre precipitação acumulada mensal e taxas de mortalidade de vertebrados, na BR 010, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Linha tracejada: precipitação diária acumulada. Barras indicam taxas de atropelamento de vertebrados (animais/km/mês): Anfíbios: barras brancas; Aves: barras cinza; Mamíferos: barras pretas; Répteis: barras pintadas. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).	36
FIGURA 8	Boxplot das variações de taxas de atropelamento (animais/km/mês) das classes amostradas com dados meteorológicos de precipitação (mm). Seca: maio a outubro de 2017. Chuva: novembro de 2017 a abril de 2018. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).	37
FIGURA 9	Boxplot das variações de taxas de atropelamento (animais/km/mês) das espécies mais abundantes com dados meteorológicos de precipitação (mm). Seca: maio a outubro de 2017. Chuva: novembro de 2017 a abril de 2018. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).	38
FIGURA 10	Análise de agrupamento por K de Ripley indicando um agrupamento significativo dos eventos de atropelamento nas escalas entre 1000 e 2000 m (consistente para os grupos analisados).	39
FIGURA 11	Segmentos de 1000 e 2000 m utilizados para classificação dos <i>hotspots</i> de atropelamentos e identificação dos <i>hotspots</i> para a comunidade e classes analisadas.	40

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	5
RESUMO.....	6
ABSTRACT .....	7
LISTA DE TABELAS.....	8
LISTA DE FIGURAS .....	9
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO TEÓRICA.....	11
1.1. Rodovias e fauna silvestre .....	12
a) Impactos bióticos da infraestrutura e do tráfego rodoviário.....	12
b) Impactos temporais da infraestrutura e do tráfego rodoviário .....	13
c) Efeitos da infraestrutura e do tráfego rodoviário na paisagem .....	14
d) Efeitos das rodovias sobre o comportamento da fauna silvestre .....	15
1.2. Rodovias e fauna silvestre no Cerrado brasileiro.....	16
1.3. Rodovia BR-010 e fauna silvestre atropelada na APA Pouso Alto.....	17
2. OBJETIVOS .....	19
3. MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
3.1 Área de estudo.....	19
3.2 COLETA E ANÁLISES DE DADOS .....	22
3.2.1 Amostragem dos táxons e dos pontos de atropelamentos.....	22
3.2.2 Identificação dos táxons atropelados .....	22
3.2.3 Abundância, riqueza e constância dos táxons atropelados.....	23
3.2.4 Cálculo das taxas de atropelamento .....	23
3.2.5 Variação sazonal dos atropelamentos .....	24
3.2.6 Classificação da paisagem e <i>hotspots</i> de atropelamentos.....	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
a) Identificação e ecologia da fauna atropelada.....	27
b) Taxas e sazonalidade dos atropelamentos .....	34
c) <i>Hotspots</i> de atropelamentos .....	39
5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	41
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	42

## 1. INTRODUÇÃO E REVISÃO TEÓRICA

A ecologia de estradas (“road ecology”), termo proposto pelo ecólogo Richard T. Turner Forman, estuda os impactos ecológicos dos sistemas viários e procura soluções para mitigar os efeitos negativos das estruturas de transportes sobre a vida silvestre (Forman 1998, Forman & Alexander 1998, Coffin 2007, Rosa & Bager 2013). A Ecologia de Estradas está intimamente ligada ao campo da ecologia da paisagem, ao estudar os efeitos das redes viárias na conectividade e na fragmentação de habitats (Seiler 2001, Saunders *et al.* 2002, Coffin 2007, Laurance *et al.* 2009).

A Ecologia de Estradas procura entender padrões e processos relacionados às interações das rodovias com os ecossistemas (Rosa & Bager 2013). Os cruzamentos de estruturas rodoviárias com corredores de vida silvestre representam pontos de riscos para vidas humanas e para a conservação da fauna (Forman & Alexander 1998, Neumann *et al.* 2011). Estruturas de transportes constituem elementos transformadores da paisagem e causadores de impactos consideráveis sobre o meio ambiente e a fauna silvestre (Seiler 2001, Coffin 2007, Neumann *et al.* 2011). Em paisagens fragmentadas, o entendimento dos padrões de movimento e das interações da fauna silvestre, com as rodovias, é ainda mais premente.

Estudos de ecologia de estradas podem ser influenciados por fatores capazes de subestimar a magnitude da fauna atropelada (Teixeira *et al.* 2013; De Carvalho *et al.* 2014). As taxas de detecção das carcaças são diretamente relacionadas aos tempos de permanência na rodovia (Slater 2002). As amostragens e a detecção dos atropelamentos podem ser influenciadas por fatores como: métodos de amostragem, condições climáticas, sazonalidade na coleta de dados, tamanho das carcaças e taxas de remoção da fauna atropelada (Fowler & Flint 1997, Morrison 2002, Coelho *et al.* 2008, Hobday & Ministrell 2008, Teixeira *et al.* 2013, Ratton *et al.* 2014).

Anteriormente, estudos de ecologia de estradas abordavam principalmente inventários de animais atropelados (Bager & Fontoura 2012). Hoje, a ciência procura entender os aspectos que influenciam as taxas de atropelamentos, correlacionando dados locais da fauna atropelada com aspectos da paisagem (climáticos, fitofisionomias, matriz) e das espécies avaliadas (taxonomia, ecologia, comportamento) (Simmons *et al.* 2010, Ascensão *et al.* 2013, Laurance *et al.* 2009, Galetti *et al.* 2013).

## **1.1. Rodovias e fauna silvestre**

A mortalidade por atropelamentos constitui um dos impactos mais visíveis e mensuráveis das rodovias sobre a fauna silvestre (Clevenger *et al.* 2001, Seiler 2001). A colisão de veículos com animais e a permanência das carcaças nas vias ou nos acostamentos favorecem a visibilidade dos eventos de atropelamento. O tráfego de veículos nas rodovias causa ferimentos e mortes de milhões de animais silvestres, superando os efeitos da caça na mortalidade de vertebrados (Forman & Alexander 1998, Hobday *et al.* 2008, Gross 2013, Visintin *et al.* 2016, Cuyckens *et al.* 2016, Igondova *et al.* 2016, Miranda *et al.* 2017, Garriga *et al.* 2017).

Segundo o Centro Brasileiro de Estudos de Ecologia de Estradas (CBEE) estima-se que mais de 15 animais silvestres morram, a cada segundo, nas estradas e rodovias do Brasil (CBEE 2013). Diariamente, devem ocorrer mais de 1,3 milhões de atropelamentos de animais. Ao final de um ano, são estimadas perdas por atropelamento de 475 milhões de animais silvestres nas rodovias brasileiras. Ainda de acordo com o CBEE, a grande maioria dos animais mortos é de pequenos vertebrados, como anfíbios, pequenas aves, entre outros (CBEE 2013).

Além dos atropelamentos, a infraestrutura rodoviária e o tráfego alteram processos físicos (mecânica dos sedimentos), químicos (introdução de poluentes), biológicos (modificações em comunidades) e as sinergias locais entre elementos bióticos e abióticos (entrada de energia e efeitos de borda) (Forman & Alexander 1998, Spellerberg 1998, Forman 2000, Seiler 2001, Primack & Rodrigues 2001, Coffin 2007, Walker *et al.* 2013). Essas alterações deletérias nos processos naturais resultam em impactos e efeitos ecológicos diversos sobre os ecossistemas (em diferentes escalas de tempo e de paisagem).

### **a) Impactos bióticos da infraestrutura e do tráfego rodoviário**

A supressão vegetal, em toda a faixa de domínio da rodovia, causa aumento da luminosidade e dos ventos e redução da umidade e da temperatura (Seiler 2001, Coffin 2007). Essas alterações microclimáticas resultam em efeitos de borda com potencial de modificar a composição de espécies da comunidade (Primack & Rodrigues 2001).

Trepadeiras e outras espécies pioneiras acabam colonizando as novas bordas formadas devido à disponibilidade de luz solar (Primack & Rodrigues 2001). As áreas adjacentes à infraestrutura rodoviária representam, assim, perda direta de habitat e consequentemente da biota (Spellerberg 1998, Seiler 2001).

No Cerrado, áreas perturbadas (com solo revolvido) ou degradadas (cortes e caixas de empréstimo), às margens de estradas, apresentam maior incidência de flora ruderal (nativa e exótica) (Hoffmann *et al.* 2004, Klink & Machado 2005, Moro *et al.* 2012). Gramíneas exóticas invasoras (principalmente de origem africana) constituem um dos principais agentes modificadores do bioma (Klink & Machado 2005). A biomassa vegetal acrescida nesses ambientes pode, ainda, alterar o regime de fogo natural do Cerrado (Hoffmann 1996).

Os cortes de formações vegetais fechadas, para a composição do traçado da rodovia, prejudicam espécies de interior de florestas (Seiler 2001). Aterros rodoviários podem impactar ambientes úmidos e habitats ribeirinhos devido às mudanças na hidrologia local (alterações na erosividade dos solos, drenagem e sedimentação) (Findlay & Bourdages 2000, Stephen & Frissell 2000).

A velocidade média dos veículos e o volume de tráfego nas rodovias também são agentes de perturbação ao meio ambiente (Seiler 2001, Vieira & Dos Santos 2015, Jacobson *et al.* 2016). São emissões e distúrbios causados pelo tráfego: atropelamentos, poluição, iluminação, ruídos, vibrações e deslocamentos de ar (Seiler 2001, Jaeger *et al.* 2005, Vieira & Dos Santos 2015). O tráfego de veículos também contribui para a dispersão de espécies exóticas e o derramamento de grãos e outros recursos alimentares nas rodovias (Forman 2000, Seiler 2001, Hansen & Cleverger 2005).

#### **b) Impactos temporais da infraestrutura e do tráfego rodoviário**

Em termos de escala de tempo, a infraestrutura rodoviária e o tráfego causam impactos ambientais durante a implantação (rodovia nova ou em construção) e ao longo da operação da rodovia (obra consolidada) (Spellerberg 1998, Bager 2012). Durante a construção das rodovias, ocorrem impactos imediatos devido à necessidade de supressão vegetal e obras de corte, nivelamento e preenchimento (Seiler 2001). A

mineração de agregados para o leito da pista e o estaqueamento de encostas alteram o relevo da paisagem e os processos erosivos (Spellerberg 1998, Seiler 2001).

Em rodovias novas, os animais começam a ser vitimados pelo tráfego (Spellerberg 1998). As novas bordas ambientais formadas e a linearidade das pistas resultam em microclimas diversos (Spellerberg 1998). Mudanças na densidade do solo e no relevo alteram a drenagem superficial e os fluxos de água subterrânea (Spellerberg 1998, Seiler 2001). O tráfego passa a funcionar como fonte de poluição química do ar e da água (Seiler 2001, Coffin 2007).

Em rodovias consolidadas, locais adjacentes de escavação e alterações na drenagem superficial podem impactar ambientes úmidos (Findlay & Bourdages 2000). Serviços e obras de manutenção rodoviária podem contaminar o meio ambiente circundante (Seiler 2001). Também são impactos bióticos de rodovias consolidadas: continuidade dos atropelamentos de animais pelo tráfego, beneficiamento de espécies exóticas e de borda, redução da densidade populacional de espécies, isolamento de populações, depressão endogâmica, formação de vórtices de extinção e extinção local de espécies (Caughley 1994, Spellerberg 1998, Forman 2000, Benítez-López *et al.* 2010).

### **c) Efeitos da infraestrutura e do tráfego rodoviário na paisagem**

Os efeitos ecológicos da estrutura espacial das rodovias podem ser estudados em diferentes perspectivas (desde ecossistemas locais até amplas extensões territoriais). A construção de rodovias é uma das fontes antrópicas de heterogeneidade espacial resultando na fragmentação de habitats, remoção de ecossistemas, reconfiguração do relevo e promoção da rede viária local (estradas vicinais) (Coffin 2007, DNIT 2007, Walker *et al.* 2013).

A extensão e a intensidade dos efeitos ecológicos das rodovias variam de acordo com as formações circundantes do terreno e especificidades locais (Forman & Alexander 1998, Coffin 2007, Benítez-López *et al.* 2010). A zona afetada pela rodovia ou “zona de efeito de estrada” pode variar de alguns metros a vários quilômetros das margens das vias (Forman 2000, Forman & Deblinger 2000, Seiler 2001, Benítez-López *et al.* 2010). Efeitos de borda são perceptíveis a 500 metros, no interior de

fragmentos florestais, das novas bordas formadas (Laurance 1991). Forman (2000) em estudo sobre áreas ecologicamente impactadas por estradas e rodovias, estimou que um quinto da área terrestre dos Estados Unidos da América é afetado pelo sistema rodoviário.

A zona de efeito de estrada varia de acordo com o volume de tráfego, fragmentação de habitats e alterações na unidade dominante da paisagem (matriz), ao longo das rodovias (Forman 2000, Laurance *et al.* 2009, Ascensão *et al.* 2013). A infraestrutura rodoviária, como promotora do desenvolvimento econômico e da rede viária local, pode resultar em extensas áreas da paisagem impactadas pela rodovia (Forman 2000, Coffin 2007, Laurance *et al.* 2009).

#### **d) Efeitos das rodovias sobre o comportamento da fauna silvestre**

A existência de rodovias na paisagem influencia diretamente o movimento e o comportamento da fauna de vertebrados silvestre (Andrews 1990). Devido às diversas larguras possíveis da zona de efeito de estrada, as espécies são afetadas de formas distintas e respondem diferentemente às perturbações e fragmentações de habitats (Forman & Alexander 1998, Seiler 2001, Walker *et al.* 2013). O tráfego também pode afugentar a fauna silvestre e acabar isolando populações (Spellerberg 1998, Forman *et al.* 2003).

Os efeitos clássicos das rodovias sobre o comportamento da fauna silvestre são: barreira, perturbação-evitação e preferência-corredor (Andrews 1990, Trombulak & Frissell 2000, Findlay & Bourdages 2000, Stephen & Frissell, 2000, Seiler 2001, Coffin 2007, Benítez-López *et al.* 2010). As rodovias podem atuar como barreiras ao movimento dos animais pela combinação dos distúrbios do tráfego, efeitos de borda e obstáculos físicos (Trombulak & Frissell 2000, Seiler 2001). O efeito de barreira sobre a fauna silvestre se estende a uma área mais ampla, em comparação ao efeito dos atropelamentos (Forman & Alexander 1998).

