



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS ANIMAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

CARLOS ANTÔNIO SOMBRA JUNIOR

**CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE  
MAMÍFEROS SILVESTRES EM ESTRADAS INSERIDAS NO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

MOSSORÓ – RN

2018

CARLOS ANTÔNIO SOMBRA JUNIOR

**CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE  
MAMÍFEROS SILVESTRES EM ESTRADAS INSERIDAS NO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) como exigência para obtenção do título de Mestre ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Linha de Pesquisa: Produção e Conservação Animal no Semiárido.

Orientadora: Dra. Cecilia Irene Pérez Calabuig.

Coorientadora: Dra. Eveline de Almeida Ferreira

MOSSORÓ – RN

2018

CARLOS ANTÔNIO SOMBRA JUNIOR

**CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE  
MAMÍFEROS SILVESTRES EM ESTRADAS INSERIDAS NO SEMIÁRIDO  
NORDESTINO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) como exigência para obtenção do título de Mestre ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal.

Aprovação em: 21/02/2018

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cecilia Irene Pérez Calabuig – UFERSA  
(Orientadora)



Assinatura

---

Prof. Dr. João Marcelo Azevedo de Paula Antunes – UFERSA  
(Segundo Membro)



---

Prof. Dr. Eduardo Martins Venticinque – UFRN  
(Terceiro membro)

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do autor Carlos Antônio Sombra Junior, sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu respectivo autor seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

S693c Sombra Junior, Carlos Antônio.  
CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE  
ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS SILVESTRES EM  
ESTRADAS INSERIDAS NO SEMIÁRIDO NORDESTINO /  
Carlos Antônio Sombra Junior. - 2018.  
51 f. : il.

Orientador: Cecilia Calabuig.  
Coorientador: Eveline de Almeida Ferreira.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
Ciência Animal, 2018.

1. Ecologia de Estradas. 2. Hotspots de  
atropelamentos. 3. Paisagem. I. Calabuig, Cecilia  
, orient. II. Ferreira, Eveline de Almeida, co-  
orient. III. Título.

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**CARLOS ANTÔNIO SOMBRA JUNIOR** – Nascido no município de Limoeiro do Norte – CE, em 14 de outubro de 1992. Graduiu-se em Ciências Biológicas em 2015, pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Atua principalmente nas áreas de Ecologia e Zoologia. Em dezembro de 2015, foi selecionado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus familiares, por acreditarem em mim e me apoiarem sempre.

À minha orientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Cecilia Irene Pérez Calabuig, pelo imenso auxílio durante o desenvolvimento deste trabalho.

À minha coorientadora, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Eveline de Almeida Ferreira, por todo o apoio dado, compartilhando seus conhecimentos em Ecologia de Paisagem.

À CAPES, por conceder a bolsa de Mestrado que me ajudou bastante em toda essa fase.

Aos amigos que fiz no Laboratório (e alguns fora dele), e que me acompanharam nesta minha estadia na UFERSA, em especial à Sofia, Viviane, Itainara, Hugneide, Arthur, Laiza, Kaio, Rosa, Samonielly, Nathaly, Luiz, Luana, Belize, e Murianny.

Ao meu amigo Rodrigo Sousa, motorista da UFERSA, que em tantos campos me acompanhou, compartilhando de seu bom humor e tornando tudo mais prazeroso.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra, estiveram comigo nessa caminhada e que contribuíram direta ou indiretamente para a conclusão deste trabalho. Meus mais sinceros agradecimentos.

## RESUMO

A mortalidade da fauna devido a atropelamentos constitui uma das principais ameaças à biodiversidade. Diversos fatores podem estar relacionados com a ocorrência desses atropelamentos, entre eles o intenso tráfego de veículos, a imprudência de motoristas, o deslocamento de animais atravessando as rodovias, como também os padrões de paisagem. O presente estudo teve como objetivo identificar pontos de maior atropelamento de mamíferos silvestres em estradas circundantes à Estação Ecológica do Seridó (ESEC Seridó) e a relação desses com elementos da paisagem circundante. Além disso, foi avaliada a relação entre os atropelamentos e a variação temporal. O monitoramento dos trechos escolhidos foi realizado em intervalos de 21 dias, durante 36 meses. Para a abordagem espacial, os dados foram obtidos a partir da classificação e quantificação das unidades da paisagem utilizando-se *buffers* com raios de 1 km, 5 km e 10 km, utilizando-se duas imagens Landsat (uma da estação chuvosa e outra da estação seca), onde classificou-se quanto à presença de corpos d'água, vegetação nativa, agricultura, solo exposto e urbanização. Para a caracterização temporal, foram utilizadas as variáveis de temperatura, precipitação pluviométrica, umidade e fotoperíodo. Utilizou-se a análise de correlação de Pearson para detectar relações significativas e testes de Akaike para identificar os modelos mais explicativos sobre as relações. Observou-se uma maior taxa de atropelamentos de mamíferos durante a época da estação seca. As espécies de mamíferos silvestres mais atingidas por atropelamentos foram *Cerdocyon thous*, *Lycalopex vetulus* e *Procyon cancrivorus*. Espacialmente, os *hotspots* da Classe Mammalia foram relacionados de forma negativa à agricultura e à urbanização, enquanto que os *hotspots* de *Cerdocyon thous* foram relacionados positivamente à vegetação nativa e negativamente à agricultura, solo exposto e urbanização, e os *hotspots* de *Procyon cancrivorus*, por sua vez, relacionados positivamente à urbanização. A espécie *Lycalopex vetulus* não apresentou relação significativa. Quanto às variáveis temporais, o grupo geral de mamíferos e a espécie *Cerdocyon thous* apresentaram relação negativa ao fotoperíodo.

**Palavras-chave:** Ecologia de Estradas. *Hotspots* de atropelamento. Paisagem.

## ABSTRACT

The mortality of wildlife due to run over is one of the main threats to biodiversity. Several factors may be related to the occurrence of such roadworks, including the intense traffic of vehicles, the recklessness of drivers, the displacement of animals crossing the highways, as well as the landscape patterns. The present study aimed at identifying points of greatest trampling of wild mammals on roads surrounding the Seridó Ecological Station (ESEC Seridó) and their relationship with elements of the surrounding landscape. In addition, the relationship between run-over and temporal variation was evaluated. The selected sections were monitored at 21-day intervals for 36 months. For the spatial approach, the data were obtained from the classification and quantification of the landscape units using 1 km, 5 km and 10 km lightning buffers using two Landsat images (one from the rainy season and one from the rainy season dry), where it was classified as the presence of bodies of water, native vegetation, agriculture, exposed soil and urbanization. For the temporal characterization, the variables of temperature, rainfall, humidity and photoperiod were used. Pearson's correlation analysis was used to detect significant relations and Akaike's tests to identify the most explanatory models about relations. A higher rate of run-of-the-road mammals was observed during the dry season. The species of wild mammals most affected by runners were *Cerdocyon thous*, *Lycalopex vetulus* and *Procyon cancrivorus*. Spatially, Mammalia Class hotspots were negatively related to agriculture and urbanization, while *Cerdocyon thous* hotspots were positively related to native vegetation and negatively related to agriculture, exposed soil and urbanization, and *Procyon cancrivorus* hotspots, by their positively related to urbanization. The *Lycalopex vetulus* species had no significant relationship. Regarding the temporal variables, the general group of mammals and the species *Cerdocyon thous* presented negative relation to the photoperiod.

**Keywords:** Landscape. Road Ecology. Roadkills hotspots.



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Frequência (%) de espécies de mamíferos silvestres atropeladas em um período de três anos na área em estudo.....	33
TABELA 2	Modelos de relações dos atropelamentos com as variáveis espaciais selecionados através do AICc e seus respectivos coeficientes de regressão .....	38

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Localização da área de estudo .....	29
FIGURA 2	Trecho de monitoramento da região do Seridó .....	30
FIGURA 3	<i>Hotspots</i> para a comunidade geral de mamíferos no trecho de monitoramento .....	34
FIGURA 4	<i>Hotspots</i> para a espécie <i>Cerdocyon thous</i> no trecho de monitoramento .....	35
FIGURA 5	<i>Hotspots</i> para a espécie <i>Lycalopex vetulus</i> no trecho de monitoramento.....	36
FIGURA 6	<i>Hotspots</i> para a espécie <i>Procyon cancrivorus</i> no trecho de monitoramento.....	37
FIGURA 7	Distribuição temporal de atropelamentos de mamíferos silvestres na área de estudo em um período de três anos.....	39
FIGURA 8	Diagrama da influência das variáveis temporais nos atropelamentos de mamíferos silvestres.....	40

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	15
2.1 OBJETIVO GERAL .....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	16
3.1 ECOLOGIA DE ESTRADAS E O ATROPELAMENTO DE FAUNA .....	16
3.2 INFLUÊNCIA DOS PADRÕES DE PAISAGEM .....	18
3.3 <i>HOTSPOTS</i> DE ATROPELAMENTOS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO .....	20
<b>4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	22

### **CAPÍTULO 1 – CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS SILVESTRES EM ESTRADAS CIRCUNDANTES À ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO SERIDÓ, NO RIO GRANDE DO NORTE**.....

26

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	27
<b>2 METODOLOGIA</b> .....	29
2.1 ÁREA DE ESTUDO .....	29
2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS .....	30
2.3 OBTENÇÃO DAS VARIÁVEIS ESPACIAIS E TEMPORAIS .....	31
2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS .....	31
<b>3 RESULTADOS</b> .....	33
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ATROPELADAS .....	33
3.2 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS.....	34
<b>3.2.1 Identificação de <i>hotspots</i> de atropelamentos</b> .....	34
3.2.1.1 <i>Hotspots</i> para a Classe de mamíferos em geral.....	34
3.2.1.2 <i>Cerdocyon thous</i> .....	35
3.2.1.3 <i>Lycalopex vetulus</i> .....	35
3.2.1.4 <i>Procyon cancrivorus</i> .....	36
<b>3.2.2 Relação entre os atropelamentos e a composição da paisagem circundante</b> .....	37
3.3 CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS .....	38

<b>4 DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ATROPELADAS .....	41
4.2 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS .....	42
4.3 CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS .....	44
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	45
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46

## 1 INTRODUÇÃO

As estradas e rodovias estão diretamente relacionadas ao desenvolvimento econômico e social. No entanto, a construção das mesmas tem sido responsável por fragmentar ambientes que antes ocupavam grandes áreas contínuas (SOUZA; ANACLETO, 2012). Essa fragmentação tem causado um forte impacto a populações de animais silvestres, sendo inclusive apontado como principal fator para o risco de extinção ou agravamento no risco de extinção de algumas espécies (HENGEMÜHLE; CADEMARTURI, 2008; JORGE *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2016). Além disso, as estradas podem se apresentar como uma barreira (parcial ou completa) para o deslocamento de alguns animais, seja através da inibição no deslocamento de um lado para o outro da rodovia (TROMBULAK; FRISSEL, 2000) ou através de colisões diretas desses animais com os veículos (TROMBULAK; FRISSEL, 2000; LITVAITIS; TASH, 2008).

Segundo dados recentes do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE, 2015), estima-se que cerca de 15 animais são mortos a cada segundo em estradas e rodovias do nosso país. Pensando nessa problemática, vários estudos vêm tentando identificar os chamados “*hotspots*” de atropelamentos, que consistem em trechos das rodovias que apresentam um maior índice de acidentes envolvendo a fauna (LANGEN *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2015). Por meio da identificação desses *hotspots*, é possível traçar medidas de mitigação a fim de minimizar os impactos às populações ou comunidades de animais silvestres (TAYLOR; GOLDINGAY, 2010).

