



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
Programa de Pós-Graduação em Conservação da Fauna

**Dos Impactos à Conservação da Fauna: a implantação
do campus Lagoa do Sino e a incidência de
atropelamentos de animais silvestres**

ADRIANA PAULA BERNARDO CRAVO
SÃO CARLOS
2018

ADRIANA PAULA BERNARDO CRAVO

**DOS IMPACTOS À CONSERVAÇÃO DE FAUNA:
A IMPLANTAÇÃO DO CAMPUS LAGOA DO SINO E A INCIDÊNCIA DE
ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES**

Dissertação de mestrado para
obtenção do título de Mestre em
Conservação de Fauna, vinculado ao
Programa de Pós Graduação de
Conservação de Fauna (PPGCFau).

Orientadora: Profa. Dra. Alexandra Sanches

Co-orientador: Prof. Dr. Eduardo Moschini

SÃO CARLOS-SP

2018

ADRIANA PAULA BERNARDO CRAVO

DOS IMPACTOS À CONSERVAÇÃO DE FAUNA:
A implantação do campus Lagoa do Sino e
a incidência de atropelamentos de animais silvestres

Trabalho final de mestrado, apresentado a
Universidade Federal de São Carlos, como parte
das exigências para a obtenção do título de Mestre
em Conservação de Fauna pelo Programa de Pós
Graduação em Conservação de Fauna.

Buri, 28 de fevereiro de 2018.

BANCA EXAMINADORA

Alexandra Sanches

Profa Alexandra Sanches
UFSCar Lagoa do Sino

Beatriz de Mello Beisiegel

Beatriz de Mello Beisiegel
ICMBio/Flona Capão Bonito

[Handwritten signature]

AGRADECIMENTOS

Agradeço

Minha orientadora, Alexandra Sanches pela oportunidade, auxílio constante, paciência e dedicação desde o início para fazer dar certo, sempre questionando e me fazendo pensar sobre meus reais objetivos.

Meu co-orientador, Luiz Eduardo Moschini, pela ajuda com as análises de paisagem e geoprocessamento quando mais precisei.

Luiz Fernando Marini Rosa, por me ajudar com absolutamente todos os monitoramentos, tanto no transporte, quanto na coleta de amostras e por respeitar meus cochilos no carro.

Minha ex-orientadora da graduação, Eleonore Zulnara Freire Setz, por me ajudar com a identificação de algumas fotos de mamíferos.

Diego Trevisan, que me ajudou e muito com as análises de paisagem e com o programa *ArcGis*[®], e que sempre respondeu minhas perguntas, ou pessoalmente ou pela internet, por mais que eu já tivesse perguntado dez vezes. Sua ajuda foi realmente essencial para o projeto!

Karen Giselle Rodriguez Castro, por compartilhar comigo todos os detalhes do seu projeto de mestrado, me ajudar, dar dicas e questionar sobre como eu poderia melhorar o meu.

Professor Vinícius São Pedro por auxiliar na identificação de algumas fotos de serpentes, e por me dar a oportunidade de contar um pouco do meu trabalho para seus alunos de graduação.

Larissa Arruda Mantuanelli, pela indispensável ajuda com a identificação genética das amostras, e por fazê-lo sempre muito bem e com muito empenho.

Pedro Rodrigues Busana, pela ajuda na identificação de fotos de espécies de tatu.

Diretor Ezequiel, da EMEF Alzira de Oliveira Garcia, por permitir e dar todo o apoio necessário para a realização dos encontros de educação ambiental na escola, assim como todos os professores participantes.

Nathália Formenton, por auxiliar nas atividades de educação ambiental e dar ideias de como melhorá-la.

Vinícius Rainer Boniolo e Silas Neto, pela disponibilidade e boa vontade em realizar a parceria acadêmica-municipal entre o nosso projeto e a prefeitura de Campina do Monte Alegre para a implantação de medidas mitigadoras de atropelamento.

Zoológico de São Paulo, pela parceria com a UFSCar, viabilizando a existência do PPGCFau, assim como a bolsa de estudo para que fosse possível realizar o projeto.

Por fim, a UFSCar, pelo auxílio prestado nas questões burocráticas e pela oportunidade cedida.