A evitação consiste no comportamento, apresentado por alguns táxons, de afastamento parcial de áreas de rodovias e de seu entorno. A perturbação e degradação do entorno da rodovia afasta predadores e espécies de interior de florestas (Forman & Alexander 1998, Seiler 2001). O efeito de evitação pode ser agravado

devido ao volume de tráfego, velocidade da via e comportamentos de repulsa de certos táxons (Reijnen *et al.* 1995, Jacobson *et al.* 2016).

O efeito de preferência ou corredor ocorre quando a infraestrutura da rodovia, recursos oriundos do tráfego ou elementos naturais circundantes se tornam atraentes para a vida silvestre (Seiler 2001). Nas rodovias, são elementos de atração para a fauna silvestre: os corredores de mobilidade, recursos alimentares (grãos, plantas herbáceas, carniça, etc) e obras de arte (drenos, bacias, pontes, viadutos e túneis) (Harris & Scheck 1991, Forman & Alexander 1998, Spellerberg 1998, DNIT 2007, Le Viol *et al.* 2012). Esses elementos atrativos, localizados nas pistas ou às margens das rodovias, podem funcionar como armadilhas ecológicas (Harris & Scheck 1991), devido aos riscos de atropelamentos.

## **1.2. Rodovias e fauna silvestre no Cerrado brasileiro**

O Bioma Cerrado, domínio morfoclimático do Planalto Central Brasileiro, apresenta clima classificado como *Aw* de Köppen (tropical chuvoso), com forte sazonalidade (invernos secos e verões chuvosos) (Ribeiro & Walter 1998, Cardoso *et al.* 2015). A estação chuvosa é concentrada nos meses de outubro a março (Ribeiro & Walter 1998). O Cerrado constitui o maior domínio de vegetações abertas da América do Sul (2 milhões de Km<sup>2</sup>) e o segundo maior bioma do Brasil (21% da superfície do país) (Borlaug 2002, Klink & Machado 2005).

O Cerrado é caracterizado como um complexo de formações vegetais savanícolas e formações intermediárias entre campos e florestas (Coutinho 1978). Essas formações apresentam fitofisionomias diversas (Ribeiro & Walter 1998), adaptadas a características locais de solo (Haridasan 1992), altura do lençol freático (Eiten 1993) e regime de fogo (Furley 1999). O Cerrado é considerado um *Hotspot* da Biodiversidade Mundial devido à diversidade biológica presente e às ameaças representadas pela expansão agropecuária, desmatamento, urbanização e construção de estradas (Myers *et al.* 2000, Carvalho *et al.* 2009).

A região do Planalto Central Brasileiro é entrecortada por importantes rodovias federais, as quais partem de Brasília em direção aos extremos do país (Brasil 1973, DNIT 2007). Essas rodovias são oriundas de projetos desenvolvimentistas do governo

federal executados nas décadas de 1950 a 1970 (Castro *et al.* 2003, Andrade 2012). As obras rodoviárias concretizadas nesse período foram realizadas à margem das peculiaridades ambientais locais e do necessário ordenamento territorial (Brasil 1981, MMA 2013, Machado *et al.* 2015). Paralelamente, houve intensa ação estatal para ocupação e produção agropecuária na região dos cerrados (Pires 2000).

Atualmente, a maior parte dos modelos de produção agropecuária praticados no Cerrado é integrada ao sistema agroalimentar mundial (Pires 2000). Nesses modelos, ocorre intensa supressão da vegetação nativa e abertura de novas áreas para culturas consideradas *commodities* no mercado internacional (principalmente grãos) (Pires 2000, Klink & Machado 2005). Também, ocorrem diversas obras de duplicação de faixas em rodovias consolidadas e ampliação da rede rodoviária na região dos cerrados (Castro *et al.* 2003, Klink & Machado 2005). Essas melhorias na infraestrutura rodoviária facilitam o escoamento da produção agrícola (em especial da soja) visando à exportação por meio de portos marítimos (Da Cunha *et al.* 2010, Correa & Ramos 2010).

A paisagem do Cerrado brasileiro caminha, assim, para se converter em ilhas de vegetação nativa imersas numa matriz de agroecossistemas. A pressão sobre a fauna silvestre no bioma ocorre com a intensa perda de habitat (Machado *et al.* 2015). Nesse cenário, o encontro da fauna com as rodovias, devido à fragmentação de habitats, disponibilidade de corredores de mobilidade e de recursos alimentares (Harris & Scheck 1991, Forman & Alexander 1998, Machado *et al.* 2015), tem se tornado cada vez mais frequente. Diversos trabalhos têm apresentado os impactos das rodovias sobre a fauna silvestre de vertebrados no Cerrado (Da Cunha *et al.* 2010, Freitas *et al.* 2012, De Carvalho *et al.* 2014, Souza *et al.* 2015, Machado *et al.* 2015, Braz & França 2016, Miranda *et al.* 2017, Carvalho *et al.* 2017, Valadão *et al.* 2018).

### **1.3. Rodovia BR-010 e fauna silvestre atropelada na APA Pouso Alto**

A rodovia BR-010, também conhecida como Rodovia Bernardo Sayão ou Rodovia Transbrasiliense, é uma rodovia federal que têm origem no anel viário de Brasília (DNIT 2007). Inaugurada em 1960, o trecho entre a divisa Distrito Federal-Goiás e o Nordeste Goiano foi asfaltado em 1985 (Rolim 1960; ICMBio 2009a). Após o asfaltamento da

BR-010, houve um aumento gradativo do turismo e do setor terciário na região da Chapada dos Veadeiros (ICMBio 2009a).

Em Goiás, a BR-010 é sobreposta pela rodovia estadual GO-118 (DNIT 2016). No estado, a rodovia apresenta pista simples, com somente um pavimento asfáltico compartilhado nos dois sentidos de circulação (mão dupla), de 7,00 m de largura. O acostamento é irregular, ocorrendo trechos sem acostamento. A faixa de domínio da rodovia é de 40 metros, para cada um dos lados, a contar do eixo central da pista de rolamento (Goiás 2004).

A Chapada dos Veadeiros possui uma área de 21.475,60 Km<sup>2</sup> (aproximadamente 5,8% da área estadual) (MDA 2010). Apresenta as maiores altitudes do Centro-Oeste brasileiro e uma grande diversidade de habitats que favorecem endemismos nas diferentes fitofisionomias. Atualmente, a Chapada dos Veadeiros integra uma das áreas com maior grau de proteção ambiental do país. Além do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros (PNCV) (importante unidade de conservação do Cerrado brasileiro), recentemente ampliado pelo governo federal (Brasil 2017), estão presentes os seguintes instrumentos de proteção: Reserva da Biosfera do Cerrado (Goiás 1995), Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pirineus (JICA 2006) e Área de Proteção Ambiental de Pouso Alto (APA Pouso Alto) (Goiás 2001).

A APA Pouso Alto possui 8.720 Km<sup>2</sup> (aproximadamente 40% da área da Chapada dos Veadeiros) (SECIMA 2016a). Criada em 2001, pelo governo do estado de Goiás, abrange áreas dos municípios de São João D'Aliança, Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Colinas do Sul, Teresina de Goiás, dentre outros (Goiás 2001, SECIMA 2016a). A criação da APA Pouso Alto objetivou estimular o desenvolvimento sustentável e a preservar a flora, a fauna e os mananciais da região de Pouso Alto (Goiás 2001). A criação da APA Pouso Alto também visou ao desenvolvimento de pesquisas científicas para o combate das causas de degradação ambiental (SECIMA 2016a).

A rodovia BR-010 corta a APA Pouso Alto no sentido Norte-Sul. O tráfego na rodovia se intensifica em períodos de férias escolares e feriados prolongados. O turismo, em diversas modalidades (ecoturismo, etnoturismo, agroturismo, etc), se destaca como uma das principais atividades econômicas da região (SECIMA 2016b). Na APA Pouso Alto, assim como no cerrado goiano em geral, ocorre expansão de

áreas de pastagens e de monoculturas (soja, milho, trigo, cana-de-açúcar, feijão, etc) (SECIMA 2016b).

Os estudos sobre atropelamentos da fauna silvestre, na região da APA Pouso Alto, ocorreram em rodovias que margeiam o PNCV (Braz & França 2016, Ribeiro 2016). A área de estudos dessas pesquisas abrangeu trechos das rodovias BR-010 e GO-239 inseridos na Zona de Amortecimento da Unidade de Conservação (ICMBio 2009b, CONAMA 2010). Levantamentos sobre a magnitude da fauna atropelada em trechos de rodovias mais distantes do PNCV são escassos. Pesquisas dos impactos rodoviários na fauna de vertebrados, em vias não associadas às zonas de amortecimento de Unidades de Conservação, podem ampliar o conhecimento sobre as comunidades que vivem no entorno das rodovias (Bager *et al.* 2007, Van der Ree *et al.* 2011).

## **2. OBJETIVOS**

A presente pesquisa teve como objetivo geral avaliar aspectos ecológicos e espaciais relacionados com a fauna silvestre atropelada, em trecho da rodovia BR-010, localizado ao sul da APA Pouso Alto. Especificamente, os objetivos propostos foram:

- inventariar e identificar os táxons atropelados (hábitos e categorias tróficas);
- levantar a abundância, riqueza e constância dos táxons atropelados;
- calcular as taxas de atropelamento no trecho e nos subtrechos da rodovia;
- relacionar os pontos de atropelamento com a paisagem;
- levantar os *hotspots* de atropelamento;
- propor medidas para a proteção da fauna silvestre.

## **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **3.1 Área de estudo**

Os estudos ocorreram na APA Pouso Alto, região da Chapada dos Veadeiros localizada no nordeste do estado de Goiás (Figura 1). A área de estudo está localizada na Bacia do Rio Tocantinzinho (SECIMA 2016b). Apresenta rochas expostas e feições com relevo cárstico (SECIMA 2016b). Em baixas altitudes ocorrem planícies fluviais e

formações de matas de galeria enquanto que, nas maiores altitudes, ocorrem planaltos e campos de altitude (Felfili *et al.* 2007, SECIMA 2016c).

Foi monitorado um trecho de 33,63 Km da rodovia BR-010, situado na porção sul da APA Pouso Alto. O trecho monitorado está compreendido entre a entrada da APA Pouso Alto (ponte sobre o Rio Tocantinzinho) ( $14^{\circ}25'44.53''S$ ;  $47^{\circ}30'26.64''O$ ) e o início do perímetro urbano de Alto Paraíso de Goiás ( $14^{\circ}08'32''S$ ;  $47^{\circ}31'18''O$ ).

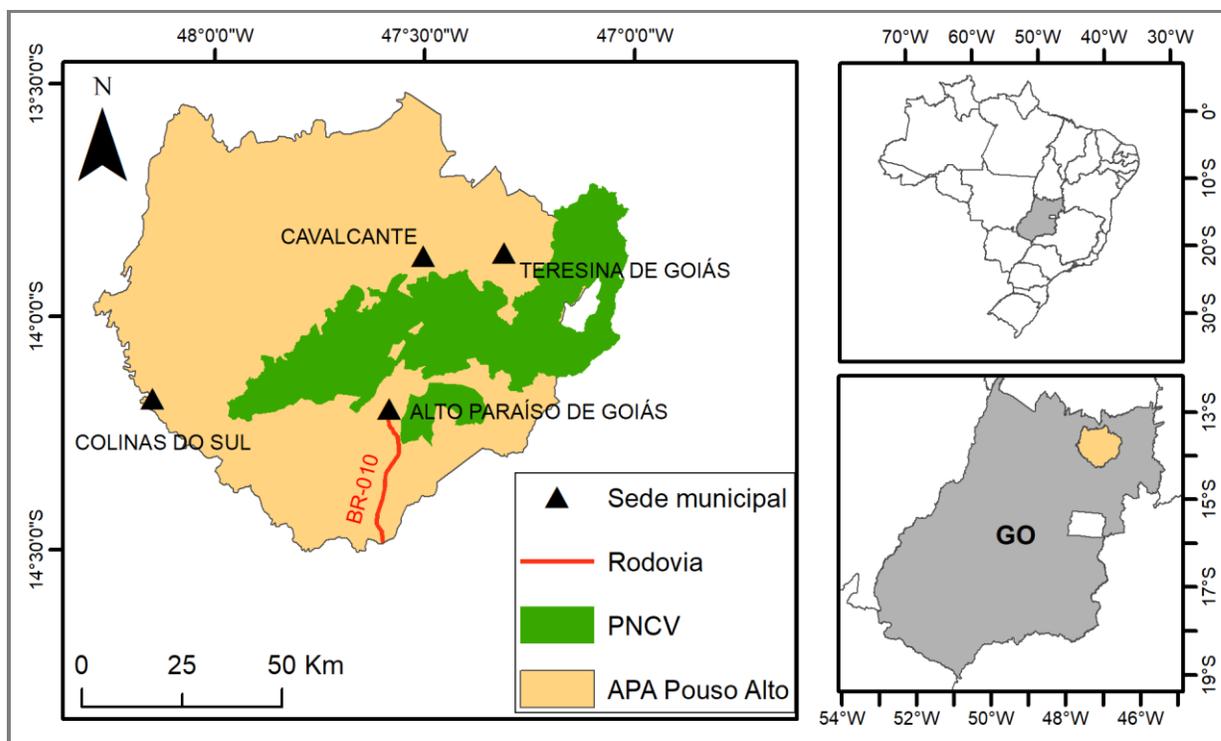


FIGURA 1 - Localização da APA Pouso Alto e do trecho pesquisado da Rodovia BR 010. Rodovia: trecho de interesse da BR 010; PNCV: área do PNCV após a ampliação (Brasil 2017). Elaborada por: Bárbara Zimbres.

De acordo com o zoneamento ambiental, constante do Plano de Manejo da APA Pouso Alto (SECIMA 2016a, 2016c), a maior parte do trecho está inserida na Zona de Uso Agropecuário Intensivo (ZUAI), cujo entorno é caracterizado por grandes lavouras e práticas de agricultura industrial (Figura 2). Na sequência, a rodovia atravessa Zonas de Preservação da Vida Silvestre (ZPVS) e a Zona de Amortecimento do PNCV (ZA PNCV). Essas últimas áreas estão situadas em altitudes superiores a 1.200m e o entorno da rodovia apresenta formações de campos rupestres, campos de altitude e de

murundus (SECIMA 2016c). São as zonas de usos antrópicos mais restritivos da APA Pouso Alto (SECIMA 2016c).