Muitos são os fatores envolvendo a ocorrência dos atropelamentos de fauna, entre eles o intenso tráfego de veículos, a imprudência de motoristas, o deslocamento de animais atravessando as rodovias, entre outros (ROSA *et al.*, 2012). Além disso, observa-se também uma influência da sazonalidade em relação aos atropelamentos para algumas classes de vertebrados (SANTOS *et al.*, 2012). Durante meses com baixa pluviometria, por exemplo, os recursos diminuem e os animais precisam se deslocar, aumentando assim a probabilidade de serem atropelados (CÁCERES *et al.*, 2012). As unidades presentes na paisagem circundante também podem influenciar nas taxas de atropelamentos da fauna (CLEVENGER *et al.*, 2003). Dependendo das características da paisagem do entorno, como a presença de vegetação, ou corpos d’água, pode induzir a maior ou menor deslocamento de animais, tornando-os mais vulneráveis às colisões

com veículos. Nesse cenário, a compreensão da relação entre a composição da paisagem circundante e a ocorrência de atropelamento de fauna é de grande relevância na busca de medidas de conservação para a biodiversidade (BUENO *et al.*, 2012). No entanto, ainda há poucos estudos na região Nordeste abordando essa relação.

Tendo em vista os grandes impactos à fauna decorrentes das estradas e rodovias, e a falta de trabalhos relacionando os atropelamentos de espécies da Classe Mammalia com os padrões de paisagem circundantes na Caatinga, mostra-se de grande relevância uma abordagem acerca dessa temática, a fim de identificar *hotspots* de atropelamentos e a possível relação entre variáveis espaciais (corpos d'água, vegetação nativa, agricultura, solo exposto e urbanização) e variáveis temporais (temperatura, precipitação pluviométrica, umidade e fotoperíodo) e os atropelamentos para as diferentes espécies. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo identificar os pontos de maior incidência de atropelamento (*hotspots*) de mamíferos em estradas inseridas no bioma Caatinga, circundantes à Estação Ecológica do Seridó, no Rio Grande do Norte, e compreender a relação desses com a paisagem circundante e com as variáveis temporais.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar *hotspots* de atropelamentos para mamíferos silvestres em estradas localizadas próximas à Estação Ecológica do Seridó, no Rio Grande do Norte, e compreender a relação desses com a paisagem circundante e as variáveis temporais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as espécies de mamíferos silvestres com maior número de atropelamentos nas estradas circundantes à Estação Ecológica do Seridó.
  
- Detectar *hotspots* de atropelamentos para as espécies de mamíferos silvestres no trecho de monitoramento.
  
- Detectar diferenças na incidência de atropelamentos quanto à sazonalidade na área de estudo.
  
  
- Relacionar os *hotspots* de animais atropelados com a paisagem circundante, no que se refere a variáveis espaciais (corpos d'água, vegetação nativa, agricultura, solo exposto e urbanização) e temporais (temperatura média, precipitação pluviométrica, umidade relativa e fotoperíodo).

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 ECOLOGIA DE ESTRADAS E O ATROPELAMENTO DE FAUNA

A Ecologia de Estradas pode ser definida como um segmento da Ecologia responsável por estudar as relações e os impactos que as rodovias apresentam para a biodiversidade, tais como a fragmentação e destruição de habitats (FAHRIG, 2003); o isolamento de populações (TROMBULAK; FRISSEL, 2000); a oferta alimentar apresentada para alguns animais (LAURANCE et al., 2009); além da quantificação de atropelamentos da fauna (BAGER; FONTOURA, 2012). Embora essa linha de pesquisa tenha ganhado força a partir do fim da década de 90, através dos trabalhos do ecólogo de paisagem Richard Forman, o qual foi responsável por popularizar o termo *Road Ecology* em seus estudos, alguns trabalhos já haviam sido realizados décadas antes (KNOBLOCH, 1939; DAVIS, 1940; GARLAND; BRADLEY, 1984), embora não denominados dessa forma, mas seguindo praticamente a mesma linha de pesquisa.

No Brasil, essa abordagem ainda é nova com poucos pesquisadores atuando especificamente nessa linha de pesquisa. Segundo Bager e Fontoura (2012), no Brasil, os primeiros estudos relacionados com Ecologia de Estradas vieram a partir da publicação do artigo escrito por Novelli *et al.* (1988), no qual descreviam mortes de aves devido a atropelamentos no Rio Grande do Sul. Já em meados dos anos 2000, observou-se um crescimento no interesse acerca dessa nova linha de pesquisa (CBEE, 2015), principalmente nas regiões Sul e Sudeste, desenvolvendo-se não apenas pesquisas sobre levantamento de fauna atropelada, mas também de fatores envolvidos e até mesmo medidas de mitigação (BAGER *et al.*, 2007).

A construção de estradas é responsável por trazer diferentes impactos à biodiversidade. Esses impactos vão desde a fragmentação de habitats, onde grandes áreas contínuas vão se tornando fragmentos pela paisagem (FAHRIG, 2007), até o efeito barreira, caracterizado por fatores que levam ao não encorajamento por parte do animal de atravessar a estrada (FORMAN; ALEXANDER, 1998), sendo também utilizado muitas vezes o termo “filtro”, visto que se constitui uma barreira para algumas espécies, mas para outras não (SEILER, 2001). Apesar das diferentes problemáticas observadas no âmbito da Ecologia de Estradas, talvez o impacto direto mais estudado se trate dos atropelamentos de fauna.



O atropelamento de fauna apresenta dados preocupantes em relação à mortalidade de animais silvestres pelo mundo, sendo inclusive considerado como a principal causa de morte, superando inclusive a prática da caça (OLIVEIRA *et al.*, 2016). Diante disso, populações locais podem sofrer um declínio considerável caso os índices de atropelamentos excedam os índices reprodutivos (CARVALHO *et al.*, 2015)

De acordo com Laurance *et al.* (2009), podem-se identificar os seguintes grupos de animais inseridos no âmbito dos atropelamentos nas estradas: (a) animais que vivem em paisagens próximas, (b) aqueles que se utilizam das rodovias como locais para conseguirem alimento, e (c) os que se utilizam do calor absorvido pelo asfalto para realizar termorregulação. Esses indivíduos, devido a seus hábitos, tornam-se mais susceptíveis aos riscos de atropelamentos (TROMBULAK; FRISSEL, 2000). Anfíbios caracterizam-se por movimentos lentos, migrando muitas vezes a fim de completar seu ciclo de vida (GRILO *et al.*, 2010). Répteis, além dos movimentos lentos têm comportamento de termorregulação e utilizam a pista para se aquecer (LAURANCE *et al.*, 2009). As aves podem ser atraídas tanto por outros animais mortos e disponíveis próximas às estradas, como também por grãos ou dejetos que se encontram na pista (GRILO *et al.*, 2010). Os mamíferos atravessam a pista atrás de recursos para alimentação ou, principalmente os de maior porte, para chegar à locais de reprodução.

A Classe Mammalia comumente é apontada como uma das principais classes de vertebrados impactados por essa problemática dos atropelamentos (CÁCERES *et al.*, 2012; SOUZA; ANACLETO, 2012; CUNHA *et al.*, 2015). Esse fato pode ser explicado tanto pelas características comportamentais das espécies em questão, como dito anteriormente, no que se refere à forrageamento e busca por parceiros sexuais influenciando no deslocamento das mesmas, como também por muitos indivíduos dessa Classe apresentarem um maior porte, o que torna a sua detecção mais eficaz nos monitoramentos em campo. Além disso, são mais difíceis de serem removidos, não havendo tantas perdas na hora de quantificar as mortes nos monitoramentos (FORMAN; ALEXANDER, 1998; CBEE, 2015; RUIZ-CAPILLAS *et al.*, 2015).

Na literatura científica brasileira, em relação aos atropelamentos de mamíferos, é possível constatar uma grande diversidade de espécies, entre as quais podem-se identificar os grupos dos canídeos, felídeos, tatus, roedores e marsupiais (CÁCERES *et al.*, 2010; CÁCERES *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012). Isso chama a atenção sobre a importância de desenhar medidas de mitigação para os possíveis impactos provocados pelas estradas.

### 3.2 INFLUÊNCIA DOS PADRÕES DE PAISAGEM

O conceito de paisagem sempre apresentou uma grande pluralidade no que diz respeito à sua definição. Diferentes visões da ciência e até mesmo do senso comum procuraram definir a paisagem, de acordo com aspectos próprios de suas áreas, como a Geografia, a Ecologia e até mesmo a Arquitetura (METZGER, 2001).

No dicionário Aurélio de Língua Portuguesa, por exemplo, é possível ver a paisagem sendo definida como “um espaço de terreno que se abrange num lance de vista”. Já nas Artes e na Literatura em geral, encontra-se a ideia de paisagem muito ligada à uma noção visual e estética de um ambiente. Nas duas formas de pensamento, têm-se muito da visão do senso comum em relação à sua definição. Já no âmbito da Geografia, com visões mais científicas, existem inúmeras definições relacionadas ao “espaço de inter-relações do homem com seu ambiente” (METZGER, 2001; NUCCI, 2007).

De acordo com Nucci (2007), o termo “Paisagem” foi introduzido no âmbito científico no início do século XIX pelo geobotânico e precursor da geografia física Alexander van Humboldt. Nela, tínhamos uma ruptura daquelas visões simplistas ligadas apenas à estética do ambiente, e finalmente uma abordagem que abrangia uma noção espacial e visual da totalidade do espaço de vida humano, integrando também a biosfera. Já no século XX, tentativas de relacionar a Geografia com a Ecologia no que se refere à paisagem foram realizadas por Carl Troll, em 1939, o qual estudou questões relacionadas ao uso da terra e é tido como responsável pelo termo “Ecologia de Paisagens”, que ainda hoje é utilizado no meio científico. Mesmo assim, faltava uma definição mais integradora, a qual unisse não só aspectos geográficos, mas também aspectos ecológicos da paisagem. Isso ocorreu muitos anos depois com um importante ecólogo, Jean Paul Metzger, em um artigo intitulado: “O que é ecologia de paisagens?”, publicado em 2001. Segundo Metzger (2001), a paisagem pode ser definida como “um mosaico heterogêneo constituído por unidades interativas, na qual a sua heterogeneidade é existente para pelo menos um fator, segundo um observador e numa determinada escala de observação”. Essa definição integradora, onde destacam-se os aspectos ecológicos da paisagem, e não mais apenas o aspecto geográfico, amplia o entendimento para as diferentes formas que um mesmo ambiente pode representar dependendo da espécie ou classe a ser levada em consideração, como também dependendo da escala que se toma como referencial. A Ecologia de Paisagens, desse

modo, é responsável por traçar a relação entre diferentes espécies com a composição da paisagem em que estão inseridas (HONRADO *et al.*, 2012).

Um fator muito importante para compreender a constância de determinadas espécies em certas paisagens fragmentadas é a compreensão de como essas estruturas são percebidas pelas espécies em questão (METZGER, 2006). Esses elementos, sejam eles fragmentos, corredores ou matrizes, devem ser analisados de acordo com o seu uso por parte do indivíduo (alimentação, reprodução, entre outros) e de que forma aquele espaço tem influência sobre o mesmo, levando em consideração possíveis problemas que são observados em áreas fragmentadas, como o efeito barreira, por exemplo (FORMAN; ALEXANDER, 1998; METZGER, 2006). A paisagem e a biodiversidade são elementos interconectados. A conservação de uma está interligada à conservação da outra, pois a biodiversidade não se encontra à parte, isolada, mas inserida nas unidades que compõem a paisagem (FAHRIG, 2003; RODRIGUES, 2005).