RESUMO

Em 2012, teve início a implantação do novo campus *Lagoa do Sino* da UFSCar, no sudoeste paulista, cuja cidade mais próxima é Campina do Monte Alegre e depois Buri. As atividades no campus começaram em 2014, com a vinda de novos estudantes e funcionários. Localizada em uma região com baixo IDH, Campina do Monte Alegre precisou se adaptar a esse grande contingente populacional muito rapidamente. Mesmo com índices sociais e econômicos baixos, a região ainda é rica em recursos naturais, com unidades de conservação e áreas ainda preservadas. Considerando o panorama da região e o aumento da movimentação populacional, espera-se o aumento do número de atropelamentos de fauna. Assim, o objetivo do projeto foi estudar essa ameaça à fauna dentro de 74km da rodovia SP-189, que liga a rodovia Raposo Tavares à cidade de Buri, passando por Campina do Monte Alegre e também chegando até o campus *Lagoa do Sino*. Além disso, objetivou-se identificar os principais pontos de atropelamento, a época do ano em que mais ocorrem e avaliar aspectos da paisagem que possam influenciar nos atropelamentos. Durante um ano (julho/2016 a junho/2017), foram realizados monitoramentos semanais à procura de animais atropelados pela rodovia. Quando encontrados, o ponto de localização era marcado, era tirada uma foto do indivíduo e também era recolhida uma amostra de tecido para possíveis análises genéticas, para identificação da espécie. A caracterização quanto ao uso e ocupação de solo mostrou que a área é muito antropizada e sem uma paisagem predominante, sendo mais frequentemente utilizada para rotação de cultura (28%), seguida de fragmentos de vegetação natural (20%), pastagem (18,4%) e silvicultura (14%). Foram encontrados 172 animais atropelados, sendo 158 selvagens. Destes, a maioria foram aves (69), seguido de mamíferos (44), répteis (23) e anfíbios (22). O grupo selvagem mais encontrado foi o de canídeos, *Cerdocyon thous* e/ou *Lycalopex vetulus* (11 indivíduos), enquanto a única espécie ameaçada foi o tamanduá bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), com três indivíduos. Os atropelamentos durante a época chuvosa (primavera e verão) foram significativamente mais frequentes do que na época mais seca (outono e inverno). Também foi significativa a diferença de atropelamentos de aves e répteis entre essas épocas. Foi visto que dentre os 74 km monitorados, foram identificados três *hotspots* de atropelamentos situados próximo ao município de Campina do Monte Alegre. Dois destes *hotspots* estão localizados na entrada e saída da cidade, e um terceiro no trecho entre a Rodovia Raposo Tavares e o referido município. Através da análise estatística espacial, foi confirmado que há uma maior influência da área urbana na região dos *hotspots*. Os resultados obtidos foram utilizados na aplicação de duas medidas para minimizar o impacto da rodovia sobre a fauna local. A primeira medida foi a realização de uma atividade educativa em uma escola estadual de Campina do Monte Alegre com o objetivo de sensibilizar as crianças quanto às ameaças à fauna local, bem como quanto à importância da conservação da mesma. A segunda foi a proposição conjunta com a prefeitura de Campina do Monte Alegre de medidas mitigadoras para minimizar o impacto da rodovia monitorada sobre a fauna local. Sendo assim, a realização de tais estudos tem uma importância indiscutível quanto à identificação dos reais problemas e, conseqüentemente, ao planejamento de ações para contorná-los de modo eficiente.