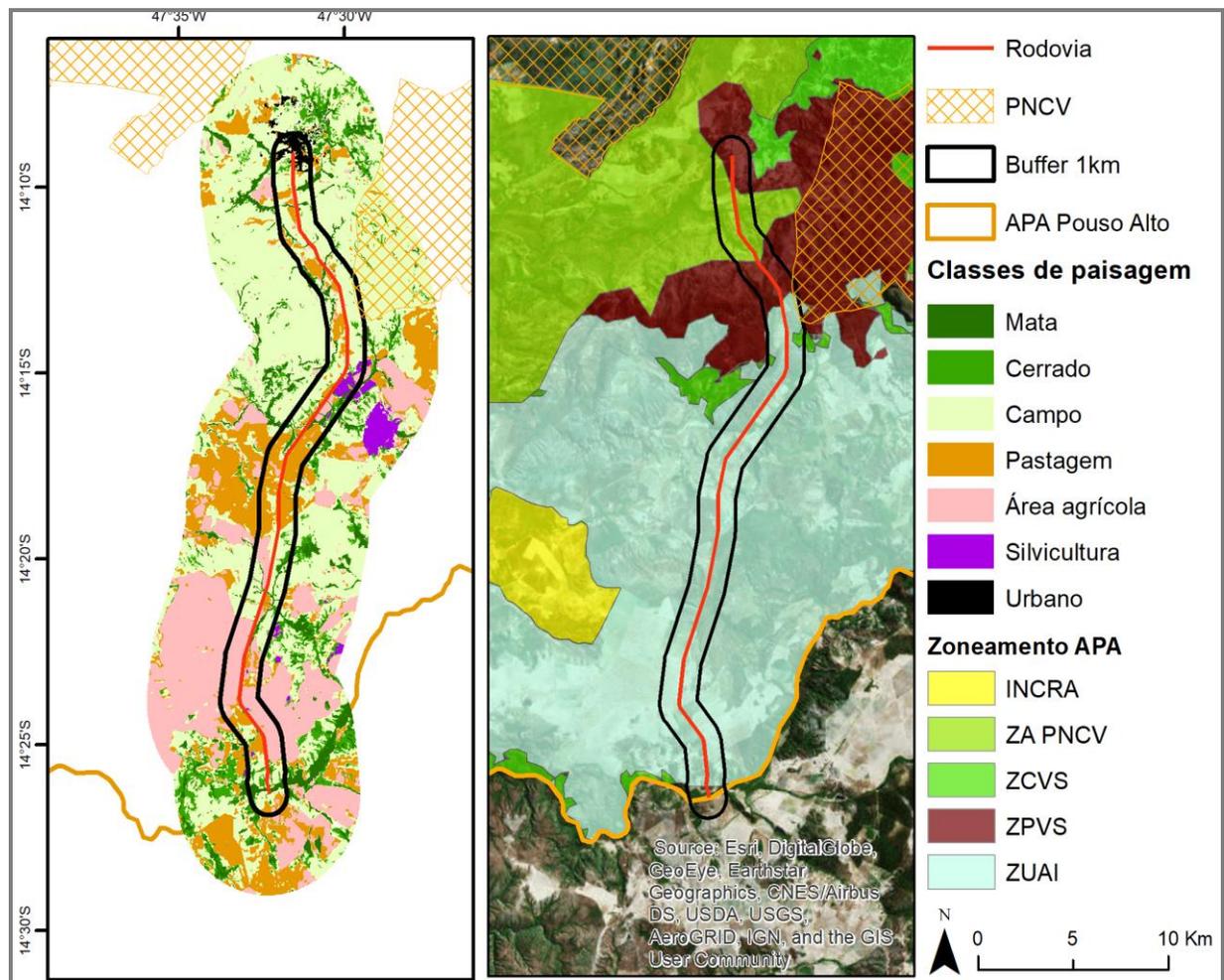


FIGURA 2 - Paisagem classificada e zoneamento ambiental do entorno da BR 010, na APA Pouso Alto. Figura da esquerda: classificação da paisagem; Figura da direita: zonas e subtrechos da BR 010 (ZA PNCV, ZPVS e ZUAI). Fontes: Mapbiomas e SECIMA (2016a). Elaborada por: Bárbara Zimbres.

Segundo a base de dados da plataforma MapBiomas ([www.mapbiomas.org](http://www.mapbiomas.org)), ano 2016, o entorno do trecho da rodovia pesquisada (*buffers* de 1 e 5 Km) apresenta as seguintes formações vegetais e usos do solo (classes de paisagem): áreas de mata, cerrado e campo, além de áreas de pastagem, agricultura, silvicultura e área urbana (Alto Paraíso de Goiás).

## **3.2 COLETA E ANÁLISES DE DADOS**

### **3.2.1 Amostragem dos táxons e dos pontos de atropelamentos**

Foram amostrados pontos de atropelamento de fauna silvestre detectados na Rodovia BR-010. Os dados foram coletados no período de maio de 2017 a abril de 2018, com frequência de 04 viagens mensais (resultando em 48 unidades amostrais). Para as análises de sazonalidade, as coletas realizadas em um mesmo mês foram agrupadas, de modo que cada mês correspondeu a uma unidade amostral (resultando em 12 unidades amostrais).

As coletas foram realizadas de carro, em velocidade de 40 a 50 Km/h (limites mínimos permitidos na rodovia pesquisada). O trecho foi percorrido entre 06:00 e 08:00 horas (período matutino), no sentido São João D'Aliança - Alto Paraíso de Goiás, e, entre 16:00 e 18:00 horas (período vespertino), no sentido Alto Paraíso de Goiás - São João D'Aliança. Carcaças encontradas nas faixas de rolamento ou nos acostamentos da rodovia foram fotografadas, sendo anotadas sua localização, com base nas coordenadas geográficas e na quilometragem aproximada. Também, foram registradas data, período do dia e estação do ano (seca ou chuvosa), para cada evento de atropelamento.

### **3.2.2 Identificação dos táxons atropelados**

Os táxons atropelados foram identificados dentro das classes/ordem de vertebrados amostradas (Aves, Amphibia, Mammalia ou Squamata - exceto aves) e, sempre que possível, a nível de espécie. Vertebrados não identificados foram anotados, dentro de cada classe, como Vertebrata NI. Aves e mamíferos foram classificados quanto aos hábitos (generalistas ou florestais) e categorias tróficas (frugívoros, granívoros, insetívoros, nectívoros, necrófagos ou onívoros). A identificação e a classificação dos animais seguiram literatura especializada (Sick 2001, Paglia *et al.* 2012, Piacentini *et al.* 2015, SBH 2017), livros-guias (Gwynne *et al.* 2010, Marques *et al.* 2016) e consultas a especialistas.

O estado das carcaças também foi avaliado visando estimar o tempo de permanência, dos restos de animais atropelados (dentro de cada classe), nas pistas de

rolamento ou nos acostamentos. Foram classificadas como recentes (atropelamentos ocorridos até um dia), carcaças resultantes de eventos imediatos ou recentes de atropelamentos (carcaças sem ou com pouca atuação de carniceiros, pouco inchamento e/ou cheiro). Carcaças que apresentavam muita atuação de carniceiros, cheiro forte, presença de larvas e insetos necrófagos ou carcaças reduzidas à pele, cartilagens ou ossos foram classificadas como antigas (resultantes de atropelamentos ocorridos há mais de um dia).

### **3.2.3 Abundância, riqueza e constância dos táxons atropelados**

Foram analisadas a abundância (N), riqueza (S) e constância (CO) dos táxons atropelados. A abundância e a riqueza foram estimadas de forma global (incluindo Vertebrata NI), em todo o trecho da rodovia pesquisada. Também, foram analisadas somente para indivíduos identificados a nível de gênero/espécie (dentro de cada classe), em cada subtrecho pesquisado (ZUAI, ZPVS e ZA PNCV). Foram realizadas, ainda, as curvas de acumulação de espécies, baseadas em tabelas de abundância por classe, por meio do Software R-3.5.1 (Vegan Package).

A determinação da constância dos animais atropelados (gêneros e espécies) foi realizada por meio do Índice de Constância de Ocorrência (ICO) (Dajoz 2005). O ICO é definido pela fórmula:

$$ICO = \frac{pi}{P} \times 100$$

onde: CO = valor de constância da espécie, pi = número de amostras contendo a espécie e P = número total de amostras. A espécie foi considerada constante quando  $CO \geq 50\%$ , comum, quando  $25\% \leq CO \leq 50\%$  e acidental, quando  $CO \leq 25\%$ .

### **3.2.4 Cálculo das taxas de atropelamento**

A taxa de atropelamento total (TAT), no trecho da Rodovia BR-010, e as taxas de atropelamento (Ta), em cada subtrecho, foram estimadas com base no número de animais atropelados/extensão da rodovia/tempo (animais/km/ano). A razão entre o total de atropelamentos e o total de quilômetros percorridos mensalmente, no decorrer dos

12 meses de monitoramento, resultou em taxas mensais de atropelamento (animais/km/mês).

### **3.2.5 Variação sazonal dos atropelamentos**

Para verificar se existem diferenças significativas nas taxas mensais de atropelamento, entre as estações seca e chuvosa, nas classes amostradas e para as espécies mais abundantes, foi realizado o teste t, por meio do Software R-3.5.1. Foram utilizados dados mensais de precipitação da Estação Automática de Alto Paraíso de Goiás (INMET 2018). Tendo em vista o volume mensal de precipitação acumulado (mm), no período de estudos, foi considerada como estação seca os meses de maio a outubro de 2017 e como estação chuvosa os meses de novembro de 2017 a abril de 2018.

### **3.2.6 Classificação da paisagem e *hotspots* de atropelamentos**

A relação dos pontos de atropelamento com a paisagem seguiu os seguintes passos: (1) foi testado o agrupamento dos pontos, ao longo do trecho da rodovia, visando avaliar se houve, e em quais escalas, agrupamento significativo dos eventos de atropelamento; (2) o trecho da rodovia foi dividido em segmentos baseados nessas escalas, os quais foram analisados para a classificação de *hotspots* de atropelamentos; e (3) os segmentos foram relacionados à paisagem para testar a interação entre as métricas da paisagem e a localização dos *hotspots*. Esses passos foram repetidos para a comunidade total atropelada e para as classes de aves, anfíbios e mamíferos (grupos de análise). O número de eventos envolvendo Squamata não foi suficiente para analisar possíveis *hotspots* e, portanto, essa ordem foi incluída somente nas análises da comunidade total.

Análises de agrupamento foram realizadas de acordo com o método K de Ripley, em que uma função de densidade ( $L(d)$ ) dos atropelamentos, em diferentes raios de agrupamento, é testada para identificar se os pontos estão mais agrupados ( $L_{observado} > L_{esperado}$ ), mais dispersos ( $L_{observado} < L_{esperado}$ ) ou de acordo com o esperado ao acaso

( $L_{observado} = L_{esperado}$ ). Com o resultado dessas análises foram identificadas as escalas (comprimentos) de segmentação do trecho da rodovia.

Os segmentos resultantes foram, então, classificados de acordo com sua importância na concentração dos eventos de atropelamento (Malo *et al.* 2004). Nesse método, a probabilidade de cada segmento apresentar eventos de atropelamento é calculada, conforme a distribuição do Teste de Poisson: segmentos que apresentarem probabilidade maior do que o esperado ao acaso são classificados como *hotspots*. O intervalo de confiança utilizado na definição dos *hotspots* foi de 90%. A distribuição do número de registros (na maior parte das classes amostradas) foi insuficiente para permitir análises com intervalo de 95%.

Por fim, uma análise de regressão logística múltipla foi realizada para testar o status dos segmentos (classificados como *hotspots*: 1 / não classificados: 0), em relação a paisagem do entorno da rodovia. Para isso, a análise da paisagem foi realizada em duas escalas: uma escala local (*buffer* de 1 km) e uma escala mais ampla (*buffer* de 5 km) (Figura 3). A paisagem classificada, dentro de cada *buffer*, foi obtida da plataforma MapBiomas. Foi gerado um mapa classificado, baseado em imagens Landsat 8, com resolução de 30 metros. No entanto, algumas discrepâncias foram observadas no mapa gerado, como em relação à localização das matas de galeria (elementos da paisagem fundamentais para a dispersão da fauna silvestre e que, ao não apresentarem largura superior a 30 metros, não foram captadas na classificação). Por isso, todas as matas de galeria constantes das paisagens analisadas foram desenhadas à mão, por meio do Programa Google Earth (ficando com resolução de 1 m). Também, foram corrigidas manualmente discrepâncias observadas em áreas de campo nativo e áreas de pastagem.

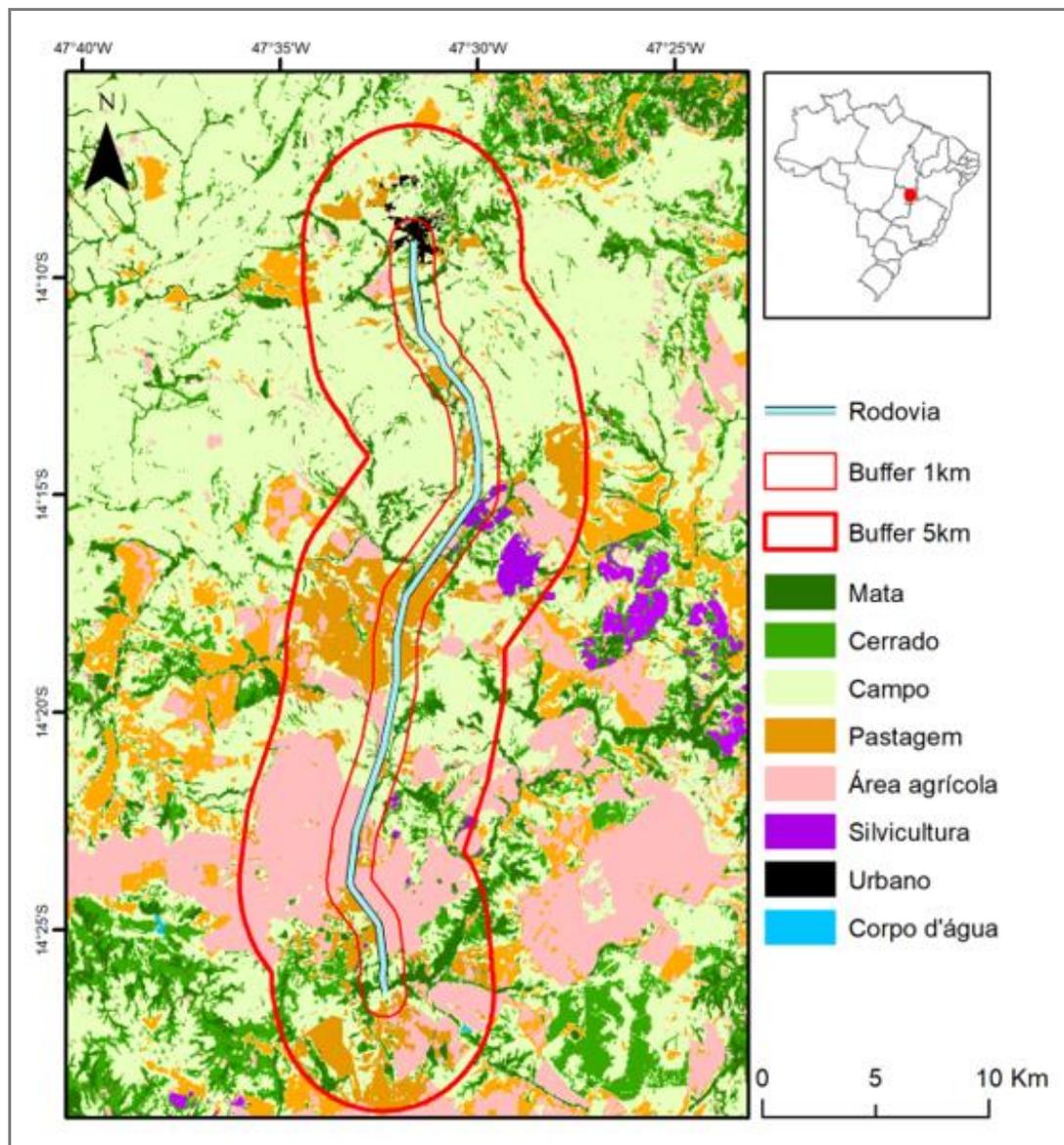


FIGURA 3 - Detalhe da paisagem classificada obtida do Mapbiomas e *buffers* utilizados para a quantificação das métricas de paisagem. Elaborada por: Bárbara Zimbres.