Segundo Bueno *et al.* (2012), muitos trabalhos sobre morte de animais em estradas são realizados focando apenas nos aspectos biológicos dos animais (NOVELLI *et al.*, 1988; TROMBULAK; FRISSEL, 2000; RAMOS *et al.*, 2011), associando-os às causas das colisões. No entanto, poucos são realizados relacionando os atropelamentos com os padrões de paisagem. Os elementos que compõem a paisagem podem de alguma forma atrair os animais, muitas vezes em busca de recursos, e assim deixando-os susceptíveis aos riscos das rodovias (SÁSSI *et al.*, 2013). Áreas em que há uma ocorrência muito vasta de vegetação nativa podem proporcionar uma série de recursos, como alimentação e abrigo. Da mesma forma, a presença de corpos d'água, que se constituem como um atrativo, principalmente quando em certa época do ano essas fontes se tornam escassas. Esses são fatores que atraem muitas espécies. No entanto, as estradas podem se mostrar como barreiras para elas, interferindo no deslocamento livre e conseqüentemente em seus hábitos (ROSA *et al.*, 2012).

A investigação da relação entre as características da paisagem e os atropelamentos de fauna já vem sendo discutida por alguns autores (CLEVENGER *et al.*, 2003; BUENO *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2015), apesar de ainda não ser um assunto tão explorado na literatura. A questão chave desse tipo de abordagem seria indicar que as ocorrências dos atropelamentos não são eventos aleatórios (CLEVENGER *et al.*, 2003). Cunha *et al.* (2015), também observaram uma relação entre as características da paisagem com a perda da fauna devido aos atropelamentos. Segundo os autores, trechos que apresentam certas características de relevo podem

afetar a altura de voo de algumas aves, deixando-as mais susceptíveis a colisões. Além disso, outros grupos de vertebrados podem ser atingidos por falta de refúgios no entorno, causados justamente por alterações na paisagem.

Bueno *et al.* (2013), analisaram a influência dos padrões de paisagem em relação ao atropelamento de mamíferos, especificamente no caso da capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), observaram que as áreas de colisão estavam mais associadas com a proximidade de rios. Outro fator também observado foi a alta cobertura de vegetação herbácea e baixa cobertura florestal. As características da paisagem, de certa forma, corroboraram com o habitat dessa espécie de mamífero semiaquático, que prefere estar próximos de áreas mais abertas e com presença de corpos d'água.

Freitas *et al.* (2015) também verificaram a influência da paisagem nos índices de mortalidade de mamíferos, estudando duas espécies de canídeos silvestres, o lobo-guará e o cachorro-do-mato, e uma espécie de lebre. No caso do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), os atropelamentos estavam associados às áreas urbanas, enquanto para o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e a lebre (*Lepus europaeus*), foi encontrada uma associação positiva em relação à cobertura florestal em diferentes escalas.

Diante dessas informações e da comprovada associação entre variáveis espaciais com o registro de atropelamentos torna-se de importante a investigação acerca da composição da paisagem ao redor de estradas e rodovias que com incidência alta de atropelamentos e de sua relação com *hotspots* de atropelamentos.

### 3.3 HOTSPOTS DE ATROPELAMENTOS E MEDIDAS DE MITIGAÇÃO

Os *hotspots* de atropelamentos podem ser definidos como os trechos de uma estrada que apresentam maior incidência de mortalidade de fauna devido às colisões com veículos (LANGEN *et al.*, 2009).

Teixeira *et al.* (2013), analisando *hotspots* para diferentes Classes de vertebrados, observaram que esses trechos com maior incidência de atropelamento para uma determinada Classe não coincidem com os de outras. Isso sugere que o *hotspot* poderia estar relacionado com a paisagem e o uso dela pelas diferentes Classes. Por exemplo, os *hotspots* para répteis podem estar associados à presença de corpos d'água nas proximidades dos trechos em questão; os mamíferos e as aves de modo geral, por sua vez, podem apresentar *hotspots* associados à presença de florestas mais conservadas. Dessa forma, estudando-se esses padrões, é possível tomar decisões no

que se refere às medidas de mitigação aos atropelamentos, como as passagens de fauna e os redutores de velocidades.

As passagens de fauna consistem em estruturas que permitem o deslocamento de animais de um lado ao outro da rodovia, sem que os mesmos utilizem a faixa de rolagem da estrada. Com isso, pode-se ter uma redução do número de atropelamentos. No entanto, para a instalação das passagens, é necessário que haja estudos prévios sobre a área de implantação e as espécies que irão utilizá-las, pois a falta de planejamento pode levar a problemas no que diz respeito à conservação. Nesses estudos, é levado em consideração o grupo de espécies que será protegido, utilizando-se como base os *hotspots* de atropelamentos nas respectivas trechos ou pontos, visto que uma passagem de fauna não irá proteger todas as espécies existentes, e nem mesmo deve ser construída em qualquer local (GLISTA *et al.*, 2009; CARVALHO *et al.*, 2015; CBEE, 2015).

As passagens de fauna podem ser classificadas em passagens inferiores e superiores. As passagens inferiores consistem em passagens subterrâneas, onde os animais atravessam um túnel. Já nas passagens superiores, utilizadas muitas vezes por animais arborícolas, consistem em estruturas localizadas acima da rodovia que ligam um lado ao outro, facilitando a passagem dos animais. E existe ainda outro tipo de passagem superior, na qual, diferentemente do túnel, a linha de conexão se encontra acima da estrada. Assim, os animais se deslocam acima dela, livres de riscos de atropelamentos (GLISTA *et al.*, 2009; CBEE, 2015).

Há ainda a utilização de redutores de velocidade nas estradas, sinalizando também a travessia de animais silvestres, a fim de conscientizar os motoristas e assim diminuir as taxas de atropelamentos, visto que é um problema que pode trazer riscos não só a fauna silvestre, mas também para as pessoas (CBEE, 2015).

Mediante essas informações, é possível perceber a importância que estudos nessa linha de pesquisa proporcionam para fins de mitigação. No entanto, para esses estudos são necessários levantamento de dados de atropelamentos e caracterização de trechos com maiores incidências dependendo da Classe.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAGER, A. *et al.* Fauna selvagem e atropelamento – diagnóstico do conhecimento brasileiro. In: BAGER, A. **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 futuras. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas.** Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.
- BUENO, C. *et al.* A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas.** Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.
- BUENO, C. *et al.* Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway br-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, 17(2): 320-327, 2013.
- CÁCERES, N. C. *et al.* Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. **Zoologia**, v. 27, n. 5, 2010.
- CÁCERES, N. C. *et al.* Variação espacial e sazonal atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. **Mastozoologia neotropical**, v. 19, n. 1, jun. 2012.
- CARVALHO, C. F. *et al.* Wild vertebrates roadkill aggregations on the br-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, v.31, n. 3, 2015.
- CBEE. Centro Brasileiro de Estudos de Ecologia de Estradas. **Módulo 1 – Ecologia de Estradas.** 2015. Disponível em: <<http://cbee.ufla.br/portal/textos-tecnicos.php/>>. Acesso em: 24 abr. 2016.
- CLEVINGER, A. P. *et al.* Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna roadkill aggregations. **Biological Conservation**, 109: 15-26. 2003.
- CUNHA, G. G. *et al.* Atropelamentos de vertebrados em uma área de Pampa no sul do Brasil. **Ambiência**, v. 11, p. 307-320, 2015.
- DAVIS, W. B. Mortality on wildlife on a Texas highway. **J Wild Manage**, 4:90–91, 1940.

- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst**, n. 34, p. 487-515, 2003.
- FORMAN, R. T. T.; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. **Annual Review of Ecology and Sistematics**, 29: 206-231, 1998.
- FORMAN, R. T. T. *et al.* **Road ecology: science and solutions**. Washington: Island Press, 2003, 481 p.
- FREITAS, S. R. *et al.* How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the brazilian savanna? **Oecologia Australis**, 18: 35-45, 2015.
- GARLAND, T. J.; BRADLEY, W. G. Effects of a Highway on Mojave Desert Roden Ppulations. **American Midland Naturalist**, 111: 47-56, 1984.
- GLISTA, D. J. *et al.* A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, 91 (1): 1-7, 2009.
- GRILO, C. *et al.* Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: JONES, R. S. (ed). **Highways: constructions, management, and maintenance**. Nova Science Publishers, p. 73-114, 2010.
- HENGEMÜHLE, A; CADEMARTURI, C. V. Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da Estrada do Mar (RS-389). **Biodiversidade Pampeana**, v. 6, n. 2, 2008.
- HONRADO, J. *et al.* Ecologia da paisagem e biodiversidade: da investigação à gestão e à conservação. **Ecologia**, n. 5, p. 36-51, 2012.
- JORGE, R. P. S. *et al.* Avaliação do estado de conservação do cachorro-vinagre *Speothos venaticus* (Lund, 1842) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3 (1), 179-190, 2013.
- KNOBLOCH, I. W. Death on the highway. **J Mammal**, 20:499–509. 1939.
- LANGEN, A. T. *et al.* Predicting Hot Spots of Herpetofauna Road Mortality Along Highway Networks. **The Journal of Wildlife Management**, v. 73, n. 1, p. 104-114, 2009.

- LAURANCE, W. F. *et al.* Impacts of roads and linear clearing on tropical forests. **Trends in Ecology and Evolution**, Amsterdam, v. 24, n. 12, p. 659-669, 2009.
- LITVAITIS, J. A.; TASH, J. P. An Approach Toward Understanding Wildlife-Vehicle Collisions. **Environmental Management**, v. 42, n. 4, p. 688-697, 2008.
- METZGER, J. P. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza e Conservação**, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006.
- METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagens? **Biota Neotropica**, v.1, n. 1, 2001.
- NOVELLI, R. *et al.* Estudo das aves mortas por atropelamento em um trecho da Rodovia BR 471, entre os distritos da Quinta e Taim, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 5, n. 3, p. 441-454, 1988.
- NUCCI, J. C. Origem e desenvolvimento da ecologia e da ecologia da paisagem. **Geografar**, v. 2, n. 1, p. 77-99, 2007.
- OLIVEIRA, E. A. *et al.* Propostas para redução da mortalidade por atropelamento da fauna silvestre na Avenida Itavuvu, Sorocaba - SP. **Scientia vitae**, v. 3, n. 11, 2016.
- RAMOS, C. C. O *et al.* The biology and ecology of birds is an important factor for explain the road kill frequencies? **Neotropical Biology and Conservation**, v. 6, n. 3, p. 201-212, 2011.
- ROSA, C. A. *et al.* Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas**. Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.
- SEILER, A. Ecological Effects of Roads: A review. **Swedish University of Agricultural Sciences**, Uppsala, 40. 2001.
- SANTOS, A. L. P. G. *et al.* Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-79, 2012.
- SOUZA, J. L.; ANACLETO, T. C. S. Levantamento de mamíferos atropelados na rodovia BR-158, estado de Mato Grosso, Brasil. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas**. Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.



TAYLOR, B. D.; GOLDINGAY, R. L. Roads and wildlife: impacts, mitigation and implications for wildlife management in Australia. **Wildlife Research**, n. 37, p. 320-331, 2010.

TEIXEIRA, F. Z. *et al.* Are roadkill hotspots coincident among different vertebrate groups?. **Oecologia Australis**, v. 17, p. 36-47, 2013.

TROMBULAK, S. C.; FRISSEL, C. A. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p. 18-30, 2000.