Palavras-chave: atropelamento, fauna, *hotspots*

ABSTRACT

In 2012, the new UFSCar campus *Lagoa do Sino* was implemented in the southwest of the state of São Paulo, close to the cities of Campina do Monte Alegre and Buri. The activities started in 2014, when the first students and staff arrived to study and work. However, it is located in an area with low HDI (Human development index), so Campina do Monte Alegre had to adapt to this new population very quickly, without the necessary services and structure. Even with low social and economic indexes, the area is one of the most conserved in the state, with many national and state parks. Considering this new scenario, the amount of reported road killed animals was increasing. For this reason, our goals were to (1) study this problem through 74km of the road SP-189 (from Raposo Tavares road to Buri, crossing Campina do Monte Alegre and the new campus), (2) map the road killing *hotspots*, (3) identify the season with higher levels of accidents and (4) characterize the adjacent landscape through a 5km-extension *buffer*. During one year (July/2016- June/2017), we monitored the road once a week looking for road killed animals. We found 172 killed animals and 158 of them were wild. The majority of them were birds (69), followed by mammals (44), reptiles (23) and amphibians (22). The most common group was wild dogs (*Cerdocyon thous* and *Lycalopex vetulus*) (11 animals) while the only vulnerable species, according to IUCN, was the giant anteater (*Myrmecophaga tridactyla* - 3 animals found). The most frequent landscape was crop rotation (bean, corn, wheat) (28%), followed by fragmented vegetation (20%), pasture (18%) and forestry (14%), suggesting a very anthropized area with no predominant landscape. The road killing during the rainy season (spring and summer) were significantly higher than those reported in the dry season (autumn and winter). Birds and reptiles' roadkilling were also significantly different between the two seasons. Additionally, two of the three *hotspots* found were in the two extremities of Campina do Monte Alegre, suggesting a direct influence from the vehicles movement from UFSCar students and staff, and the third *hotspot* was identified between *Raposo Tavares* road and this city. According to the spatial estistics analysis, we confirmed that there is a stronger influence of the urban area on the incidence of the *hotspots*. The results were applied in two different activities to mitigate the impacts of roadkilling in wild animals. The first one was an educational activity with the children of a public school in Campina do Monte Alegre to raise awareness about the threats to wildlife conservation, while the second measure was a partnership with the city hall of Campina do Monte Alegre in order to decrease the accidents involving wild animals in the two *hotspots* near the city. Therefore, this kind of work is extremely important to identify the real problems of the area and also to implement effective and viable solutions.

Key words: road killings, wildlife, *hotspots*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
1.1. Enunciado do problema	8
1.2 Revisão Bibliográfica	10
Surgimento da ecologia de estradas.....	10
Consequências da implantação de rodovias	11
Status do licenciamento de rodovias e intervenções no Brasil	17
2. OBJETIVOS DO PROJETO	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1. Área de estudo	19
3.2. Coleta dos dados e das amostras	23
3.3. Análise e identificação genética	24
3.4. Análise estatística dos dados de atropelamentos	25
3.5. Análise da paisagem	25
3.6. Metodologia do ArcGis	26
3.6.1. Caracterização e aquisição dos dados da área de estudo	26
3.6.2. Malha Viária	26
3.6.3. Hipsometria	26
3.6.4. Declividade	27
3.6.5. Rede de drenagem	27
3.6.6. Dinâmica temporal de uso e cobertura da terra	27
3.7. Análise dos atropelamentos através da paisagem	28
4. RESULTADOS	29
5. DISCUSSÃO	38
Composição da fauna atropelada na SP-189	39
Hotspots de atropelamentos	44
Possíveis medidas mitigadoras para minimização do impactos de atropelamento de fauna	47
REFERÊNCIAS	49
ANEXOS	55
Aplicação dos resultados obtidos	60
1) Atividade de educação ambiental na EMEF Profa Alzira de Oliveira Garcia, Campina do Monte Alegre	60
2) Reunião com a prefeitura de Campina do Monte Alegre	67

Lista de Figuras

Figura 1: Representação dos principais efeitos ecológicos de rodovias.....	12
Figura 2: Representação esquemática do processo de fragmentação de habitat.....	15
Figura 3: Fatores que influenciam a taxa de atropelamento de fauna.....	16
Figura 4: Tipos de intervenção no licenciamento de rodovias.....	17
Figura 5: Local onde se encontra a área de estudo.....	19
Figura 6: Região em que está localizado a UFSCar Lagoa do Sino.	20
Figura 7: Rodovia Lauri Simões de Barros, trecho analisado no projeto, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais.	21
Figura 8: Evolução do VDM para a SP-189.....	22
Figura 9: Média pluviométrica da região de Sorocaba para o ano de 2016 e até julho/2017.....	22
Figura 10: Temperatura média mensal da região de Sorocaba para 2016 até julho/2017.....	23
Figura 11: Percentual de animais encontrados de acordo com grupos taxonômicos.....	32
Figura 12: Percentual de atropelamentos por classe, de acordo com as épocas do ano.....	33
Figura 13: Resultado do teste K de Ripley.....	33
Figura 14: Uso e ocupação do solo do trecho analisado no trabalho.....	34
Figura 15: Hotspots de atropelamento durante a SP-189, os pontos em vermelho indicam os locais com as maiores taxas de animais atropelados.....	38
Figura 16: Pontos de atropelamentos das quatro classes de animais (a,b,c,d).....	37
Figura 17: Análise da área de estudo, teste “ <i>Standard distance</i> ”.....	38
Figura 18: Incidência de corredores de vegetação natural.....	45
Figura 19: Modelo teórico da relação entre o tráfego e o efeito de barreira.....	46