Com base nas paisagens classificadas e corrigidas foram geradas as seguintes variáveis: (1) proporção de vegetação nativa (campos, matas e cerrados); (2) proporção de matas de galeria; (3) proporção de áreas de agricultura; (4) proporção de áreas de pastagem, e; (5) Outros (proporção de áreas de silvicultura, área urbana e corpos d'água). Todas as análises foram realizadas no ArcGIS 10.4 (ESRI 2016), exceto a análise de *hotspots*, que foi feita no Software R-3.4.3 (DeadCanMove Package) (Barbosa *et al.* 2017).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### a) Identificação e ecologia da fauna atropelada

Foram realizadas 48 amostragens na rodovia BR-010 e percorridos, ao todo, 1614,24 Km. No período de maio de 2017 a abril de 2018, foram registrados 172 eventos de atropelamentos de animais silvestres. Todos os animais foram identificados como pertencentes às classes de vertebrados amostradas sendo 76 aves, 40 anfíbios, 38 mamíferos e 18 répteis. Considerando somente os animais inventariados a nível de gênero/espécie: Aves foi a classe mais rica (S=30), seguida por Amphibia (S=11), Squamata (S=10) e Mammalia (S=9) (Tabela 1).

TABELA 1 - Táxons atropelados nas estações seca e chuvosa na Rodovia BR 010, APA Pouso Alto, Goiás, Brasil. Classes/ordem = menor nível taxonômico associado a carcaça (gênero/espécie); Seca/chuva = nº de registros por estações; CO = valor de constância da espécie.

AVES	Nome Comum	Seca	Chuva	CO (%)
<i>Amazona aestiva</i>	Papagaio-verdadeiro	0	1	2,08
<i>Ammodramus humeralis</i>	Tico-tico-do-campo	0	1	2,08
<i>Baryphthengus ruficapillus</i>	Juruva-verde	1	0	2,08
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro-amarelo	1	0	2,08
<i>Caracara plancus</i>	Carará	0	2	4,17
<i>Cariama cristata</i>	Seriema	1	2	6,25
<i>Colaptes campestris</i>	Pica-pau-do-campo	0	2	4,17
<i>Colibri serrirostris</i>	Beija-flor-de-orelha-violeta	1	0	2,08
<i>Columbina talpacoti</i>	Rolinha-roxa	2	0	4,17
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-de-cabeça-preta	1	0	2,08
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	1	1	4,17
<i>Crypturellus parvirostris</i>	Inhambu-chororó	3	0	6,25
<i>Emberizoides herbicola</i>	Canário-do-campo	1	0	2,08
<i>Eupetomena macroura</i>	Beija-flor-tesoura	1	1	4,17
<i>Guira guira</i>	Anu-branco	1	2	6,25
<i>Heliactin bilophus</i>	Chifre-de-ouro	0	1	2,08
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Andorinha-pequena	0	1	2,08
<i>Phacellodomus ruber</i>	Graveteiro	1	0	2,08
<i>Rhyncothus rufescens</i>	Perdiz	0	4	8,33
<i>Saltator atricollis</i>	Bico-de-pimenta	1	0	2,08
<i>Sicalis citrina</i>	Canário-rasteiro	0	1	2,08
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra	0	3	6,25
<i>Sicalis sp.</i>	Canário	0	2	4,17
<i>Sporophila sp.</i>	Papa-capim	1	7	16,67
<i>Synallaxis sp.</i>		1	0	2,08
<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaço-cinza	0	1	2,08

<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra	0	1	2,08
<i>Turdus amaurochalinus</i>	Sabiá-poca	1	0	2,08
<i>Turdus rufiventris</i>	Sabiá-laranjeira	1	0	2,08
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	2	13	31,25
NI		4	4	16,67
<b>Total Classe Aves</b>		<b>26</b>	<b>50</b>	
<b>AMPHIBIA</b>				
<i>Eupemphix nattereri</i>	Quatro-olhos	0	4	8,33
<i>Hypsiboas albopunctatus</i>	Perereca-cabrinha	0	2	4,17
<i>Leptodactylus labyrinthicus</i>	Rã-pimenta	0	1	2,08
<i>Odontophrynus salvatori</i>	Sapo verrucoso	0	1	2,08
<i>Physalaemus</i> sp.	Rã	0	1	2,08
<i>Pithecopus</i> sp.	Perereca-das-folhagens	0	1	2,08
<i>Rhinella rubescens</i>	Cururu-vermelho	0	4	8,33
<i>Rhinella schneideri</i>	Sapo-cururu	0	11	22,92
<i>Rhinella</i> sp.	Sapo	2	1	6,25
<i>Scinax</i> sp.	Perereca	0	1	2,08
<i>Siphonops paulensis</i>	Cecília	0	4	8,33
NI		0	7	14,58
<b>Total Classe Amphibia</b>		<b>2</b>	<b>38</b>	
<b>MAMMALIA</b>				
<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro-do-mato	11	6	35,42
Chiroptera NI	Morcego	0	1	2,08
<i>Chrysocyon brachyurus</i> *	Lobo-guará	0	1	2,08
<i>Conepatus semistriatus</i>	Cangambá	3	2	10,42
Dasypodidae NI	Tatu	1	0	2,08
<i>Dasybus septemcinctus</i>	Tatuí	3	0	6,25
<i>Didelphis albiventris</i>	Saruê	1	1	4,17
<i>Lycalopex vetulus</i>	Raposa-do-campo	2	0	4,17
Muridae NI	Roedor	1	2	6,25
<i>Nasua nasua</i>	Quati	0	1	2,08
<i>Oecomys</i> sp.	Roedor	1	0	2,08
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim	1	0	2,08
<b>Total Classe Mammalia</b>		<b>24</b>	<b>14</b>	
<b>SQUAMATA</b>				
<i>Ameiva ameiva</i>	Calango-verde	0	3	6,25
<i>Amphisbaena alba</i>	Cobra-de-duas-cabeças	0	2	4,17
<i>Crotalus durissus</i>	Cascavel	1	1	4,17
<i>Epicrates cenchria</i>	Jibóia-arco-íris	0	1	2,08
<i>Liophis reginae</i>	Jabutibóia	0	1	2,08
<i>Oxyrhopus</i> sp.	Falsa-coral	1	3	8,33
<i>Philodryas nattereri</i>	Corre-campo	0	1	2,08
<i>Polychrus acutirostris</i>	Lagarto-preguiça	0	1	2,08
<i>Salvator merianae</i>	Teiú	0	1	2,08
Squamata NI	Cobra	0	1	2,08
<i>Xenodon merremii</i>	Boipeva	1	0	2,08

<b>Total Ordem Squamata</b>	<b>3</b>	<b>15</b>	
<b>Total Geral</b>	<b>55</b>	<b>117</b>	

(\*) Comunicação verbal de Fernando Tatagiba.

As curvas de acumulação de espécies não mostraram tendência à estabilização dos valores de riqueza (Figura 4). Esses resultados indicam que as amostragens realizadas ainda não registraram todas as espécies suscetíveis a atropelamentos no trecho da rodovia. Braz & França (2016), em levantamento da fauna atropelada (2006 a 2008), realizado em trechos de rodovias incluídos na ZA PNCV, não verificaram estabilização das curvas de acumulação de espécies. Souza e colaboradores (2015) também amostraram riqueza menor do que a esperada para a herpetofauna atropelada, em rodovia no Cerrado do Brasil Central.

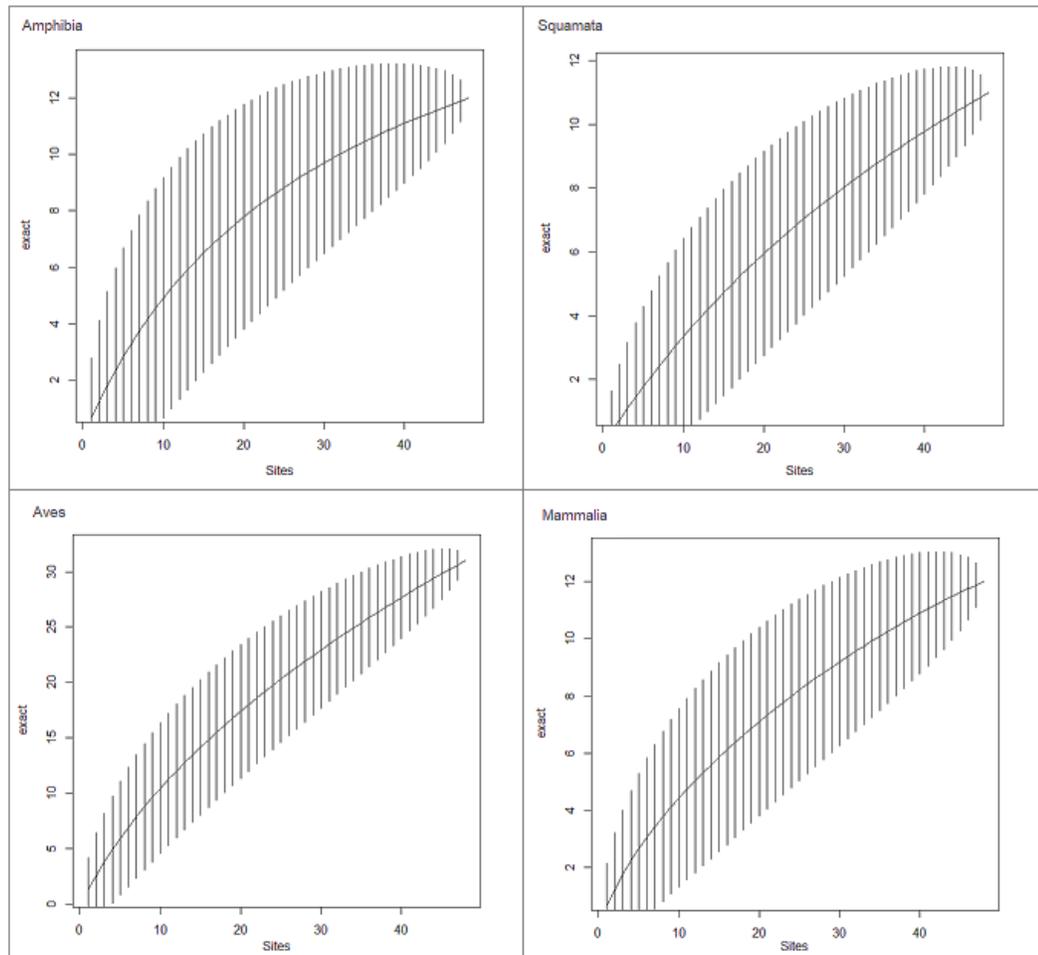


FIGURA 4 - Curvas de acumulação de espécies de Amphibia, Aves, Mammalia e Squamata atropelados na Rodovia BR 010, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Linha curva: riqueza amostrada, linhas verticais: desvios padrão.

Aves (S=30; n=76) e Amphibia (S=11; n=40) foram as classes que apresentaram maior riqueza e abundância. Embora os atropelamentos de animais de médio e grande porte sejam os eventos com maior visibilidade em pesquisas de ecologia de estradas (Vieira 1996, Bager *et al.* 2007, Miranda *et al.* 2017), são os pequenos vertebrados as maiores vítimas do tráfego nas rodovias (Forman *et al.* 2002, Clevenger *et al.* 2003, Grilo *et al.* 2010, Cunnington *et al.* 2014, Souza *et al.* 2015). Essa divergência se deve à reduzida biomassa das carcaças desses organismos que facilita sua rápida remoção das rodovias (por ação de carniceiros, do tráfego ou de águas pluviais) (Seiler 2001, Teixeira *et al.* 2013, Ratton *et al.* 2014)

Aves são atraídas para as rodovias devido à disponibilidade de poleiros nas áreas abertas do entorno (Clevenger *et al.* 2003, Grilo *et al.* 2010). No caso dos anfíbios, caixas de empréstimo e obras de arte podem acumular águas das chuvas e servir de poças temporárias para as assembleias (Le Viol *et al.* 2012, Cunnington *et al.* 2014).

Quanto à riqueza e constância, 96,7% das espécies (S=58) foram espécies acidentais. Somente 3,3% das espécies (S=2) foram espécies comuns e nenhuma espécie foi classificada como constante. As espécies mais registradas durante o ano de estudos foram *Cerdocyon thous* (n=17; CO=35,42%), *Volatinia jacarina* (n=15; CO=31,25%) e *Rhinella schneideri* (n=11; CO=22,92%). *V. jacarina* e *R. schneideri* também foram espécies abundantes nos registros de Braz & França (2016), na rodovia GO-239 (entorno do PNCV). *C. thous* é uma das espécies com maior número de registros de atropelamento no Cerrado (Vieira 1996, Rodrigues *et al.* 2002, Melo & Santos-Filho 2007, Da Cunha *et al.* 2010, Freitas *et al.* 2012).