## **CAPÍTULO 1**

### **CARACTERIZAÇÃO ESPAÇO TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE MAMÍFEROS SILVESTRES EM ESTRADAS CIRCUNDANTES À ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO SERIDÓ, NO RIO GRANDE DO NORTE**

## 1 INTRODUÇÃO

Apesar da importância das estradas para a sociedade, é indiscutível que as mesmas representam uma forte influência sobre a biodiversidade, causando impactos através da fragmentação de ecossistemas, do efeito barreira e de atropelamentos (FORMAN *et al.*, 2003; OLIVEIRA *et al.*, 2016). A perda da fauna devido aos atropelamentos pode significar prejuízos de extrema proporção, principalmente quando são atingidas espécies que já se encontram em risco de extinção (LEITE *et al.*, 2012). Segundo Oliveira *et al.* (2016), o atropelamento de fauna supera a caça no que se refere à causa direta de mortalidade de vertebrados e vêm sendo a causa da perda de biodiversidade em muitos locais. Perdendo-se a biodiversidade, perdem-se grupos funcionais importantíssimos para o ecossistema. Isso corrobora com Dotta & Verdade (2007), os quais ressaltam que alguns mamíferos são responsáveis pela regeneração de florestas, sendo importantes dispersores de sementes. Diante disso, é possível ter uma dimensão dos impactos causados ao ecossistema pela diminuição da abundância de espécies, ou até mesmo da extinção das mesmas, quando levados em conta a funcionalidade desses indivíduos.

Diante desse impacto, mostra-se de grande relevância o uso de medidas que visam minimizar essa gravidade. Para isso, a identificação de *hotspots* apresenta grande utilidade para detectar locais prioritários para implantação de medidas de mitigação (LANGEN *et al.*, 2009; TAYLOR; GOLDINGAY, 2010). De acordo com Malo *et al.* (2004), a avaliação da distribuição espacial dos atropelamentos, a fim de detectar pontos com maior incidência para posteriores medidas de intervenção, é algo a ser levado em consideração, uma vez que os padrões de mortalidade não são aleatórios, observando-se que os animais geralmente utilizam a mesma rota de passagem.

Os impactos das estradas atingem os mais diversos grupos taxonômicos, tais como anfíbios, répteis, aves e mamíferos. No entanto, os padrões associados a determinados *hotspots* para um táxon não necessariamente terão similaridades com *hotspots* de outro (TEIXEIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2015). Se assim fossem, dados de atropelamentos de um determinado grupo serviriam como base para adotar medidas de mitigação também para outros.

Os padrões espaciais da paisagem são os mais variados, e os elementos circundantes da mesma podem ser um fator chave que, de certa forma, está relacionado à mortalidade nas estradas (LITVAITIS; TASH, 2008). Elementos da paisagem, podem

influenciar em diferentes escalas nos atropelamentos de fauna (TEIXEIRA *et al.*, 2013). Nesse âmbito, a Ecologia da Paisagem funciona como um importante instrumento a fim de avaliar a influência da heterogeneidade espacial sobre os processos bióticos e abióticos existentes na paisagem existente para determinado objeto de estudo (BRIDGEWATER, 1993; LEITE *et al.*, 2005).

Além de fatores espaciais, pode haver também uma forte influência em relação às estações do ano sobre os atropelamentos, mostrando dessa forma que, dependendo da época do ano, têm-se variações que podem influenciar na taxa de atropelamento nas estradas e rodovias (CÁCERES *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012).

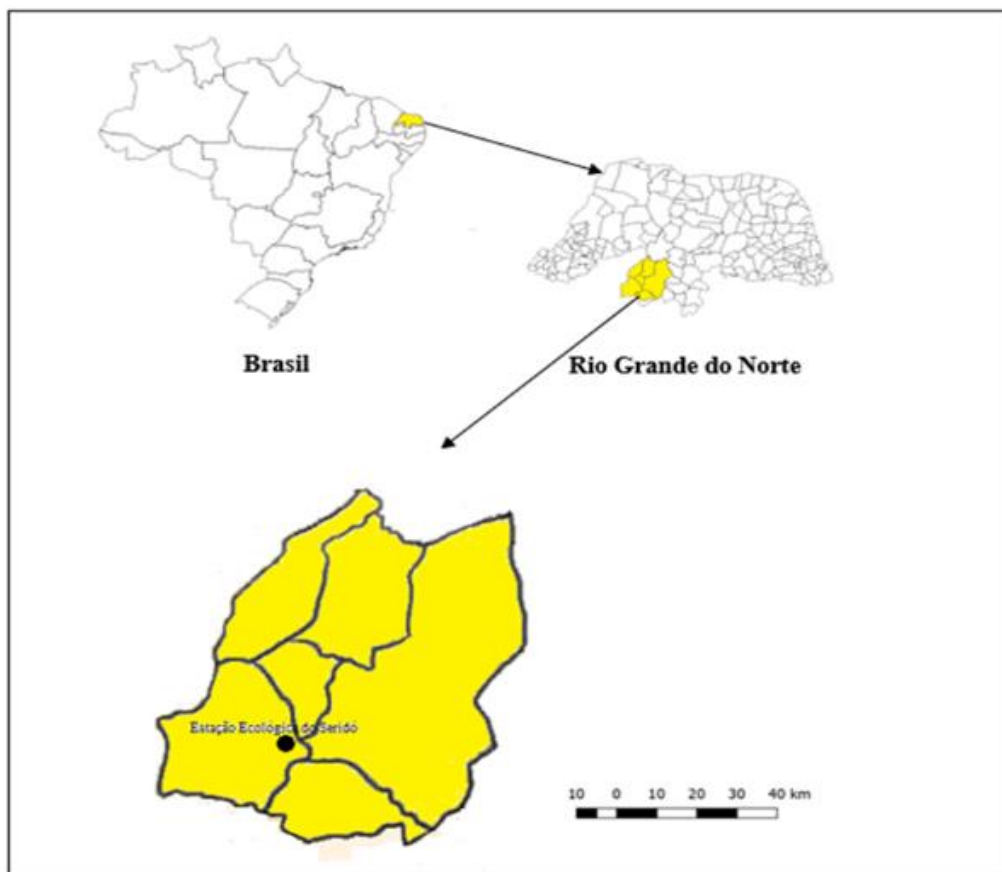
Diante disso, o objetivo deste trabalho é identificar os *hotspots* de atropelamentos para mamíferos nas estradas circundantes à Estação Ecológica do Seridó, no estado do Rio Grande do Norte, e quantificar as possíveis relações entre os atropelamentos e a paisagem circundante, levando-se em consideração variáveis espaciais (corpos d'água, vegetação nativa, agricultura, solo exposto e urbanização) e temporais (temperatura, precipitação pluviométrica, umidade e fotoperíodo).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no estado do Rio Grande do Norte, em estradas circundantes à Estação Ecológica (ESEC) do Seridó (Figura 1). Trata-se de uma Unidade de Conservação Federal, que apresenta uma grande riqueza em biodiversidade. Porém, existem poucos estudos publicados sobre a ecologia da fauna silvestre residente ou que usa essa área.

O monitoramento ocorreu pelo percurso indicado na Figura 2 e a extensão percorrida por monitoramento foi de aproximadamente 115 km.



**Figura 1. Localização da área de estudo.**

Fonte: Próprio autor.



**Figura 2. Trecho de monitoramento da região do Seridó.**

Fonte: Próprio autor.

## 2.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE ATROPELAMENTOS

Os dados dos atropelamentos foram obtidos com o monitoramento de 115 km a cada 21 dias, durante 36 meses (setembro de 2013 a agosto de 2016) usando a licença de número 40620-1 e 40620-2, emitida pelo Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (SISBIO, ICMBIO). O monitoramento realizado de carro com velocidade inferior a 50 km/h (FREITAS *et al.*, 2015), iniciava-se após o amanhecer, sendo feito por dois observadores. Cada animal encontrado era identificado em nível de espécie ou gênero. As coordenadas dos locais dos atropelamentos foram marcadas com GPS. Durante o período monitorado, foram encontrados 379 indivíduos de mamíferos silvestres atropelados nas estradas circundantes à Estação Ecológica do Seridó. Para as análises de *hotspots*, entretanto, foram levados em consideração as espécies que apresentaram os maiores índices de atropelamentos.

### 2.3 OBTENÇÃO DAS VARIÁVEIS ESPACIAIS E TEMPORAIS

Para a obtenção dos dados espaciais, duas imagens do satélite LANDSAT 8 (uma imagem referente ao período seco e outra referente ao período chuvoso) foram baixadas. Em seguida as bandas de cada imagem foram reprojatadas para o hemisfério sul, depois empilhadas, ajustadas e a área do estudo recortada. Depois, as imagens recortadas foram classificadas com o auxílio do *plugin* SCP (classificação supervisionada), no software QGis 2.18. Foram possíveis distinguir as seguintes unidades da paisagem: corpos d'água, vegetação nativa, agricultura, solo exposto e urbanização. Após a classificação das imagens, toda a extensão da estrada foi dividida em segmentos de 1km de comprimento. Em seguida, foram gerados *buffers* com raios de 1 km, 5 km e 10 km (BUENO *et al.*, 2013; FREITAS *et al.*, 2015), cujo centro situava-se no início de cada segmento da estrada. Em cada *buffer* realizou-se a quantificação da área ocupada para cada unidade da paisagem com a ferramenta *r.report*. Todos os procedimentos foram realizados no software QGis 2.18.

Para avaliar a influência da variação temporal nos atropelamentos, foram obtidas: temperatura média, fotoperíodo (duração do período de luz), precipitação pluviométrica (acumulado entre os monitoramentos) e umidade relativa do ar (média). Os dados de precipitação pluviométrica foram obtidos através da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN) e os demais dados através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), por meio da Estação Caicó A-316.

### 2.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para avaliar a não-aleatoriedade da distribuição espacial de atropelamentos, foram realizadas análises K de Ripley, no programa SIRIEMA 2.0 (COELHO *et al.*, 2014). Nessa análise, a função  $L(r)$  é usada para avaliar a intensidade de agregação nas diferentes escalas. Para isso, foi utilizado um raio inicial de 100 metros, com incremento de raio de 500 metros, além de um limite de confiança de 95% (ver CARVALHO *et al.*, 2015). Os valores de raio inicial e incremento de raio foram escolhidos por apresentarem uma escala onde a maioria das medidas de mitigação podem ser efetivas (TEIXEIRA *et al.*, 2013; CARVALHO *et al.*, 2015).

Em seguida, foi utilizado o Teste 2D *Hotspot Identification*, no programa SIRIEMA 2.0, para identificar locais com uma maior incidência de atropelamentos.

Nesse tipo de análise, a função N eventos – N simulado permite avaliar as áreas da rodovia onde há agregações de atropelamentos. Valores de N eventos – N simulado acima do limite superior de confiança demonstram trechos com agregação significativa (COELHO *et al.*, 2014). No Teste 2D *Hotspot Identification* foi utilizado um raio de 1 km, que consistia no menor raio de significância de atropelamento (o qual foi observado por meio das análises de K de Ripley), com um limite de confiança de 95% e mil simulações. Foram analisados *hotspots* para o grupo geral de mamíferos e para as espécies mais atingidas na área de estudo.

Para a relação entre os atropelamentos e as unidades da paisagem circundante realizaram-se análises de regressões múltiplas para as variáveis que apresentaram correlação significativa (testadas previamente com correlação de Pearson) e testes de Akaike para selecionar o melhor modelo. Todas as análises foram rodadas com o programa SAM – *Spatial Analysis in Macroecology* (RANGEL *et al.*, 2010).

Para avaliar a distribuição temporal de atropelamentos, foi utilizado o programa ORIANA (KOVACH, 2004), onde foi possível distribuir o número de atropelamentos para cada mês do período de estudo. Em seguida, avaliou-se a relação de variáveis temporais (temperatura, fotoperíodo, pluviosidade e umidade) com os atropelamentos por meio de correlações de Pearson e criou-se modelos de relação dos atropelamentos com as variáveis temporais por meio de diagramas utilizando o programa AMOS (ARBUCKLE, 2007).