Lista de Tabelas

Tabela 1: Descrição das classes de uso e cobertura da terra.....	28
Tabela 2: Abundância de animais silvestres atropelados na SP-189, separados por classe.....	29
Tabela 3: Espécies e quantidade de indivíduos recolhidas durante o período chuvoso e seco.....	30
Tabela 4: Percentual de cada uso de solo em relação a área total estudada.....	35

1. Introdução

1.1. Enunciado do problema

Recentemente a UFSCar aceitou o desafio de implantar um novo campus universitário (Lagoa do Sino) no sudoeste paulista, no município de Buri, muito próximo à divisa com o município de Campina do Monte Alegre. Caracteriza-se por ser uma das regiões com menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado de São Paulo e também do país. Apesar da sua antiga colonização, marcada pela rota dos tropeiros que vinham do Sul para São Paulo, essa trajetória histórica não gerou ciclos de desenvolvimento virtuosos, mas sim um desenvolvimento marcado pela degradação ambiental e enorme concentração de renda (Favareto, 2007).

O presente projeto permeia a proposta de implantação do campus Lagoa do Sino, considerando que o fundamento que levou a doação da Fazenda Lagoa do Sino para a UFSCar foi o desenvolvimento sustentável da região. A meso região administrativa de Sorocaba, onde está inserido o campus, apresenta características contrastantes. Do ponto de vista sócio-econômico, é considerada uma das regiões mais pobres do estado, mas ainda é uma área rica em recursos naturais, com a presença de unidades de conservação e áreas de remanescentes de Mata Atlântica e de Cerrado, bem como áreas de transição entre esses biomas (Paulillo et al, SD).

Desta forma, tais características fundamentam a proposição deste trabalho, voltado a uma região rica em recursos naturais, porém escassa em educação e com reduzidos índices de desenvolvimento. Apesar da riqueza natural, pouca informação e atenção é dirigida à importância de sua conservação, o que pode resultar em consequências irreparáveis à biodiversidade.

Com a chegada do novo campus da UFSCar, houve um aumento significativo da quantidade de moradores na região, principalmente da população flutuante, formada em sua maior parte pelos estudantes e servidores públicos, que ficam na região durante o tempo em que frequentam a universidade. O crescimento populacional e municipal desordenado tem sido acompanhado por uma série de consequências, como o aumento da demanda por necessidades básicas (comunicação, comércio, infra estrutura, saúde e segurança), além do aumento do movimento de veículos nas rodovias da região.

Antes do início do funcionamento do campus, a Rodovia Estadual Engenheiro Lauri Simões de Barros (SP-189) que liga a Rodovia Raposo Tavares até o município de Buri passando pela cidade de Campina do Monte Alegre e pela estrada vicinal Dept. Antonio Vieira Sobrinho (que chega até a UFSCar Lagoa do Sino), apresentava uma condição precária, onde os veículos que nela transitavam conseguiam dificilmente excediam 60km/h. Entre os anos de 2014 e 2015 um trecho de cerca de 45

km desta rodovia sofreu recapeamento com colocação de um novo sistema de drenagem e sinalização, o que permitiu com que a velocidade máxima atingida pelos veículos aumentasse consideravelmente. Além disso, o trecho da vicinal que liga a SP-189 à UFSCar, que antes era de terra, foi asfaltado. Houve também um aumento das linhas de ônibus de Itapetininga-Angatuba-Campina do Monte Alegre-Buri e do tráfego de veículos em geral. Sendo assim, fica evidente os benefícios bem como os impactos resultantes da vinda da Universidade para a região.