A abundância de *V. jacarina* pode estar relacionada com gramíneas existentes nas margens da rodovia BR-010 (Dias *et al.* 2009). *Rhinella schneideri* é uma espécie generalista que realiza migrações sazonais à procura de recursos (disponibilidade de água, alimentos, agregações reprodutivas, etc) (Trombulak & Frissel 2000, Lemckert 2004, Frost 2011). Também generalista, em habitat e dieta, o *C. thous* apresenta tolerância a ambientes antropizados (De Barros Ferraz *et al.* 2010, Beisiegel *et al.* 2013). As características dessas espécies podem aumentar suas interações com a rodovia, o que acaba resultando em maior número de indivíduos atropelados.

Em relação aos mamíferos, as espécies mais encontradas atropeladas, além de *C. thous*, foram *Conepatus semistriatus* (n=5; CO=10,42%) e *Dasypus septemcinctus* (n=3; CO=6,25%). Entre as aves, as espécies mais atropeladas, depois de *V. jacarina*, foram *Sporophila* sp. (n=8; CO=16,67%) e *Rhynchothus rufescens* (n=4; CO=8,33%). Além de *R. schneideri*, as espécies de anfíbios mais encontradas atropeladas foram *Rhinella rubescens*, *Eupemphix nattereri* e *Siphonops paulensis*, todas com 04 registros (CO=8,33%). Entre os répteis, *Oxyrhopus* sp. (n=4; CO=8,33%) e *Ameiva ameiva* (n=3; CO=6,25%) foram as espécies com mais registros de atropelamento.

Quanto às condições das carcaças encontradas, 80,8% (n=139) eram recentes e 19,2% (n=33) eram antigas (Figura 5). Considerando apenas as carcaças recentes, 49,0% (n=68) eram de aves, 25,9% (n=36) eram de anfíbios, 12,9% (n=18) eram de mamíferos e 12,2% (n=17) eram de répteis. Entre as carcaças antigas, 60,7% (n=20) eram de mamíferos, 24,2% (n=8) eram de aves, 12,1% (n=4) eram de anfíbios e 3,0% (n=1) eram de répteis. Esses dados corroboram o entendimento geral de que animais com maiores biomassas apresentam maiores chances de detecção, em estudos de ecologia de estradas (devido ao tempo de permanência das carcaças nas rodovias) (Forman *et al.* 2002).

Entre todos os dados de atropelamentos, 61% (n=105) foram registrados no período matutino do dia e 39% (n=67) no período vespertino do dia. Considerando apenas as carcaças recentes, foram 83 registros no período matutino, 39,8% (n=33) de Aves, 33,7% (n=28) de anfíbios, 18,1% (n=15) de mamíferos e 8,4% (n=7) de répteis e 56 registros no período vespertino, 62,5% (n=35) de aves, 17,8% (n=10) de répteis, 14,3% (n=8) de anfíbios, 5,4% (n=3) de mamíferos. Com esses dados foi possível inferir que, possivelmente, a maior parte dos registros de mamíferos (83,3%; n=15) e anfíbios (77,8%; n=28) foram resultantes de atropelamentos ocorridos no período noturno ou no início da manhã.



FIGURA 5 - Carcaças de vertebrados encontradas na Rodovia BR 010. Coluna da esquerda = carcaças recentes (atropelamentos imediatos/menos de 01 dia), coluna da direita = carcaças antigas (atropelamentos com mais de 01 dia). Onde: Av = Aves, Am = Amphibia, Ma = Mammalia, Sq = Squamata. Fonte: o autor.

A presença de rodovias resulta em alterações no comportamento e nos hábitos alimentares das classes de organismos (Andrews 1990, Coffin 2007). Quanto ao habitat, 95% das espécies (S=57) encontradas atropeladas, no presente estudo, são classificadas como generalistas. Apenas *Nasua nasua*, *Baryphthengus ruficapillus* e *Phacellodomus ruber* são classificadas como espécies florestais. Esses dados podem ser explicados pelos efeitos ambientais das rodovias, tais como: favorecimento de espécies oportunistas e de borda, pouca disponibilidade de formações vegetais fechadas ou mesmo pela extinção local de espécies (Caughley 1994, Forman & Alexander 1998, Walker *et al.* 2013).

Em relação às categorias tróficas de aves e mamíferos atropelados, 45% das espécies são classificadas como onívoras e 37% como granívoras (Figura 6). Ambientes degradados e modificados do entorno da rodovia beneficiam troficamente espécies onívoras (espécies com maior plasticidade) (Seiler 2001, Beisiegel *et al.* 2013). Aves granívoras são atraídas pela disponibilidade de grãos, oriundos do tráfego, ou de gramíneas, das margens das rodovias (Forman & Alexander 1998, Hansen & Clevenger 2005).

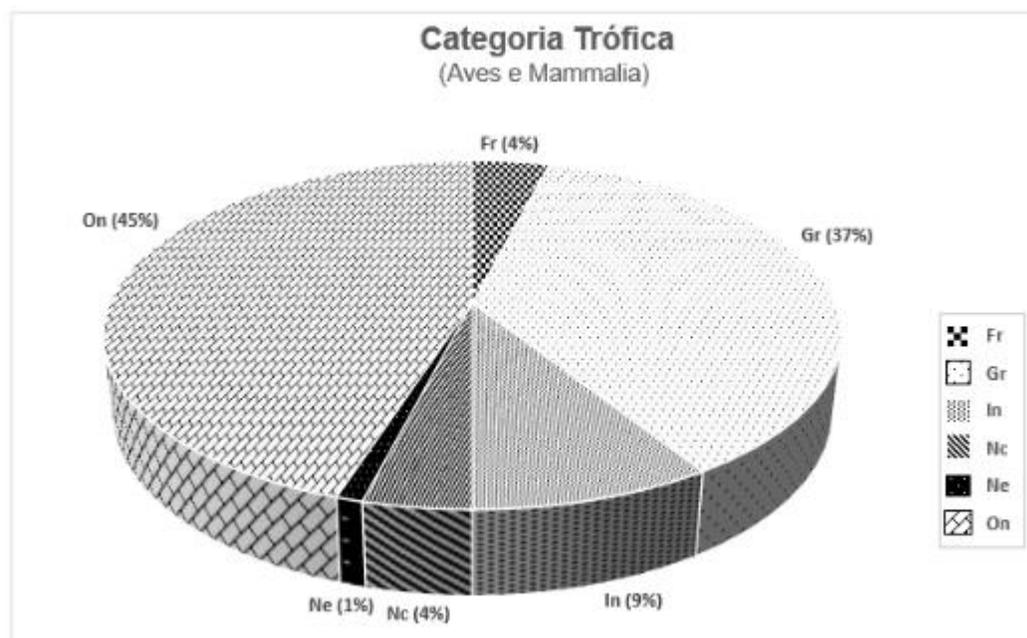


FIGURA 6 - Categorias tróficas de aves e mamíferos atropelados na rodovia BR 010 (percentual). Fr = frugívora; Gr = granívora; In = insetívora; Nc = nectívora; Ne = necrófaga; On = onívora. Fontes (identificação das espécies): Sick 2001, Gwynne *et al.* 2010, Paglia *et al.* 2012, Piacentini *et al.* 2015, Marques *et al.* 2016, SBH 2017.

Espécies de aves necrófagas e forrageadoras passivas (oportunistas) são atraídas para as rodovias pela disponibilidade de carcaças de animais atropelados (Forman & Alexander 1998, Sick 2001). No Cerrado, essas espécies também podem se tornar vítimas de atropelamentos (Rodrigues do Prado *et al.* 2006, Braz & França 2016, Valadão *et al.* 2018). No presente estudo, espécies dessas categorias tróficas estão representadas pelo *Caracara plancus* (N=2; CO=4,17) e *Coragyps atratus* (N=1; CO=2,08).

### b) Taxas e sazonalidade dos atropelamentos

A taxa de atropelamentos total por ano (TAT) no presente estudo foi 0,11 animais/km/ano. A análise por subtrechos da rodovia BR-010 (zoneamento ambiental da APA Pouso Alto) apresentou diferentes valores (Tabela 2). Na ZUAI, a TAT foi 0,10 animais/km/ano enquanto que na ZA PNCV 0,11 animais/km/ano e na ZPVS 0,16 animais/km/ano.

TABELA 2 - Taxas de atropelamento por subtrechos da BR 010 (zoneamento ambiental da APA Pouso Alto). Total de quilômetros amostrados, número de atropelamentos registrados por classes/ordem (incluindo Vertebrata NI\*), riqueza, número total de atropelamentos registrados e taxas de atropelamento por km/ano, por subtrechos (zonas ambientais) da BR 010. Onde: ZA PNCV = Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, ZPVS = Zona de Preservação da Vida Silvestre, ZUAI = Zona de Uso Agropecuário Intensivo; Km = total de quilômetros percorridos durante o estudo; Classes/Ordem (Am = Amphibia, Sq = Squamata - exceto Aves, Av = Aves, Ma = Mammalia); S = número de espécies registradas (riqueza); N = número total de atropelamentos registrados (abundância); Ta = taxa de atropelamento de animais/km/ano para cada classe; NT = número total de animais atropelados registrados; TAT = taxa total de atropelamentos de animais/km/ano.

ZONA	Km	Classes	S	N	Ta	NT	TAT
ZA PNCV	206,40	Am	5	10	0,048	22	0,11
		Sq	1	1	0,004		
		Av	5	8	0,038		
		Ma	2	3	0,014		
ZPVS	146,88	Am	8	11	0,075	24	0,16
		Sq	3	3	0,020		
		Av	6	8	0,054		
		Ma	1	2	0,014		
ZUAI	1.260,96	Am	9	19	0,015	126	0,10
		Sq	10	14	0,011		
		Av	29	60	0,047		
		Ma	11	33	0,026		

(\*) Vertebrata NI foram considerados uma espécie única (nas classes amostradas).

Comparando os valores da TAT obtidos no presente trabalho (0,11 animais/km/ano) aos valores encontrados em outros estudos (realizados no Cerrado com metodologias similares) se verificou similaridade aos resultados de Rodrigues e colaboradores (2002) (0,169 animais/km/ano), em rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, Distrito Federal; Miranda e colaboradores (2017) (0,11 animais/km/ano), em rodovias localizadas no sudoeste do estado de Goiás; e Braz & França (2016) (0,096 animais/km/ano), em rodovias do entorno do PNCV, na APA Pouso Alto.

Os resultados indicam maiores valores das taxas de atropelamento (Ta) no subtrecho da rodovia que atravessa a ZPVS para anfíbios (0,075 animais/km/ano), aves (0,054 animais/km/ano) e répteis (0,020 animais/km/ano). Esses resultados corroboram o uso mais restritivo desse subtrecho, dentro do zoneamento ambiental da APA Pouso Alto (SECIMA 2016c). Além disso, a ampliação do PNCV incluiu grande parte da ZPVS, do entorno da rodovia BR-010, nos novos limites da unidade de conservação (Brasil 2017). Conforme os resultados obtidos, essas foram ações acertadas do poder público, uma vez que o maior número de ocorrências de atropelamentos pode indicar elevada abundância local de espécies (Cáceres *et al.* 2010).

Para mamíferos, a maior taxa de atropelamento foi observada no subtrecho da rodovia que atravessa a ZUAI (0,026 animais/km/ano). Esse resultado pode estar ligado à classificação habitat-generalista e onívora da maioria das espécies encontradas atropeladas no subtrecho. Na ZUAI, o entorno da rodovia apresenta grandes lavouras além de vilas e povoados. Áreas agrícolas podem representar habitats para determinadas espécies de mamíferos (De Barros Ferraz *et al.* 2010).

Todos os *C. thous* (0,013 animais/km/ano) encontrados atropelados estavam na ZUAI. A abundância de indivíduos da espécie, nessa área, pode ser explicada pela disponibilidade de recursos alimentares e de presas (De Barros Ferraz *et al.* 2010, Beisiegel *et al.* 2013). Resíduos domésticos e sobras agrícolas podem servir de alimento para aves e pequenos mamíferos, os quais passam a atrair mamíferos maiores. Outras espécies onívoras de mamíferos, também vitimadas na ZUAI, foram *Lycalopex vetulus* (0,002 animais/km/ano), *Conepatus semistriatus* (0,004 animais/km/ano), *Chrysocyon brachyurus* (0,0008 animais/km/ano), etc.

*Chrysocyon brachyurus* e *L. vetulus* constam nas listas de espécies ameaçadas da IUCN (2017) e MMA (2014). Os atropelamentos são um importante mecanismo de perda da biodiversidade genética em populações raras ou ameaçadas de extinção (Forman & Alexander 1998). Mesmo baixas taxas de atropelamento podem representar perdas significativas para essas populações devido à remoção contínua de indivíduos e diminuição da abundância (Forman & Alexander 1998, Jackson & Fahrig 2011).

Quanto à sazonalidade, os dados meteorológicos indicaram maiores volumes de precipitação, na área de estudo, nos meses de novembro e dezembro de 2017 e no mês de março de 2018, conforme também verificado por Braz & França (2016). Os dados mensais das taxas de atropelamento das classes amostradas e a precipitação mensal indicaram correspondência para anfíbios e aves (Figura 7).

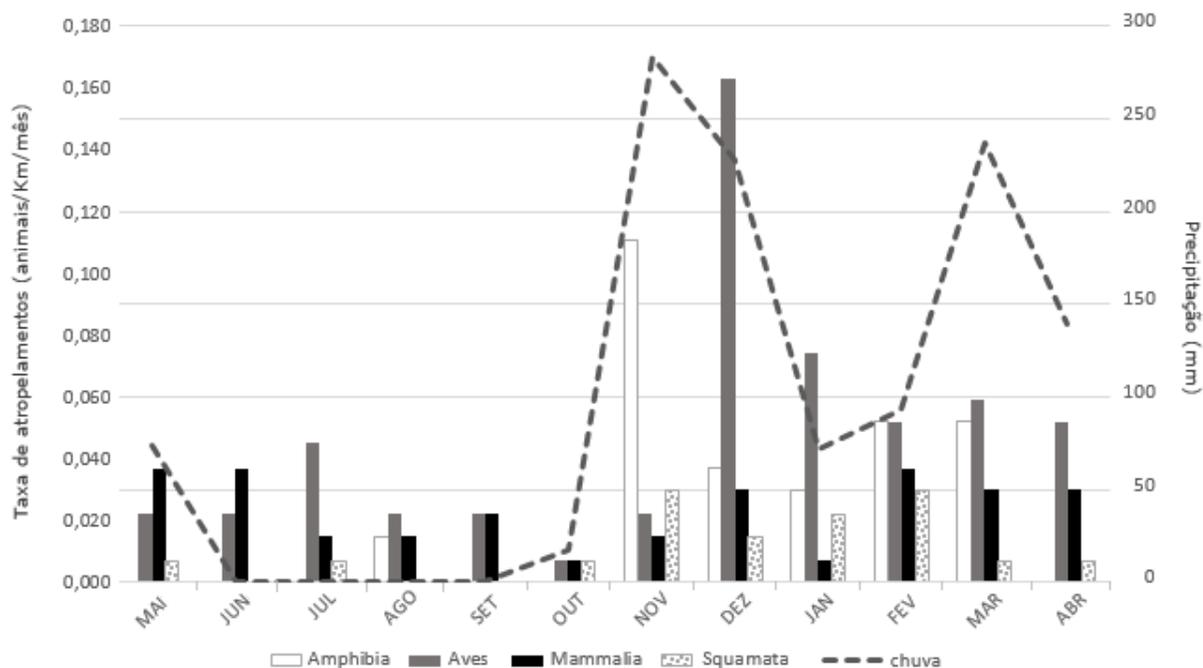


FIGURA 7 - Dados mensais de correlação entre precipitação acumulada mensal e taxas de mortalidade de vertebrados, na BR 010, no período de maio de 2017 a abril de 2018. Linha tracejada: precipitação diária acumulada. Barras indicam taxas de atropelamento de vertebrados (animais/km/mês): Anfíbios: barras brancas; Aves: barras cinza; Mamíferos: barras pretas; Répteis: barras pintadas. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).