### 3 RESULTADOS

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ATROPELADAS

Durante os três anos de pesquisa nas estradas que circundam a ESEC do Seridó, foram verificados 379 mamíferos silvestres atropelados. A seguir (Tabela 1) são apresentadas as informações de todos os indivíduos da Classe Mammalia atropelados nas estradas monitoradas. Nela, nota-se que as espécies de mamíferos mais atingidas se tratam de *Cerdocyon thous* (cachorro-do-mato), representando 62,26% dos mamíferos detectados no estudo (n=236); *Lycalopex vetulus* (raposa-do-campo), com 20,84% de frequência (n=79); e *Procyon cancrivorus* (mão-pelada), com 6,60% de frequência (n=25).

**Tabela 1.** Frequência (%) de espécies de mamíferos silvestres atropeladas em um período de três anos na área em estudo.

Classe/ordem/família	Espécie	Nome popular	N	Frequência (%)
<b>CLASSE MAMMALIA</b>				
<b>Ordem Carnivora</b>				
<b>Família Canidae</b>	<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro-do-mato	236	62,26
	<i>Lycalopex vetulus</i>	Raposa-do-campo	79	20,84
<b>Família Felidae</b>	<i>Leopardus tigrinus</i>	Gato-do-mato	6	1,50
	<i>Leopardus wiedii</i>	Gato-maracajá	1	0,30
	<i>Puma yagouaroundi</i>	Gato-mourisco	3	0,80
<b>Família Procyonidae</b>	<i>Procyon cancrivorus</i>	Mão-pelada	25	6,60
<b>Ordem Cingulata</b>				
<b>Família Dasypodidae</b>	<i>Euphractus sexcintus</i>	Tatu-peba	20	5,30
<b>Ordem Didelphimorphia</b>				
<b>Família Didelphidae</b>	<i>Didelphis albiventris</i>	Cassaco	3	0,80
<b>Ordem Rodentia</b>				
<b>Família Caviidae</b>	<i>Galea spixii</i>	Preá	5	1,30
<b>Família Echimyidae</b>	<i>Thrichomys</i>	Punaré	1	0,30
	<i>laurentius</i>			
<b>TOTAL</b>			379	100

Fonte: Próprio autor.

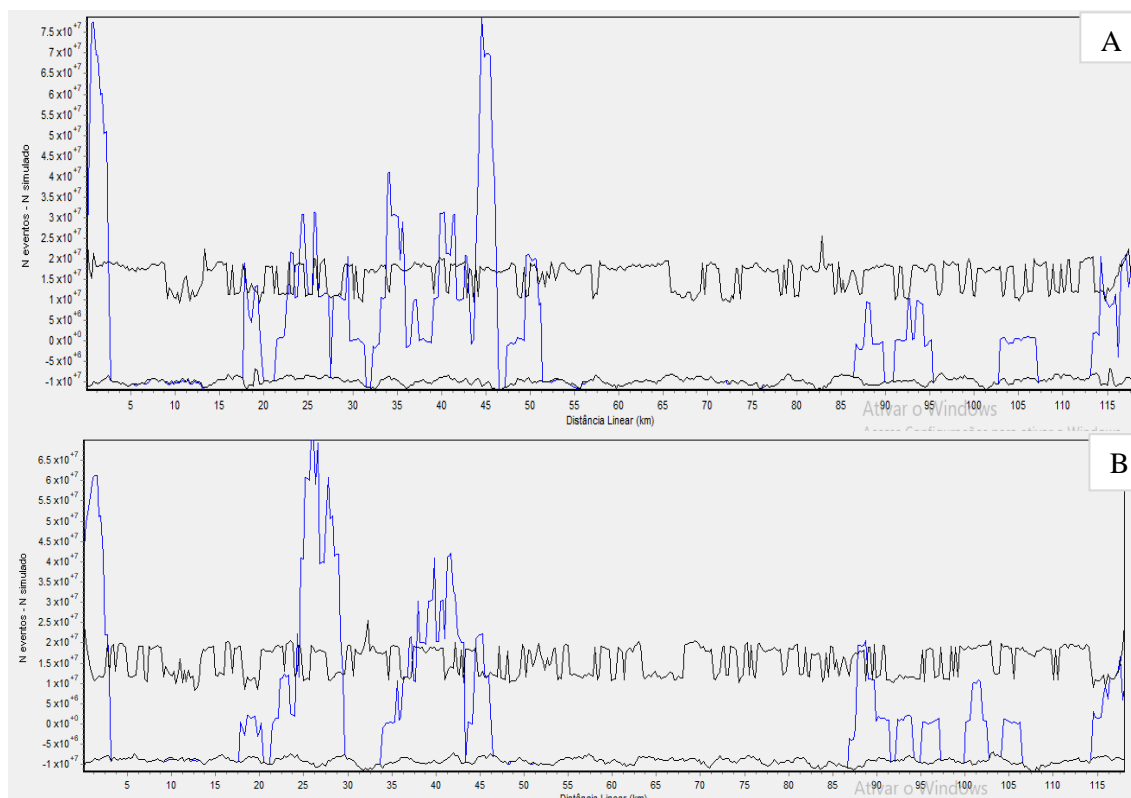
## 3.2 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS

### 3.2.1 Identificação de *hotspots* de atropelamentos

Foram encontradas agregações significativas de atropelamentos para a Classe geral de mamíferos, como também especificamente para as espécies *Cerdocyon thous*, *Lycalopex vetulus* e *Procyon cancrivorus*. Nos gráficos contidos nas Figuras 3 a 6, as colunas de cor azul que ultrapassam as linhas de cor preta (limite de confiança da análise), representam os *hotspots* de atropelamentos. Os resultados podem ser observados a seguir.

#### 3.2.1.1 *Hotspots* para a Classe de mamíferos em geral

Em relação à Classe geral de mamíferos, durante a estação seca foram identificados *hotspots* nos quilômetros 1 a 3, 23, 24, 33 a 35, 40, 41, 45, 50 e 115 (Figura 3-A). Para a estação chuvosa, os *hotspots* consistiam, nos quilômetros 1 a 3, 24 a 30, 37 a 45, 87 e 88 (Figura 3-B).

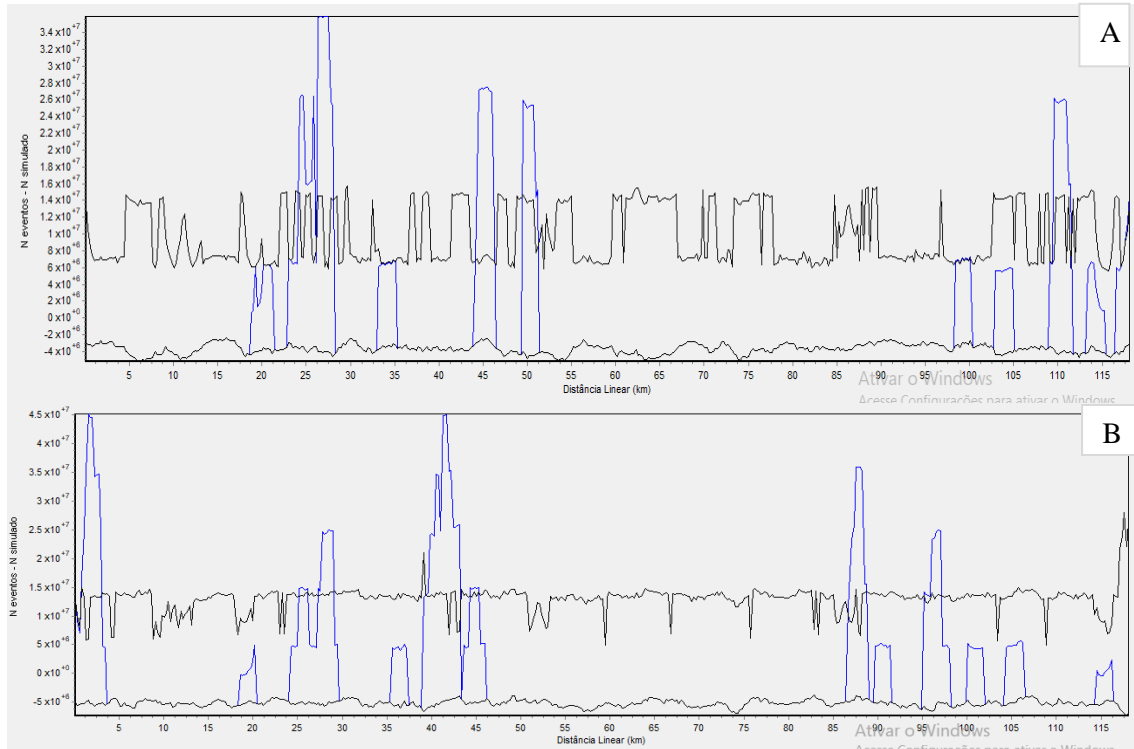


**Figura 3. *Hotspots* para a comunidade geral de mamíferos no trecho de monitoramento.**

A) estação seca; B) estação chuvosa.

### 3.2.1.2 *Cerdocyon thous*

Para a espécie *Cerdocyon thous*, foram identificados *hotspots*, durante a estação seca, nos quilômetros 24 a 28, 45, 50 e 110 (Figura 4-A). Na estação chuvosa, os trechos com *hotspots* consistiam nos quilômetros 1 a 3, 25, 27 a 29, 40 a 45, 86 a 88, 95 a 97 (Figura 4-B).

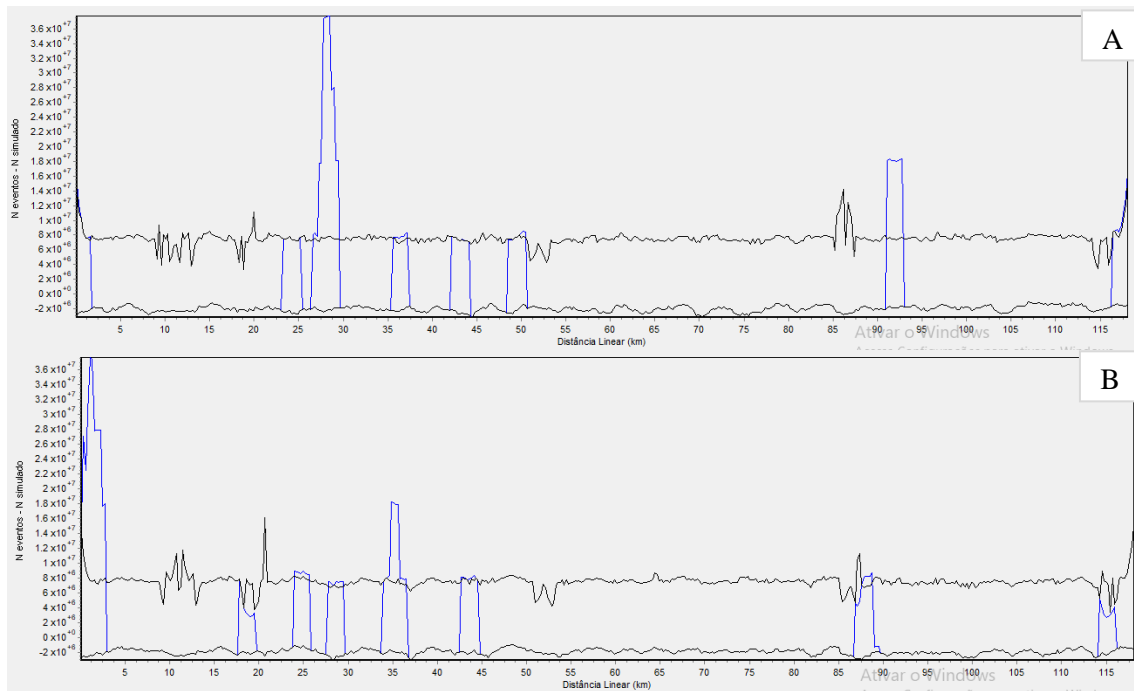


**Figura 4. Hotspots para a espécie *Cerdocyon thous* no trecho de monitoramento.**

A) estação seca; B) estação chuvosa.