As taxas de atropelamento foram maiores na estação chuvosa para anfíbios ( $t = 2.928$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0.015$ ), aves ( $t = 2.304$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0.044$ ) e répteis ( $t = 3.281$ ;  $df = 10$ ,  $p = 0.008$ ). Não foi encontrada diferença sazonal na taxa de atropelamento para mamíferos ( $t = 0.388$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0.706$ ) (Figura 8). Muitos estudos encontraram maiores mortalidades por atropelamento durante a estação chuvosa (Rodrigues *et al.* 2002, Coelho *et al.* 2008, Braz & França 2016, Miranda *et al.* 2017, Carvalho *et al.* 2017). Braz & França (2016) verificaram maiores taxas para todas as classes de vertebrados durante as chuvas. Miranda e colaboradores (2017), em estudos realizados em áreas de cerrado fragmentado, encontraram variação sazonal significativa para a herpetofauna. Carvalho e colaboradores (2017) encontraram maiores taxas de atropelamento para répteis, durante as chuvas, em rodovia do triângulo mineiro, estado de Minas Gerais. Esses últimos trabalhos também não encontraram diferenças para mamíferos, conforme os resultados do presente estudo.

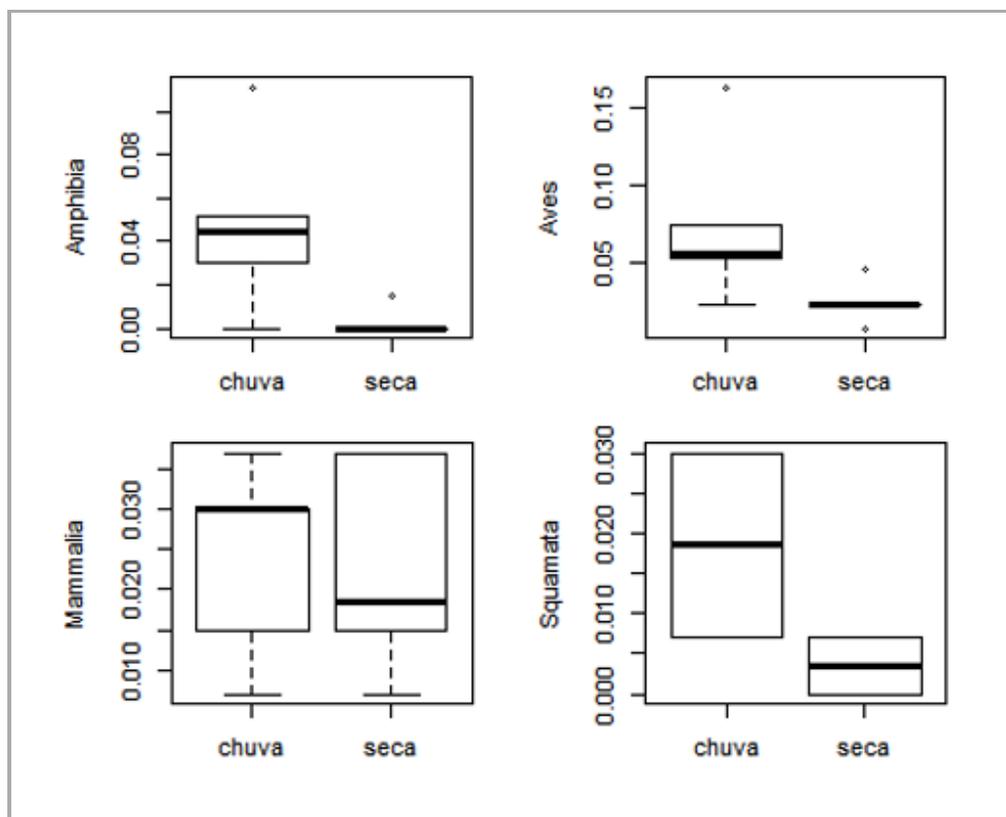


FIGURA 8 - Boxplot das variações de taxas de atropelamento (animais/km/mês) das classes amostradas com dados meteorológicos de precipitação (mm). Seca: maio a outubro de 2017. Chuva: novembro de 2017 a abril de 2018. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).

Em relação às espécies mais abundantes (Figura 9), não foi encontrada diferença sazonal na taxa de atropelamento para *C. thous* ( $t = -0.210$ ;  $df = 10$ ;  $p = 0.837$ ). Já *V. jacarina* ( $t = 2.508$ ;  $df = 10$ ,  $p\text{-value} = 0.031$ ) e *R. schneideri* ( $t = 2.424$ ;  $df = 10$ ,  $p\text{-value} = 0.035$ ) apresentaram taxas de atropelamento maiores na estação chuvosa.

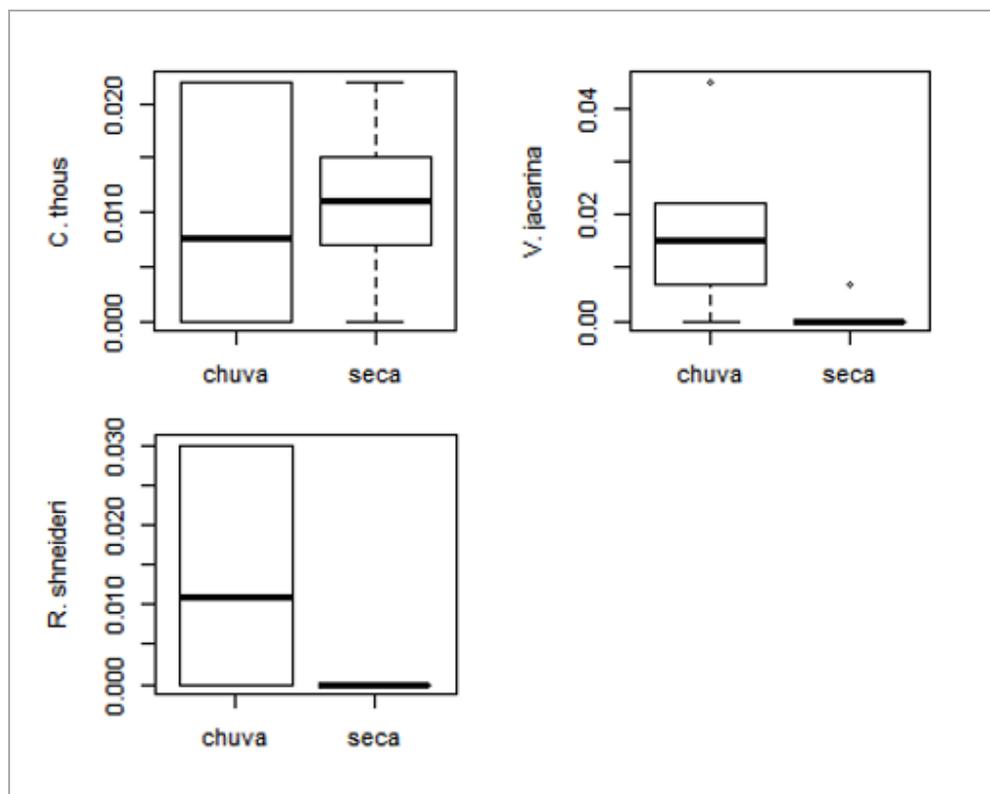


Figura 9 - Boxplot das variações de taxas de atropelamento (animais/km/mês) das espécies mais abundantes com dados meteorológicos de precipitação (mm). Seca: maio a outubro de 2017. Chuva: novembro de 2017 a abril de 2018. Fonte (dados meteorológicos): InMet (2018).

O mesmo resultado para *C. thous* foi verificado por Carvalho e colaboradores (2017). No caso de *V. jacarina* essas diferenças sazonais podem estar ligadas ao investimento reprodutivo (período de novembro a abril) e maior forrageio de gramíneas, nas margens da rodovia (Carvalho *et al.* 2007). Já para *R. schneideri* a maior taxa de atropelamento durante as chuvas pode resultar dos movimentos migratórios da espécie (Lemckert 2004, Frost 2011).

### c) Hotspots de atropelamentos

A análise de agrupamento indicou agrupamento significativo para os grupos analisados (comunidade e classes de anfíbios, aves e mamíferos) nas distâncias entre 1 km e 2 km (Figura 10).

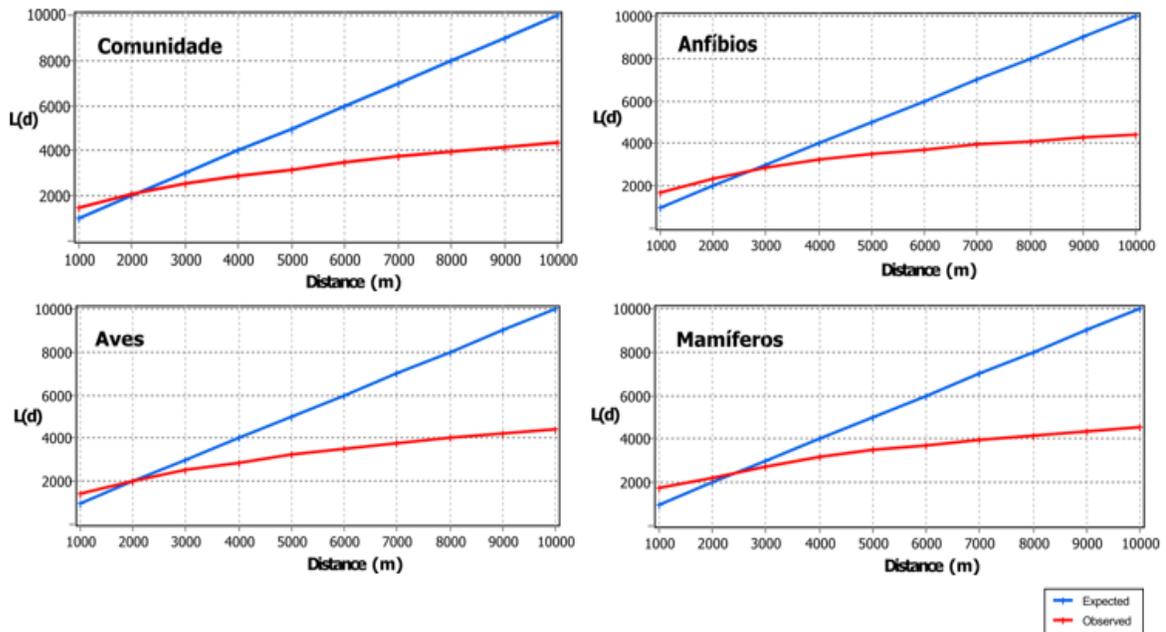


FIGURA 10 - Análise de agrupamento por K de Ripley indicando um agrupamento significativo dos eventos de atropelamento nas escalas entre 1000 e 2000 m (consistente para os grupos analisados).

As análises subsequentes foram realizadas dividindo o trecho da rodovia BR-010 nas escalas de segmento de 1 km e 2 km (Figura 11). Foram verificadas correspondências (sobreposições) entre os *hotspots* indicados nas duas escalas de segmento. Os *hotspots* não apresentaram total correspondência para a comunidade e classes analisadas nas duas escalas de segmento.

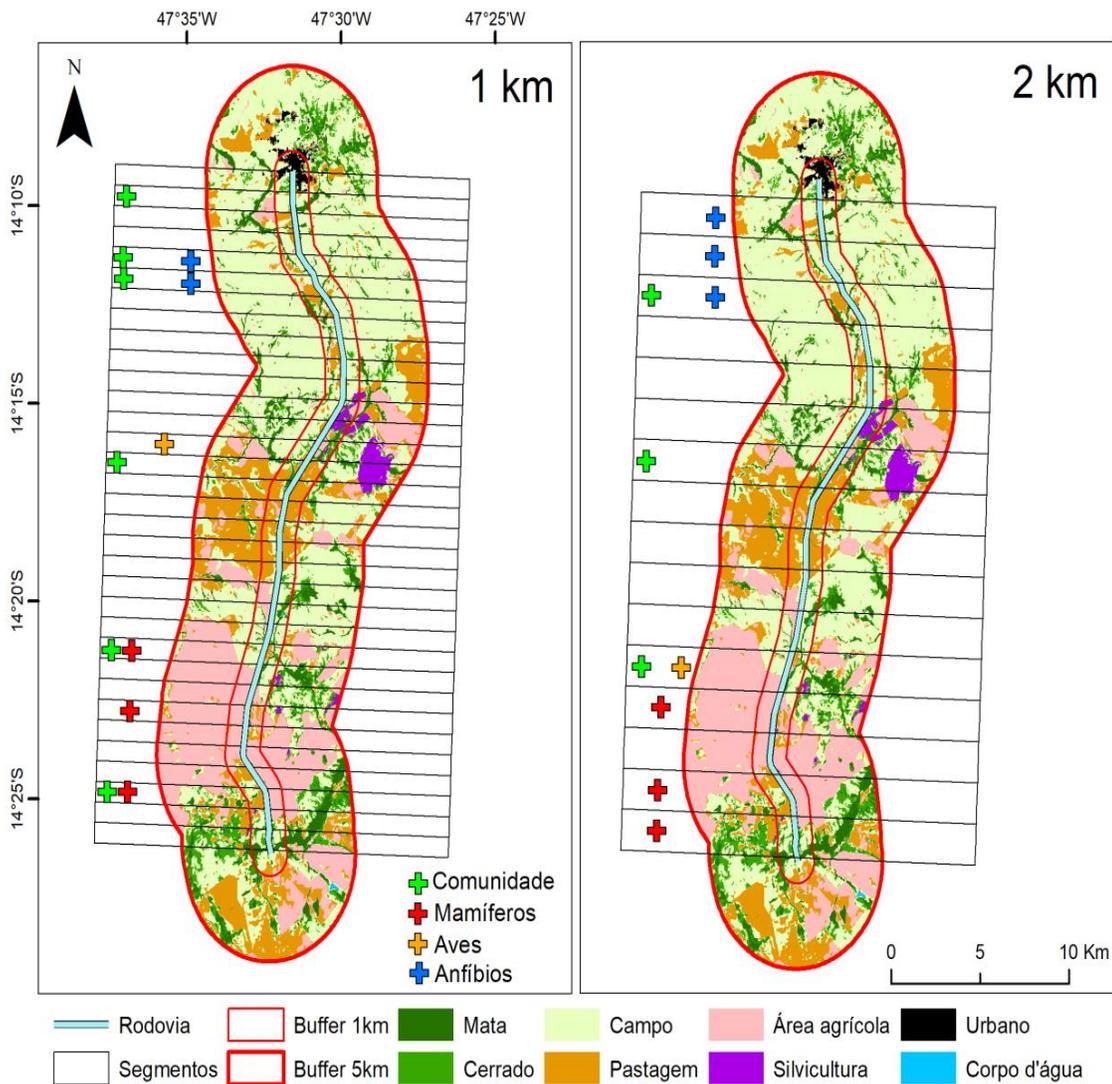


FIGURA 11 - Segmentos de 1000 e 2000 m utilizados para classificação dos *hotspots* de atropelamentos e identificação dos *hotspots* para a comunidade e classes analisadas.