### 3.2.1.3 *Lycalopex vetulus*

Para a espécie *Lycalopex vetulus*, os *hotspots* de atropelamentos, durante a estação seca, se encontravam nos quilômetros 26 a 29, 35 a 37, 50, 91 a 93 e 115 (Figura 5-A). Na estação chuvosa, identificaram-se *hotspots* nos quilômetros 1 a 3, 25, 27 a 29, 35, 36, 43, 44, 88 e 89 (Figura 5-B).

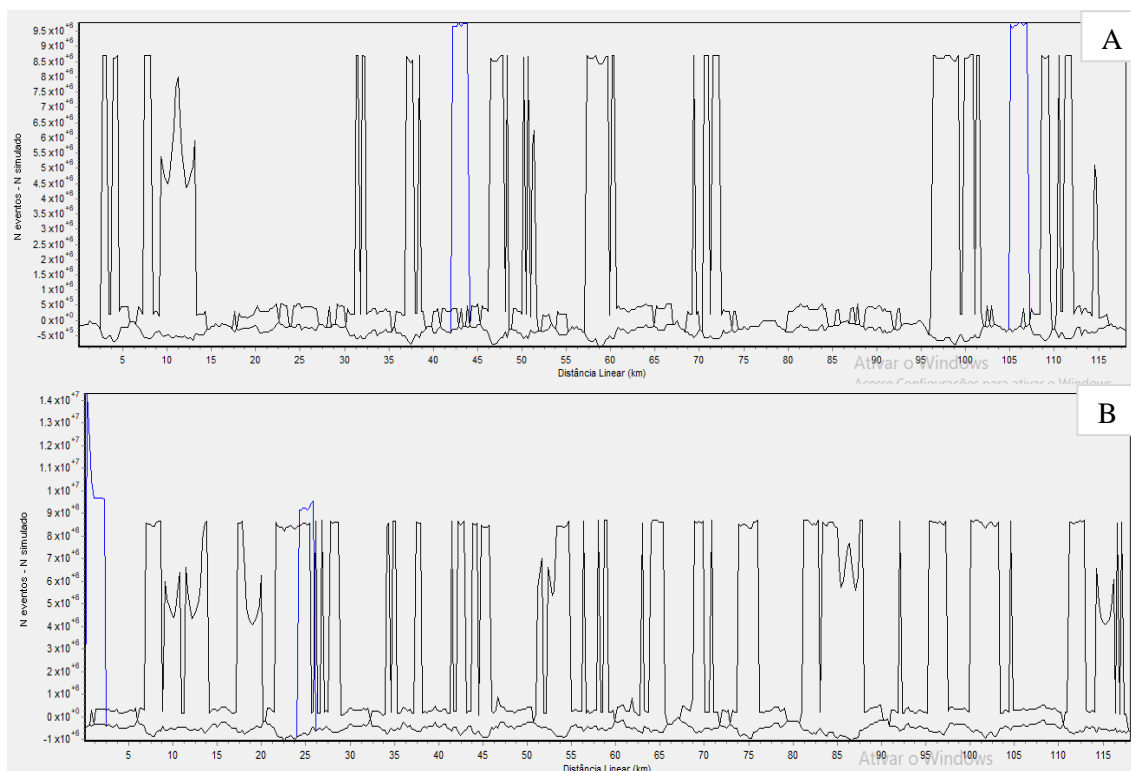


**Figura 5. Hotspots para a espécie *Lycalopex vetulus* no trecho de monitoramento.**

A) estação seca; B) estação chuvosa.

### 3.2.1.4 *Procyon cancrivorus*

Para a espécie *Procyon cancrivorus*, foram identificados *hotspots*, durante a estação seca, nos quilômetros 43, 44, 105 a 107 (Figura 6-A). Durante a estação chuvosa, os *hotspots* foram identificados nos quilômetros 1, 2, 24 e 25 (Figura 6-B).



**Figura 6. Hotspots para a espécie *Procyon cancrivorus* no trecho de monitoramento.**

A) estação seca; B) estação chuvosa.

### 3.2.2 Relação entre os atropelamentos e a composição da paisagem circundante

Observaram-se relações de atropelamentos com a paisagem para o grupo geral de mamíferos e para as espécies *Cerdocyon thous* e *Procyon cancrivorus*. No entanto, *Lycalopex vetulus* não apresentou nenhuma relação significativa com as variáveis utilizadas (Tabela 2). Os modelos de relações entre os atropelamentos e as variáveis espaciais foram selecionados de acordo com os dados AICc - *Akaike Information Criterion* ( $\Delta$ AICc e wAICc).

Para a Classe geral de mamíferos, houve uma relação negativa quanto à presença de agricultura (coeficiente de regressão = -0,41) e urbanização (coeficiente de regressão = -0,63). Para *Cerdocyon thous*, observou-se uma relação positiva quanto à presença de vegetação nativa (coeficiente de regressão = 0,61), e relações negativas quanto à agricultura (coeficiente de regressão = -0,43), solo exposto (coeficiente de regressão = -0,78) e urbanização (coeficiente de regressão = -0,64). Para *Procyon cancrivorus*, por

sua vez, houve uma relação positiva quanto à presença de urbanização (coeficiente de regressão = 0,70).

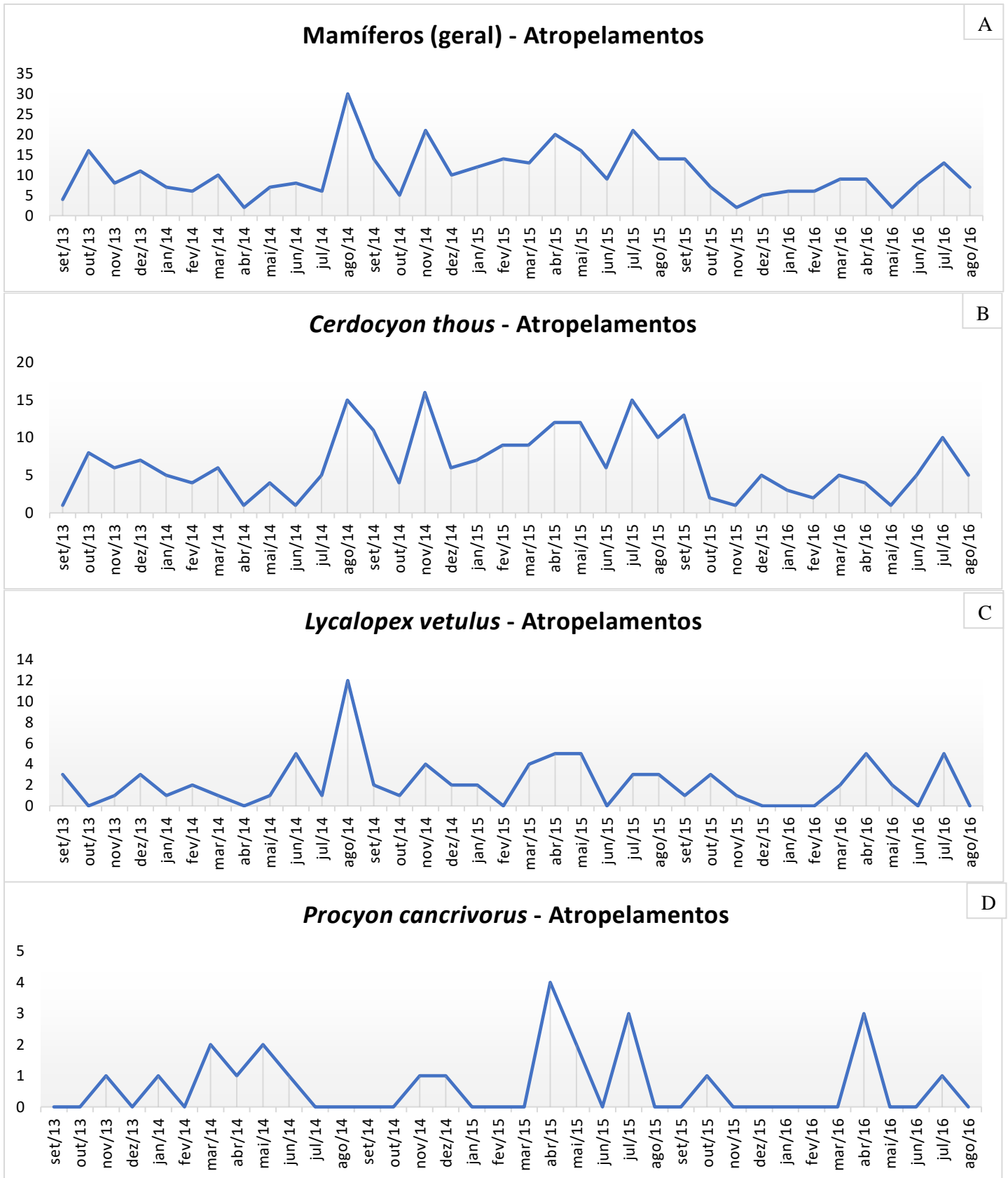
**Tabela 2.** Modelos de relações dos atropelamentos com as variáveis espaciais selecionados através do AICc e seus respectivos coeficientes de regressão.

Atropelamentos	Variáveis espaciais	$\Delta$ AICc	wAICc	Coefficiente de Regressão (Erro padrão)
Mamíferos (geral)	- Agricultura (10 km)	0,32	0,11	-0,41 (3,20)
	- Urbanização (10 km)	0,10	0,10	-0,63 (3,37)
<i>Cerdocyon thous</i>	+ Vegetação nativa (10 km)	0,19	0,08	0,61 (2,81)
	- Agricultura (10 km)	0,75	0,06	-0,43 (2,63)
	- Solo exposto (10 km)	0,61	0,06	-0,78 (2,53)
	- Urbanização (10 km)	0,10	0,09	-0,64 (2,77)
<i>Procyon cancrivorus</i>	+ Urbanização (1 km)	0,81	0,07	0,70 (0,49)

Fonte: Próprio autor.

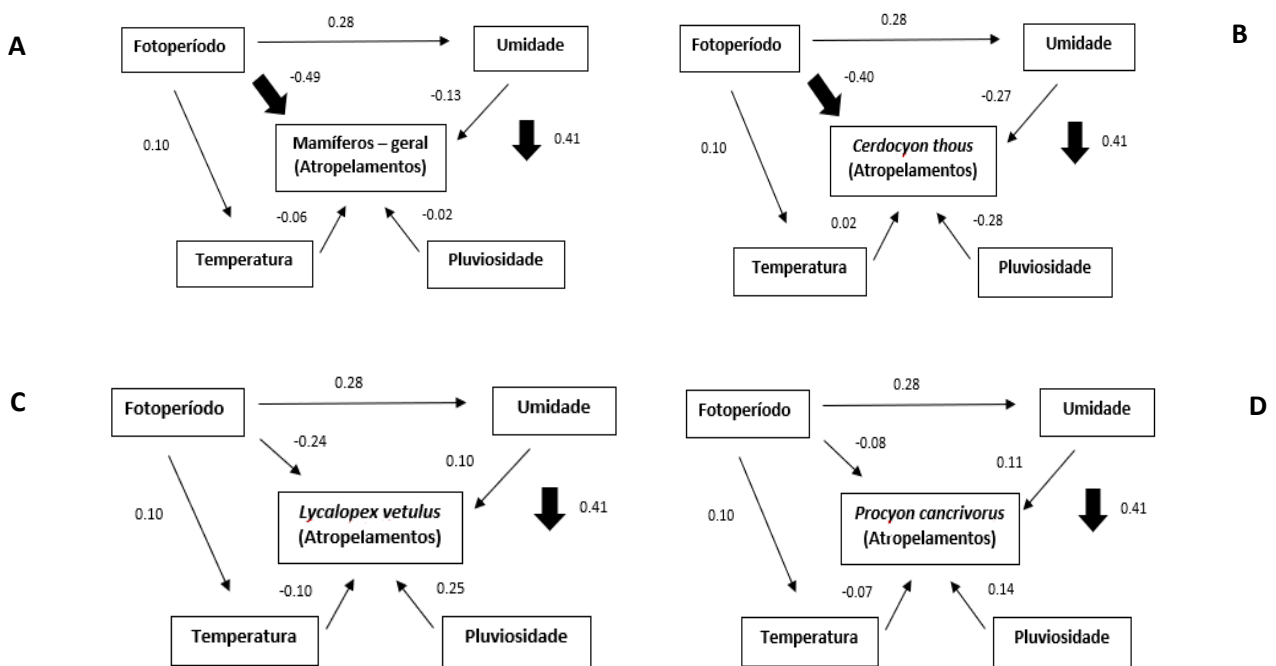
### 3.3 CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS

Foi realizada também uma caracterização temporal dos atropelamentos, dividindo em período seco (os quais compreendem os meses de julho a dezembro) e período chuvoso (os quais compreendem os meses de janeiro a junho), onde foi possível observar um maior número de atropelamentos de mamíferos durante a estação seca, com exceção apenas de *Procyon cancrivorus*. Os dados podem ser observados a seguir, na Figura 7.