Os resultados indicaram cinco *hotspots* no subtrecho da rodovia que atravessa a ZUAI e três *hotspots* nos subtrechos das áreas da ZA PNCV e ZPVS. Observações gerais sobre os *hotspots* identificados, com os grupos de análises mais afetados (a partir de correspondências nas duas escalas de segmento) e proporções das classes de paisagem, estão descritas na Tabela 3.

TABELA 3 - Observações sobre os *hotspots* de atropelamentos identificados (com correspondências nas escalas de segmento e grupos analisados) e proporções da paisagem nos seguimentos de 2 Km e *buffer* de 5 Km.

<b>Km (aprox.) *</b>	<b>Grupo Afetado</b>	<b>Paisagem (%)</b>		<b>Observações</b>
<b>133,00</b>	Mamíferos	Área agrícola	49	-----
		Vegetação Nativa	39	
		Outros	12	
<b>136,40</b>	Mamíferos	Área agrícola	54	-----
		Vegetação Nativa	33	
		Outros	13	
<b>138,40</b>	Comunidade	Área agrícola	51	-----
		Vegetação Nativa	41	
		Outros	08	
<b>149,20</b>	Comunidade	Vegetação Nativa	51	-----
		Pastagem	22	
		Silvicultura	12	
		Outros	15	
<b>157,00</b>	Comunidade/Anfíbios	Vegetação Nativa	93	caixas de empréstimo (14°08'32''S;47°31'18''O)
		Outros	07	

(\*) Quilometragem aproximada no ponto central do *hotspot* identificado.

Os *hotspots* confirmaram a concentração de mamíferos atropelados na ZUAI (classe mais afetada em dois *hotspots* identificados nessa área). Os segmentos desses *hotspots* apresentaram maiores proporções de áreas agrícolas. O *hotspot* de anfíbios (Km 157 aproximadamente) coincidiu com a existência de caixas de empréstimo no entorno da rodovia. Com a análise dos *hotspots* foram identificados 03 pontos de concentração total de atropelamentos de fauna (comunidade), no trecho amostrado da rodovia BR-010.

## 5. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A espécie mais atropelada no período de estudos foi o *Cerdocyon thous*, com 17 registros. A maior parte das aves e mamíferos encontrados atropelados é de espécies habitat-generalistas e onívoras, indicando abundância de fauna com tolerância a ambientes antropizados. As taxas de atropelamento foram maiores na estação chuvosa para anfíbios, aves e répteis. Não foi encontrada diferença sazonal na taxa de atropelamento para mamíferos. Os *hotspots* indicaram concentração de pontos de fauna atropelada (comunidade total e mamíferos), inclusive na ZUAI.

É recomendada a instalação de portal ou placas suspensas no Km 129,40 da rodovia BR-010, indicando aos motoristas a entrada na APA Pouso Alto e alertando sobre a necessidade de cuidados com a fauna silvestre. Também, é recomendada a sinalização, como pontos de travessia de animais silvestres, dos segmentos identificados como *hotspots* de atropelamentos. É sugerida a atualização do Plano de Manejo da APA Pouso Alto, incluindo os novos limites do PNCV, com a adoção das medidas protetivas decorrentes para a fauna silvestre. Por fim, é recomendada a divulgação e sensibilização dos visitantes da APA Pouso Alto, quanto ao problema do atropelamento da fauna silvestre de vertebrados, por meio do Centro de Atendimento ao Turista, em Alto Paraíso de Goiás, e em pousadas e hotéis da região.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade, R.P. Conceitos de progresso e natureza na construção da Belém-Brasília. *In*: 13º Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia, 2012, São Paulo. **Anais 13 Seminário Nacional de História da Ciência e Tecnologia**, 2012. Disponível em: <[http://www.sbhc.org.br/resources/anais/10/1344996001\\_ARQUIVO\\_SBHC2012.pdf](http://www.sbhc.org.br/resources/anais/10/1344996001_ARQUIVO_SBHC2012.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2018.

Andrews, A. Fragmentation of habitats by roads and utility corridors: a review. **The Australian Zoologist**, 26: 130-141, 1990.

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

Bager, A.; Piedras, S.R.N.; Pereira, T.S.M.; Hobus, 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.; Fontoura, V. Ecologia de Estradas no Brasil - contexto histórico e perspectivas. *In*: Bager, A. **Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas**, p.12-33, 2012.

Bager, A. Ecologia de Estradas: alternativa para a diminuição de impactos ambientais [entrevista com Alex Bager, à **Revista IHU online**, 2012]. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/entrevistas/ecologia-de-estradas-alternativa-para-diminuicao-de-impactos-ambientais-entrevista-especial-com-alex-bager/507081>> Acesso em: 05 set. 2018.

Barbosa, A.M.; Marques, J.T.; Santos, S.M.; Lourenco, A.; Medinas, D.; Beja, P.; Mira, A. DeadCanMove: assess how spatial roadkill patterns change with temporal sampling scheme. **R Package Version 0.5/r26**, 2017.

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**, 3: 138-145, 2013.

Benítez-López, A.; Alkemade, R.; Verweij, P.A. The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis. (2010). **Biological Conservation**, 143: 1307-1316, 2010.

Borlaug, N.E. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. *In*: R. Bailey (ed). Global warming and other eco-myths. **Competitive Enterprise Institute**, Roseville, California, p.29-60, 2002.

Brasil (1973). Lei nº 5.917, de 10 de setembro de 1973. Aprova o Plano Nacional de Viação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 set. 1973.

Brasil (1981). Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 02 set. 1981.

Brasil (2017). Decreto de 5 de junho de 2017. Amplia o Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, localizado nos Municípios de Alto Paraíso de Goiás, Cavalcante, Nova Roma, Teresina de Goiás e São João da Aliança, Estado de Goiás. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 06 jun. 2017.

Braz, V.D.S.; Franca, F.G.R. Wild vertebrate roadkill in the Chapada dos Veadeiros National Park, Central Brazil. **Biota Neotropica**, 16(1), 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1676-06032016000100101&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032016000100101&lng=en&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em: 30 mar. 2018.

Cáceres, N.C.; Hannibal, W.; Freitas, D.R.; Silva, E.L.; Roman, C.; Casella, J. Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, 27: 709-717, 2010.

Cardoso, M.R.D.; Marcuzzo, F.F.N.; Barros, J.R. Classificação climática de Köppen-Geiger para o Estado de Goiás e o Distrito Federal. **Acta Geográfica**, 8(16): 40-55, 2015.

Carvalho, C.B.V.; Macedo, R.H.; Graves, J.A. Reproduction of blue-black grassquits in central Brazil. **Brazilian Journal of Biology**, 67: 275-281, 2007.

Carvalho, F.M.V.; De Marco, P.J.; Ferreira, L.G. The Cerrado into-pieces: habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, 142: 1392-1403, 2009.

Carvalho, C.F.; Custódio, A.E.I.; Júnior, O.M. Influence of climate variables on roadkill rates of wild vertebrates in the cerrado biome, Brazil. **Bioscience Journal**, 33(6), 2017.

Castro, N.; Helfand, S.; Rezende, G. **Expansão rodoviária e desenvolvimento agrícola dos cerrados**. Rio de Janeiro, IPEA, 2003.

Caughley, G. Directions in conservation biology. **Journal of Animal Ecology**, 63(2): 215-44, 1994.

CBEE (2013) Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. **Atropelômetro**. Disponível em: <<http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

Clevenger, A.P.; Chruszcz, B.; Gunson, K.E. Highway mitigation fencing reduces wildlife-vehicle collisions. **Wildlife Society Bulletin**, 29: 646-653, 2001.

Clevenger, A.P.; Chruszcz, B.; Gunson, K.E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna roadkill aggregations. **Biological Conservation**, 109: 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. **European Journal of Wildlife Research**, 54(4): 689-699, 2008.

Coffin, A.W. From Roadkill to Road Ecology: a review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, 15(5): 396-406, 2007.

CONAMA (2010). Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 428, de 17 de dezembro de 2010. Dispõe, no âmbito do licenciamento ambiental sobre a autorização do órgão responsável pela administração da Unidade de Conservação (UC), de que trata o § 3º do artigo 36 da Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000, bem como sobre a ciência do órgão responsável pela administração da UC no caso de licenciamento ambiental de empreendimentos não sujeitos a EIA-RIMA e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 20 dez. 2010, p. 805.

Correa, V.H.C.; Ramos, P.A Precariedade do transporte rodoviário brasileiro para o escoamento da produção de soja do Centro-Oeste: situação e perspectivas. **Revista Economia e Sociologia Rural**, 48(2): 447-472, 2010.

Coutinho LM. O conceito de Cerrado. (The concept of Cerrado). **Revista Brasileira de Botânica**, 1(1): 17-23, 1978.

Cunnington, G.M.; Garrah, E.; Eberhardt, E.; Fahrig, L. Culverts alone do not reduce road mortality in anurans. **Écoscience**, 21(1): 69-78, 2014.

Cuyckens, G.A.E.; Mochi, L.S.; Vallejos, M.; Perovic, P.G.; Biganzoli, F. Patterns and composition of road-killed wildlife in Northwest Argentina. **Environmental management**, 58: 810-820, 2016.

Da Cunha, H.F.; Moreira, F.G.A.; De Sousa, S.S. Atropelamento de vertebrados silvestres na rodovia GO-060 entre Goiânia e Iporá, Estado de Goiás, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 32(3): 257-264, 2010.

Dajoz, R. **Princípios de Ecologia**, 7ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2005.

De Barros Ferraz, K.M.P.M.; De Siqueira, M.F.; Martin, P.S.; Esteves, C.F.; Do Couto, H.T.Z. Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. **Mammalia**, 74: 275-280, 2010.

De Carvalho, N.C.; Bordignon, M.O.; Shapiro, J.T. Fast and furious: a look at the death of animals on the highway MS-080, Southwestern Brazil. **Iheringia**, Série Zoologia, 104(1): 43-49, 2014.

Dias, R.I.; Kuhlmann, M.; Lourenço, I.R.; Macedo, R.H. Territorial Clustering in the Blue-Black Grassquit: reproductive strategy in response to habitat and food Requirements? **The Condor**, 111(4): 706-714, 2009.

DNIT (2007). Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, Diretoria de Planejamento e Pesquisa. **Terminologias rodoviárias usualmente utilizadas**. Brasília: Ministério dos Transportes, 2007.

DNIT (2015). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Regularização ambiental de rodovias**. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/meio-ambiente/regularizacao-ambiental>>. Acesso em: 30 mar. 2018.

DNIT (2016). Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. **Absorção de trechos de rodovias estaduais coincidentes**. Disponível em: <[http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao/SNV\\_Alteraes\\_16\\_02\\_absorcoes.pdf](http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/sistema-nacional-de-viacao/SNV_Alteraes_16_02_absorcoes.pdf)> Acesso em: 23 ago. 2018.

Eiten, G. Vegetação do Cerrado. *In*: Pinto, M.N. (org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. Universidade de Brasília, Brasília, (2): 9-65, 1993.

ESRI (2016). Environmental Systems Research Institute. **ArcGIS Desktop: release 10.4**. Redlands, CA.

Felfili, J.M.; Rezende, A.V.; Silva Junior, M.C. **Biogeografia do Bioma Cerrado: vegetação e solos da Chapada dos Veadeiros**. Editora Universidade de Brasília, Finatec, Brasília, 2007.

Findlay, R.T.T.; Bourdages, J. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. **Biological Conservation**, 14: 86-91, 2000.

Forman, R.T.T.; Alexander, L.E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Systematics**, 29: 207-231, 1998.

Forman, R.T.T. Estimate of the area affected ecologically by the road system in the United States. **Conservation Biology**, 14: 31-35, 2000.

Forman, R.T.T. *et al.* **Road ecology: science and solutions**. Island Press, Washington, D.C., E.U.A., 2002.

Forman, R.T.T.; Deblinger, R.D. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. **Conservation Biology**, 1(14): 36-46, 2000.

Forman, R.; Sperling, D.; Bissonette, J.; Clevenger, A.; Cutshall, C.; Dale, V.; Fahrig, L.; France, R.; Goldman, C.; Heanue, K.; Jones, J.; Swanson, F.; Turrentine, T.; Winter, T. **Road Ecology: science and solutions**. Island Press, E.U.A., 2003.

Fowler, A.C.; Flint, P.L. Persistence rates and detection probabilities of oiled king eider carcasses on St Paul Island, Alaska. **Marine Pollution Bulletin**, 34(7): 522-526, 1997.

Freitas, S.R.; Oliveira, A.N.; Ciocheti, G.; Matos, D. Landscape Features Associated to Roadkill of Three Mammal Species in the Brazilian Cerrado. *In*: **2011 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET 2011)**, Institute Defenders of Wildlife North Carolina State University, Raleigh, 2012.