**Figura 7. Distribuição temporal de atropelamentos de mamíferos silvestres na área de estudo em um período de três anos. A) Mamíferos (geral); B) *Cerdocyon thous*; C) *Lycalopex vetulus*; D) *Procyon cancrivorus*.**

Na Figura 8, têm-se a relação dos atropelamentos de mamíferos silvestres com variáveis temporais. As setas largas indicam coeficientes significativos, enquanto as setas mais finas indicam que não há significância. No caso do grupo geral dos mamíferos e da espécie *Cerdocyon thous*, observou-se uma relação negativa com o fotoperíodo, através do coeficiente de correlação observado no diagrama em questão. A Classe geral apresentou como coeficiente de correlação -0,49, e a espécie *Cerdocyon thous* apresentou o coeficiente -0,40. As demais espécies não apresentaram relação significativa para nenhuma variável temporal.



**Figura 8. Diagrama da influência das variáveis temporais nos atropelamentos de mamíferos silvestres. A) Classe geral; B) *Cerdocyon thous*; C) *Lycalopex vetulus*; D) *Procyon cancrivorus*.**

Fonte: Próprio autor.



## 4 DISCUSSÃO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS ESPÉCIES ATROPELADAS

O grupo dos mamíferos muitas vezes é documentado como um dos grupos mais atingidos pelo impacto das estradas, sendo apontada uma alta incidência de atropelamentos (CUNHA *et al.*, 2010; CÁCERES *et al.*, 2012). Os de maior porte, como os representantes da Ordem Carnívora, quando comparada com as demais ordens, sobressai em número de atropelamentos (CÁCERES *et al.*, 2010). No presente estudo, as espécies de mamíferos que apresentaram uma maior frequência de atropelamentos foram *Cerdocyon thous* (cachorro-do mato), *Lycalopex vetulus* (raposa-do-campo) e *Procyon cancrivorus* (mão-pelada). Os carnívoros apresentam uma maior área de vida, se deslocando por extensões maiores de espaço (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013), diferentemente dos pequenos mamíferos, como roedores e marsupiais, que possuem uma área de vida mais reduzida, e que muitas vezes são relutantes quanto ao fato de se deslocarem entre fragmentos da paisagem (PREVEDELLO *et al.*, 2008). Corroborando com essa informação, foi possível observar que o número de pequenos mamíferos, como os roedores, *Thricomys laurentius* e *Galea spixii*, ou como os marsupiais, *Didelphis albiventris*, apresentaram uma taxa menor de mortalidade. Isso pode ser explicado, talvez, pela própria ecologia dos pequenos mamíferos (PREVEDELLO *et al.*, 2008). Adicionado a isso, cabe ressaltar que carcaças de animais de pequeno porte apresentam uma taxa de remoção alta e menor detectabilidade, sendo facilmente retiradas da pista por animais carniceiros (RUIZ-CAPILLAS *et al.*, 2015).

No presente estudo, a espécie *Cerdocyon thous* apresentou uma frequência de 62,26% (n=236), o qual é bastante alta. Isso corrobora com muitos estudos de levantamento de mamíferos atropelados, que apontam essa espécie como sendo a mais detectada (CHEREM *et al.*, 2007; HEGEL *et al.*, 2012). Além da necessidade de deslocamento que essa espécie apresenta devido a sua área de vida (FEIJÓ; LANGGUTH, 2013), outro fator que propicia seu atropelamento é o hábito de se alimentar de animais atropelados na beira das estradas (BEISIEGEL *et al.*, 2013), além do horário noturno, onde há uma maior mobilidade por parte desses animais (REIS *et al.*, 2010; BEISIEGEL *et al.*, 2013), como também menor visibilidade por parte dos motoristas, o que aumentam as chances de colisão (LAURANCE *et al.*, 2009).

A espécie *Lycalopex vetulus* até então não possuía registros no Rio Grande do Norte (REIS *et al.*, 2010; LEMOS *et al.*, 2013), sendo registrada para esta região pela primeira vez neste estudo. É uma espécie típica dos campos, preferindo áreas com vegetação mais rala e espaçada, não habitando tanto as matas fechadas como a *Cerdocyon*, daí o seu nome popular de “raposa-do-campo” (FREITAS, 2012; LEMOS *et al.* 2013). Tem sofrido fortes pressões devido à fragmentação de seu habitat (DALPONTE, 2009), além do impacto dos atropelamentos em rodovias pelo país (LEMOS; AZEVEDO, 2009; LEMOS *et al.*, 2013).

A espécie *Procyon cancrivorus*, também conhecida como mão-pelada ou guaxinim, é documentado também com uma das espécies mais atropeladas em estradas e rodovias pelo país (CHEREM *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2008; CHEIDA *et al.*, 2013). Apresenta hábitos semiarborícolas, o que faz com que se desloque também pelas estradas em busca de fragmentos florestais próximos, que constituem para si como abrigo (PELLANDA *et al.*, 2010; CHEIDA *et al.*, 2013). Além disso, apresenta relativa tolerância às áreas antropizadas (MICHALSKI; PERES, 2005).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS

Os mamíferos, quando avaliados no geral, apresentaram uma relação negativa à urbanização, ou seja, quanto menor a ocorrência de área urbana ao redor da rodovia, maior o número de atropelamentos. Freitas *et al.* (2015), apontam as áreas urbanas como trechos com menor probabilidade de atropelamentos de animais silvestres. No entanto, é possível detectar atropelamentos de animais domésticos nesses trechos (ROWDEN *et al.*, 2008), o que não foi objeto deste estudo. O mesmo foi observado quanto à presença de agricultura, apresentando também uma relação negativa. A expansão da agricultura pode apresentar grande impacto à biodiversidade no que se refere às alterações de *habitats*, sejam decorrentes do desmatamento, das queimadas, da degradação do solo e até mesmo da contaminação de corpos d’água (FIRMINO; FONSECA, 2008). Isso leva cada vez mais à diminuição da ocorrência de espécies de mamíferos silvestres, diante de tantas perturbações ao ambiente em que vivem, como foi relatado por Bayne e Hobson (1998), os quais ressaltam que a mudança de uma paisagem altamente arborizada para uma dominada por agricultura, pode influenciar bastante na abundância e diversidade de muitas espécies. Alguns autores, como Caro *et al.* (2000) e Cáceres *et al.* (2010), até apontam mamíferos silvestres atropelados em

áreas de agricultura, porém são relatados indivíduos pertencentes às Ordens Rodentia, Didelphimorphia ou Lagomorpha, diferente do grupo ao qual foram estudados a caracterização dos *hotspots* neste estudo, que se tratava de indivíduos da Ordem Carnivora.

Quando avaliado por espécie, foi possível detectar relações da paisagem com os *hotspots* de atropelamentos apenas para *Cerdocyon thous* e *Procyon cancrivorus*. Para *Lycalopex vetulus* não houve relação significativa com nenhum elemento da paisagem estudado.

Para *Cerdocyon thous*, observou-se também uma relação negativa quanto à urbanização e agricultura, além de uma relação negativa quanto à ocorrência de solo exposto. Essa espécie, apesar de ser tolerante à algumas perturbações antrópicas (ROCHA *et al.*, 2004), não se apresenta da mesma forma quanto à urbanização (BEISIEGEL *et al.*, 2013). Além disso, a relação inversa quanto às áreas de solo exposto é um indicativo de seus hábitos, visto que ela é documentada na literatura como habitando áreas com vegetação mais densa (ROCHA *et al.*, 2008; REIS *et al.*, 2010; BEISIEGEL *et al.*, 2013). Já quanto à relação inversa com a presença de agricultura, é algo que difere com o que já foi relatado por alguns autores, como por exemplo, Ferraz *et al.* (2010), os quais observaram uma forte presença de indivíduos dessa espécie em áreas de cultivo. Entretanto, a expansão de áreas de agricultura é apontada como uma questão de risco para *Cerdocyon thous*, visto que diminui tanto a diversidade de sua dieta natural, como também a diminuição de sua área de vida (NOWAK, 1999; ROCHA *et al.*, 2017).

Para *Procyon cancrivorus*, foi detectada uma relação positiva em relação à urbanização, observando um aumento no número de atropelamentos próximo às áreas urbanas. Fato curioso, mas que pode ser explicado pelas diversas alterações que ocorrem nos *habitats* desses indivíduos, o que pode levar à presença deles em áreas cada vez mais próximas da urbanização (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). Segundo Kasper *et al.* (2007), algumas espécies de mamíferos podem encontrar abrigos e recursos em fragmentos florestais perto de parques urbanos, além de que essa espécie apresenta certa tolerância às áreas com antropização (MICHALSKI; PERES, 2005). Isso pode explicar a detecção de atropelamentos de espécies silvestres nessas áreas.

### 4.3 CARACTERIZAÇÃO TEMPORAL DOS ATROPELAMENTOS

Além dos elementos da paisagem, as taxas de atropelamentos podem estar relacionadas também à sazonalidade (SANTOS *et al.*, 2012). Pode haver um aumento ou um declínio de deslocamento, dependendo da disponibilidade de recursos (CÁCERES *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012), da presença de corpos de água temporários (BUENO *et al.*, 2012), ou da época reprodutiva (GRILO *et al.*, 2009).

Em relação à sazonalidade, Hegel *et al.* (2012) encontraram diferenças de abundância de mamíferos atropelados para diferentes estações, observando um número maior durante a estação seca. O mesmo foi observado também nos trabalhos realizados por Bueno e Almeida (2010) e Cáceres *et al.* (2012), os quais, analisando a sazonalidade dos atropelamentos de mamíferos silvestres, constataram também um maior número de indivíduos no período seco, corroborando com o que foi identificado neste trabalho, que além de apresentar um maior número de atropelamentos no referido período, as relações com os padrões de paisagem também só tiveram significância no período seco, mostrando que de certa forma, pode haver muitos fatores que ficam mais em evidência durante a estação de estiagem.

Quanto às relações com variáveis temporais, observaram-se relações negativas entre os atropelamentos do grupo geral de mamíferos e para a espécie *Cerdocyon thous* quanto ao fotoperíodo. As espécies de mamíferos, em sua maioria, possuem hábitos noturnos (REIS *et al.*, 2010; FREITAS, 2012), o que leva possivelmente ao fotoperíodo apresentar relação inversa com os atropelamentos, visto que os mesmos estão associados aos períodos de maior mobilidade desses animais (GRILO *et al.*, 2009).

## 5 CONCLUSÃO

Por meio deste estudo foi possível constatar que as espécies de mamíferos silvestres mais atingidas pelos atropelamentos foram *Cerdocyon thous*, *Lycalopex vetulus* e *Procyon cancrivorus*. No que diz respeito à relação existente entre os atropelamentos e a paisagem, os *hotspots* da Classe Mammalia no geral estavam relacionados de forma negativa à agricultura e à urbanização, enquanto que os *hotspots* de *Cerdocyon thous* estavam relacionados positivamente à vegetação nativa e negativamente à agricultura, solo exposto e urbanização, e os *hotspots* de *Procyon cancrivorus*, por sua vez, relacionados positivamente à urbanização. Houve uma maior taxa de atropelamentos de mamíferos na estação seca. Quanto às variáveis temporais, o grupo geral de mamíferos e a espécie *Cerdocyon thous* apresentaram relação negativa ao fotoperíodo. Desse modo, foi possível compreender, tanto de forma espacial quanto temporal, os atropelamentos de mamíferos silvestres nas estradas circundantes à ESEC do Seridó, no Rio Grande do Norte. Essa compreensão pode levar ao desenvolvimento de medidas mitigadoras em relação a esses atropelamentos.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARBUCKLE, J. L. **Amos 16.0 User's Guide**. Amos Development Corporation. Spring House, PA, USA. 2007.
- BAYNE, E. M; HOBSON, K. A. The effects of habitat fragmentation by forestry and agriculture on the abundance of small mammals in the southern boreal mixed wood forest. **Canadian Journal of Zoology**, 76: 62–69, 1998.
- BOARMAN, W. I.; SAZAKI, M. A highway's road effect zone for desert tortoises (*Gopherus agassizii*). **J. Arid Environ.**, 65: 94-101, 2006.
- BEISIEGEL, B. M. *et al.* Avaliação do risco de extinção do Cachorro-do-mato *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) no Brasil. **Biodiv. Bras.**, 3: 160–171. 2013.
- BRIDGEWATER, P. B. Landscape ecology, geographic information systems and nature conservation. P. 23-36. In: R. Haines-Young; D.R. Green & S. Cousins (eds.). **Landscape ecology and geographic information systems**. New York, Taylor & Francis Eds. 1993.
- BUENO, C.; ALMEIDA, J. A. L. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). **Revista Brasileira de Zoociências**, 12 (3): 219-226, 2010.
- BUENO, C. *et al.* A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas**. Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.
- BUENO, C. *et al.* Influence of landscape characteristics on capybara road-kill on highway br-040, southeastern Brazil. **Oecologia Australis**, 17(2): 320-327, 2013.
- CÁCERES, N. C. *et al.* Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil. **Zoologia**, v. 27, n. 5, 2010.
- CÁCERES, N. C. *et al.* Variação espacial e sazonal atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudoeste do Brasil. **Mastozoologia neotropical**, v. 19, n. 1, jun. 2012.

CARO, T. M. *et al.* Frequency of Medium-sized Mammal Road Kills in an Agricultural Landscape in California. **The American Midland Naturalist**, 144: (2), 362-369, 2000.

CARVALHO, C. F. *et al.* Wild vertebrates roadkill aggregations on the br-050 highway, state of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, v.31, n. 3, 2015.

CARVALHO, F.; MIRA, A. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: a case study in Mediterranean farmland. **European Journal of Wildlife Research**, v. 57, p. 157-174, 2011.

CHEIDA, C. C. *et al.* Avaliação do risco de extinção do Guaxinim *Procyon cancrivorus* (Cuvier, 1798) no Brasil. **Biodiversidade brasileira**, 3: (1), 283-290, 2013.

CHEREM, J. J. *et al.* Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, sul do Brasil. **Revista Biotemas**, 20: 81-96, 2007.

COELHO, A. V. P. *et al.* **Siriema: road mortality software**. Manual do usuário v. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2014. Disponível em: <[www.ufrgs.br/siriema](http://www.ufrgs.br/siriema)>. Acesso em: 31 jan. 2017.

COELHO, I. P. *et al.* Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **European Journal of Wildlife Research**, 54: 689-699, 2008.

CUNHA, H. F. *et al.* Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 257-263, 2010.

DALPONTE, J. C. *Lycalopex vetulus* (Carnivora: Canidae). **Mammalian Species**, 847: 1-7. 2009.

DOTTA, G.; VERDADE, L. M. Trophic categories in a mammal assemblage: diversity in an agricultural landscape. **Biota Neotropica**, v. 7, 2007.

EIGENBROD, F. *et al.* The relative effects of road traffic and forest cover on anuran populations. **Biology Conservation**, 141:35–46, 2008.

- EISERBERG, J. F.; REDFORD, K. H. **Mammals of the Neotropics. The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil.** The University of Chicago Press. 1999. 609 p.
- EVERS, R. M.; DIDHAM, R. K. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. **Biological Reviews**, v. 81, n.1, p. 117-142, 2006.
- FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst**, n. 34, p. 487-515, 2003.
- FEIJÓ, A.; LANGGUTH, A. Mamíferos de médio e grande porte no Nordeste do Brasil: distribuição e taxonomia, com descrição de novas espécies. **Revista Nordestina de Biologia**, v. 22, 2013.
- FERRAZ, K. M. P. B. *et al.* Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. **Mammalia**, 74: 275-280, 2010.
- FIRMINO, R. G.; FONSECA, M. B. Uma Visão Econômica dos Impactos Ambientais Causados pela Expansão da Agricultura. **Revista de Economia e Administração**, v. 9, n. 18, p. 32-48, 2008.
- FORMAN, R. T. T. *et al.* **Road ecology: science and solutions.** Washington: Island Press, 2003, 481 p.
- FREITAS, M. A. **Mamíferos no Nordeste Brasileiro: Espécies continentais.** Pelotas: UESB, 2012. 133 p.
- FREITAS, S. R. *et al.* How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the brazilian savanna? **Oecologia Australis**, 18: 35-45, 2015.
- GLISTA, D. J. *et al.* A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. **Landscape and Urban Planning**, 91 (1): 1-7, 2009.
- GRILO, C. *et al.* Spatial temporal patterns in Mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. **Biological Conservation**, 142: 301-313. 2009.
- GRILO, C. *et al.* Mitigation measures to reduce impacts on biodiversity. In: JONES, R. S. (ed). **Highways: constructions, management, and maintenance.** Nova Science Publishers, p. 73-114, 2010.



- HEGEL, C. G. Z. *et al.* Mamíferos silvestres atropelados na rodovia RS-135, norte do Estado do Rio Grande do Sul. **Biotemas**, 25 (2): 165-170, 2012.
- KASPER, C. B. *et al.* Mamíferos do Vale do Taquari, região central do Rio Grande do Sul. **Biociências**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 53-62, jan. 2007.
- KOVACH, W. L. **Oriana for Windows**. Version 2.02. Kovach Computer Services, Pentraeth, Wales, UK. 2004.
- LANGEN, A. T. *et al.* Predicting Hot Spots of Herpetofauna Road Mortality Along Highway Networks. **The Journal of Wildlife Management**, v. 73, n. 1, p. 104-114, 2009.
- LEITE, E. C. *et al.* Ecologia da paisagem: mapeamento da vegetação da Reserva Biológica da Serra do Japi, Jundiaí, SP, Brasil. **Acta Botânica bras.**, 19(2): 233-243. 2005.
- LEITE, R. M. S. *et al.* Atropelamento de mamíferos silvestres de médio e de grande porte nas rodovias PR-407 e PR-508, Planície Costeira do estado do Paraná, Brasil. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas**. Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.
- LEMOS, F.G.; AZEVEDO, F.C. *Lycalopex vetulus* (Lund, 1842). p. 61. In: Bressan, P.M.; KIERULFF, M.C.M. & SUGIEDA, A.M. (orgs.). **Fauna ameaçada de extinção no Estado de São Paulo – vertebrados**. São Paulo: Fundação Parque Zoológico de São Paulo/Secretaria do Meio Ambiente. 645p. 2009.
- LEMOS, F. G. *et al.* Avaliação do risco de extinção da Raposa-do-campo *Lycalopex vetulus* (Lund, 1842) no Brasil. **Biodiversidade brasileira**, 3: (1), 160-171, 2013.
- LITVAITIS, J. A.; TASH, J. P. An Approach Toward Understanding Wildlife-Vehicle Collisions. **Environmental Management**, v. 42, n. 4, p. 688-697, 2008.
- MALO, J. E. *et al.* Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? **Journal of Applied Ecology**, 41:701–710, 2004.
- MARTINELLI, M. M.; VOLPI, T. A. Diet of racoon *Procyon cancrivorus* (Carnivora, Procyonidae) in a mangrove and restinga area in Espírito Santo state, Brazil. **Natureza on line**, 8 (3): 150-151, 2010.

MICHALSKI, F.; PERES, C.A. Anthropogenic determinants of primate and carnivore local extinctions in a fragmented forest landscape of southern Amazonia. **Biological Conservation**, 124: 383–396. 2005.

NOWAK, R. M. **Walker's mammals of the world**. John Hopkins 6th ed. University Press, Baltimore, Maryland. 1999.

OLIVEIRA, E. A. *et al.* Propostas para redução da mortalidade por atropelamento da fauna silvestre na Avenida Itavuvu, Sorocaba - SP. **Scientia vitae**, v. 3, n. 11, 2016.

PELLANDA, M. *et al.* Dieta do mão-pelada (*Procyon cancrivorus*, Procyonidae, Carnivora) no Parque Estadual de Itapuã, sul do Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 5, n. 3, p. 154-159, 2010.

PREVEDELLO, J. A. *et al.* Uso do espaço por pequenos mamíferos: uma análise dos estudos realizados no Brasil. **Oecologia Brasiliensis**, v. 12, n. 4, 2008.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da Conservação**. Londrina – PR. 1ª ed. 2002.

RANGEL, T. F. *et al.* SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. **Ecography**, 33: 46-50, 2010.

REIS, N. R. *et al.* **Mamíferos do Brasil – Guia de identificação**. 1ª ed. Technical Books Editora: Rio de Janeiro – RJ. 2010. 560 p.

ROCHA, M. P. *et al.* Histological description of *Cerdocyon thous* (Linnaeus, 1766) respiratory system. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 37, n. 5, 2017.

ROCHA, V. J. *et al.* Dieta e dispersão de sementes por *Cerdocyon thous* (Linnaeus) (Carnívora, Canidae), em um fragmento florestal no Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 21, n. 4, 2004.

ROCHA, V. J. *et al.* Feeding habits of the crab-eating fox, *Cerdocyon thous* (Carnivora: Canidae), in a mosaic area with native and exotic vegetation in Southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 25, n. 4, 2008.

ROSA, C. A. *et al.* Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: BAGER, A. (Org.). **Ecologia de Estradas – Tendências e Pesquisas**. Editora UFLA, Lavras – MG, 2012.

- ROWDEN, P. *et al.* Road crashes involving animals in Australia. **Accident Analysis and Prevention**, 40: 1865-1871, 2008.
- RUIZ-CAPILLAS, P. *et al.* How many rodents die on the road? Biological and methodological implications from a small mammals' roadkill assessment on a Spanish motorway. **Ecol. Res.**, v. 30, n. 3, p. 417-427, 2015.
- SANTOS, A. L. P. G. *et al.* Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-79, 2012.
- SÁSSI, C. M. *et al.* Levantamento de animais silvestres atropelados em trecho da rodovia BR 482. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.65, n.6, p.1883-1886, 2013.
- TEIXEIRA, F. Z. *et al.* Are roadkill hotspots coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis**, v. 17, p. 36-47, 2013.
- TORTATO, M. A. *et al.* Avaliação do risco de extinção do Gato-maracajá *Leopardus wiedii* (Schinz, 1821) no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**, 3(1), 76-83, 2013.
- TROMBULAK, S. C.; FRISSEL, C. A. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. **Conservation Biology**, v. 14, n. 1, p. 18-30, 2000.