Frost, D.R. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Version 5.5. New York, **American Museum of Natural History**, 2011.

Furley, P.A. The nature and diversity of neotropical savanna vegetation with particular reference to the Brazilian cerrados. **Global Ecology and Biogeography**, 8: 223-241, 1999.

Galetti, M. *et al.* Functional extinction of birds drives rapid evolutionary changes in seed size. **Science**, 6.136(340): 1086-1090, 2013.

Garriga, N.; Franch, M.; Santos, X.; Montori, A.; Llorente, G.A. Seasonal variation in vertebrate traffic casualties and its implications for mitigation measures. **Landscape and Urban Planning**, 157: 36-44, 2017.

Goiás (1995). Decreto nº 4.479, de 23 de junho de 1995. Institui Grupo Especial para elaboração da proposta de criação da Reserva da Biosfera do Cerrado Fase II. **Diário Oficial [do] Estado de Goiás**, Goiânia, GO, 28 jun. 1995.

Goiás (2001). Decreto nº 5.419, de 07 de maio de 2001. Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental - APA de Pouso Alto e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de Goiás**, Goiânia, GO, 10 mai. 2001.

Goiás (2003). Lei nº 14.408, de 21 de janeiro de 2003. Dispõe sobre o ordenamento do uso do solo nas faixas de domínio e lindeiras das rodovias estaduais e rodovias federais delegadas ao Estado de Goiás. **Diário Oficial [do] Estado de Goiás**, Goiânia, GO, 27 jan. 2003.

Grilo, 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.

Gross, I.P. Taking the road most travelled: understanding patterns of snake (Colubridae; Storeria) movement and road mortality in a state park. **Student Honors Theses**. Eastern Illinois University, 2013. Disponível em: <[https://thekeep.eiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=bio\\_students](https://thekeep.eiu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1002&context=bio_students)>. Acesso em: 05 set. 2018.

Gwynne, J.A.; Ridgely, R.S.; Tudor, G.; Argel, M. **Aves do Brasil: Pantanal & Cerrado**. Horizonte, São Paulo, 322p., 2010.

Hansen, M.J.; Clevenger, A.P. The influence of disturbance and habitat on the presence of non-native plant species along transport corridors. **Biological Conservation**, 125(2): 249-259, 2005.

Haridasan, M. Observations on soils, foliar nutrient concentrations and floristic composition of cerrado sensu stricto and cerradão communities. *In*: Furley, P.A.; Proctor, J.; Ratter, J.A. (eds.). **Central Brasil**. Nature and dynamics of forest savanna boundaries. London, p.309-348, 1992.

Harris, L.D., Scheck, J. From implications to applications: the dispersal corridor principle applied to the conservation of biological diversity. *In*: Saunders, D.A., Hobbs,

R.J. (eds.). **Nature Conservation: the role of corridors**. Surrey Beatty, Chipping Norton, Australia, 2: 189-220, 1991.

Hobday, A.J.; Minstrell, M.L. Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways: human management options. **Wildlife Research**, Collingwood, 35(7): 712-726, 2008.

Hoffmann, W.A. The effects of fire and cover on seedling establishment. *In*: The neotropical savanna. **Journal of Ecology**, 84: 383-393, 1996.

Hoffmann, W.A. *et al.* Impact of the invasive alien grass *Melinis minutiflora* at the savanna-forest ecotone. *In*: **The Brazilian Cerrado. Diversity and Distributions**, 10: 99-103, 2004.

IBAMA/JICA (2006). Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis & Agência de Cooperação Internacional do Japão. **Corredor Ecológico do Cerrado Paranã-Pireneus - visto pelo Sistema de Informação Geográfica**. Brasília: IBAMA, 2006.

ICMBio (2009a). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros - **Encartes 1 - 2**. Disponível em: < [http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm\\_chapada\\_dos\\_veadeiros\\_1.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_chapada_dos_veadeiros_1.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

ICMBio (2009b). Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Plano de Manejo Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros - **Encartes 3 - 4**. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm\\_chapada\\_dos\\_veadeiros\\_2.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/pm_chapada_dos_veadeiros_2.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2018.

Igondova, E.; Pavlickova, K.; Majzlan, O. The ecological impact assessment of a proposed road development (the Slovak approach). **Environmental Impact Assessment Review**, 59: 43-54, 2016.

INMET (2018). Instituto Nacional de Meteorologia. **Mapa A024 SIM/SADMET/INMET: precipitação pluviométrica (mm) diária**. Estação Automática de Auto Paraíso de Goiás, período maio de 2017 a abril de 2018. Brasília: INMET, 2018.

IUCN (2017). International Union for Conservation of Nature. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/>> Acesso em: 22 nov. 2018.

Jackson, N.D.; Fahrig, L. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. **Biological Conservation**, 144(12): 3143-3148, 2011.

Jacobson, S.; Bliss-Ketchum, L.; De Rivera, C.; Smith, W.P. A behavior based framework for assessing barrier effects to wildlife from vehicle traffic volume. **Ecosphere**, ESAJOURNALS, 7(4), 2016.

Jaeger, J.A.G. *et al.* Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. **Ecological Modelling**, 185: 329-348, 2005.

JICA (Agência de Cooperação Internacional do Japão). Projeto de conservação de ecossistemas do Cerrado: Corredor Ecológico do Cerrado Parana-Pireneus. **Relatório de Avaliação Final**. Brasília: JICA BRAZIL, 2006.

Klink, C.A.; Machado, R.B. Conservation of the Brazilian cerrado. **Conservation Biology**, 19(3): 707-713, 2005.

Kroll, G. An environmental history of roadkill: road ecology and the making of the permeable highway. **Environmental History**, 20(1): 4-28, 2015.

Laurance, W.F. Edge effects in tropical forest fragments: application of a model for the design of nature reserves. **Biological Conservation**, 57: 205-219, 1991.

Laurance, W.F.; Goosem, M.; Laurance, S.G.W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, 24: 659-669, 2009.

Lemckert, F.L. Variations in anuran movements and habitat use: implications for conservation. **Applied Herpetology**, 1: 165-181, 2004.

Le Viol, I.; Chiron, F.; Julliard, R.; Kerbiriou, C. More amphibians than expected in highway stormwater ponds. **Ecological Engineering**, 47: 146-154, 2012.

Machado, F.S.; Fontes, M.A.; MOURA, A.S.; MENDES, P.B.; Romao, B.D.S. Roadkill on vertebrates in Brazil: seasonal variation and road type comparison. **North-Western Journal of Zoology**, 11(2), 2015.

Malo, J.E.; Suárez, F.; Díez, A. Can we mitigate animal-vehicle accidents using predictive models? **Journal of Applied Ecology**, 41: 701-710, 2004.

Marques, O.A.V.; Eterovic, A.; Nogueira, C.C.; Sazima, I. **Serpentes do Cerrado** (Guia Ilustrado). Holos, Ribeirão Preto, 248p., 2016.

MDA (2010). Ministério do Desenvolvimento Agrário. Espaços de construção e desenvolvimento sustentável. Territórios Rurais, Região Centro-Oeste, **Cadernos Territoriais**, Volume 2, Brasília, 2010.

MMA (2003). Ministério do Meio Ambiente. Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. **Mapa [online]**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/maparea.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/maparea.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2018.

MMA (2007). Ministério do Meio Ambiente. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**: atualização - Portaria MMA nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/biodiversidade31.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/biodiversidade31.pdf)>. Acesso em: 31 mar. 2018.

MMA (2013). Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 289, de 16 de julho de 2013. Dispõe sobre procedimentos a serem aplicados pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA no licenciamento ambiental de rodovias e na regularização ambiental de rodovias federais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2013, seção 1, página 63.

MMA (2014). Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 dez. 2014, seção 1, p.121-126.

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 Zootecias**, 9(2), 2007.

Miranda, J.E.S.; Umetsu, R.K.; De Melo, F.R.; Melo, F.C.S.A.; Pereira, K.F.; Oliveira, S.R. Roadkill in the brazilian cerrado savanna: comparing five highways in southwestern Goiás. **Oecologia Australis**, 21(3): 337-349, 2017.

Moro, M.F. *et al.* Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, 26(4): 991-999, 2012.

Myers, N.; Mittermeier, R.A.; Mittermeier, C.G.; Fonseca, G.A.B.; Kent, J. Biodiversity *hotspots* for conservation priorities. **Nature**, 403: 853-858, 2000.

Neumann, W.; Ericsson, G.; Dettki, H.; Bunnefeld, N.; Keuler, N.S.; Helmers, D.P.; Radeloff, V.C. Difference in spatiotemporal patterns of wildlife road-crossings and wildlife-vehicle collisions. **Biological Conservation**, 145(1): 70-78, 2012.

Paglia, A.P. *et al.* Lista Anotada dos Mamíferos do Brasil 2ª Edição. **Occasional papers in conservation biology**, 76(6), 2012.

Piacentini, V.Q. *et al.* Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee/Lista comentada das aves do Brasil pelo Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. **Revista Brasileira de Ornitologia**, 23(2): 90-298, 2015.

Pires, M.O. Programas agrícolas na ocupação do cerrado. **Sociedade e Cultura**, Uberlândia, 3(1-2): 111-131, 2000.

Primack, R.B.; Rodrigues, E. Ameaças à diversidade biológica. *In*: Primack, R.B.; Rodrigues, E. (eds). **Biologia da conservação**. Cap. 2. E.R., Londrina, Paraná, p.69-134, 2001.

Ratton, P.; Secco, H.; Da Rosa, C.A. Carcass permanency time and its implications to the roadkill data. **European Journal of Wildlife Research**, 2014.

Reijnen, R.; Foppen, R.; Braak, C.T.; Thissen, J. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland III: Reduction of density in relation to the proximity of main roads. **Journal of Applied Ecology**, 32: 187-202, 1995.

Ribeiro, J.F.; Walter, B.M.T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA, Planaltina, p.89-166, 1998.

Ribeiro, T.R.S. **Influências da pavimentação de rodovias em índices de atropelamento de fauna: o caso da rodovia GO-239 em Alto Paraíso de Goiás**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia da Universidade de Brasília. Brasília: Universidade de Brasília, 2016, 116f.

Rodrigues, F.H.G. *et al.* Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. *In*: Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, 3, 2002, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: CBUC, p.585-593, 2002.

Rodrigues do Prado, T.; Ferreira, A.A.; Guimarães, Z.P.S. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, 28(3): 237-241, 2006.

Rolim, A. **Transbrasíliana - Poema Brasilista**. Rio de Janeiro, 1960.

Rosa, C.A.; Bager, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, 17(1): 6-19, 2013.

Saunders, S.C.; Mislivets, M.R.; Chen, J.; Cleland, D.T. Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, E.U.A. **Biological Conservation**, 103: 209-225, 2002.

SBH (2017). Sociedade Brasileira de Herpetologia. Répteis e anfíbios brasileiros: **Listas de Espécies**. Disponível em: <<http://www.sbherpetologia.org.br/>> Acesso em: 13 jul. 2018.

SECIMA (2016a). Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos, Governo de Goiás. **Área de Proteção Ambiental de Pouso Alto - APA Pouso Alto**. Disponível em: <<http://www.secima.go.gov.br/component/content/article/118-meio-ambiente/unidades-de-conservacao/1108-area-de-protecao-ambiental-de-pouso-alto-apa-pouso-alto.html?Itemid=101>> Acesso em: 20 abr. 2018.

SECIMA (2016b). Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos, Governo de Goiás. **Plano de Manejo da APA de Pouso Alto. Encarte 2 - Quadro Socioambiental / Diagnóstico da UC**. Goiânia: SECIMA, p.189-213, 2016.

SECIMA (2016c). Secretaria de Meio Ambiente, Recursos Hídricos, Infraestrutura, Cidades e Assuntos Metropolitanos, Governo de Goiás. **Plano de Manejo da APA de Pouso Alto. Resumo Executivo**. Goiânia: SECIMA, 105p., 2016.

Seiler, A. Ecological Effects of Roads. A Review. Department of Conservation Biology. **Swedish University of Agricultural Sciences**, Riddarhyttan, 2001.

Sick, H. **Ornitologia Brasileira**. Rio de Janeiro, Nova Fronteira, 862p., 2001.

Simmons, J.; Sunnucks, P.; Taylor, A.C.; Van der Ree, R. Beyond road-kill radiotracking recapture and  $F_{ST}$  - a review of some genetic methods to improve understanding of the influence of roads on wildlife. **Ecology and Society**, 15(1): 9, 2010.

Slater, F.M. An assessment of wildlife road casualties: the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. **Web Ecology**, Lund, 3: 33-42, 2002.

Souza, A.M.; Pires, R.C.; Borges, V.S.; Eterovick, P.C. Road mortality of the herpetofauna in a Cerrado ecosystem, central Brazil. **The Herpetological Journal**, 25(3): 141-148, 2015.

Spellberg, I.F. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. **Global Ecology and Biogeography Letters**, 7: 317-333, 1998.

Stephen, C.T.; Frissell, C.A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, 14(1): 18-30, 2000.

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**, 157: 317-323, 2013.

Trombulak, S.C.; Frissell, C.A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. **Conservation Biology**, 14(1): 18-30, 2000.

Valadão, R.M.; Bastos, L.F.; De Castro, C.P. Atropelamentos de vertebrados silvestres em quatro rodovias no Cerrado, Mato Grosso, Brasil. **Multi-Science Journal**, 1(12): 62-74, 2018.

Van Bohemen, H.D. Habitat fragmentation, infrastructure and ecological engineering. **Ecological Engineering**, 11: 199-207, 1998.

Van der Ree, R.; Jaeger, J.A.G.; Van der Grift, E.A.; Clevenger, A.P. Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales. **Ecology and Society**, 16(1): 48, 2011.

Vieira, E.M. Highway mortality of mammals in Central Brazil. **Ciência e Cultura**, 48(4): 270-272, 1996.

Vieira, R.V.; Dos Santos, C.R. Passagem inferior de fauna e cerca guia como forma de mitigação dos impactos ambientais. **Revista Internacional de Ciências**, 5(2): 74-95, 2015.

Visintin, C.; Van der Ree, R.; Mccarthy, M.A. A simple framework for a complex problem? Predicting wildlife-vehicle collisions. **Ecology and Evolution**, 6: 6409-6421, 2016.

Walker, R.; Arima, E.; Messina, J.; Soares-Filho, B.; Perz, S.; Vergara, D.; Sales, M.; Pereira, R.; Castro, W. Modelling spatial decisions with graph theory: logging roads and forest fragmentation in the Brazilian Amazon. **Ecological Applications**, 23: 239-254, 2013.