Desde que o campus foi inaugurado em 2014, além dos acidentes com a população usuária deste trecho, tem sido reportados vários casos de atropelamentos de animais silvestres ao longo da rodovia SP-189 até as proximidades da entrada da UFSCar. Assim, tendo em vista os casos de atropelamento na rodovia e a falta de medidas mitigadoras para reduzir o impacto na fauna, o trabalho teve como objetivo realizar um monitoramento dos atropelamentos durante 74km da rodovia SP-189, para se obter aspectos qualitativos e quantitativos do atropelamento da fauna na região, a partir da suspeita de que o aumento da população flutuante da UFSCar Lagoa do Sino pudesse ter um impacto direto no aumento da taxa de atropelamentos reportados de animais selvagens. Foram levantados dados das espécies mais frequentemente atropeladas, assim como os locais e épocas do ano com maior registro de atropelamentos.

Com o resultado, conforme proposto no projeto inicial, foi feita uma parceria com a prefeitura de Campina do Monte Alegre a fim de traçar um plano para minimizar os impactos da rodovia sobre as populações silvestres do seu entorno. Como pouco se conhece sobre a fauna da região, os dados levantados neste projeto podem ainda ser utilizados para incrementar resultados sobre o levantamento faunístico da região.

1.2 Revisão Bibliográfica

Surgimento da ecologia de estradas

Após o advento da Revolução Industrial, várias ameaças têm sido acumuladas em relação à biodiversidade e conservação dos recursos naturais. Mudanças climáticas, caça predatória, tráfico ilegal de animais silvestres, perda e fragmentação de habitat devido a desmatamento e avanço das áreas urbanas e pecuárias sobre as áreas naturais, invasão de espécies exóticas e proliferação de patógenos em áreas selvagens são as principais causas do desequilíbrio ecológico e do aumento das espécies ameaçadas de extinção (Leal et al., 2008; McLamb, 2011). Tais consequências passaram a ocorrer, principalmente, devido à necessidade das cidades em obter mais territórios e matéria prima. Essas consequências estão intimamente relacionadas, agindo em conjunto e intensificando os efeitos no ambiente de um modo geral.

No Brasil, o processo de urbanização tornou-se mais importante na segunda metade do século XX, quando a maior parte da população passou a morar nas cidades (Grostein, 2001), sendo que estradas e rodovias começavam a ganhar mais espaço a partir da década de 1920 (Bager et al., 2016). Tal fenômeno levou a um êxodo do campo e requereu maior infra-estrutura de transporte, para que as próprias cidades tivessem uma comunicação entre si. Ao mesmo tempo, o século XX presenciou uma preferência pelas rodovias em relação às ferrovias (Silva, 2017), principalmente durante o período de 1956-1961, quando aconteceu o *boom* rodoviário, devido à implantação da capital Brasília no meio do Cerrado (quando este ainda era uma área menos urbanizada) e ao plano de integrar o país através de estradas, o que também acarretou na criação de pólos automobilísticos (Bager et al., 2016). Até hoje, as rodovias são responsáveis por 60% do transporte de carga no país (Bager et al., 2016), com aumento de 120% da frota de veículos entre 2000 e 2010 (Moreira, 2011).

Tal expansão teve um impacto direto no meio ambiente, devido à abertura de novas áreas e à modificação do ambiente (Simonetti, 2010). Considerando essa nova ameaça à fauna selvagem, tornou-se necessário um campo de estudo específico para analisar as consequências desses empreendimentos para as espécies animais.

É neste contexto que surge a ecologia de estradas. O nome foi utilizado em 1981, pela primeira vez (Van der Ree et al., 2011) e é definida como *“um segmento da ecologia aplicada que estuda as relações da implantação e manutenção de infraestrutura viária com a biodiversidade, tendo uma forte relação com a ecologia de paisagem e ecologia de populações e comunidades”* (Bager et al., 2016). Seus objetivos gerais incluem a identificação das consequências ambientais destas construções e a busca para reduzir, principalmente, os atropelamentos de fauna (Forman et al., 2003; de Sousa et al., 2009).

Hoje em dia, sua importância tem sido cada vez maior, sendo que os conhecimentos gerados neste campo podem ser aplicados na fase anterior e posterior à implantação de rodovias. Um dos objetivos é monitorar o atropelamento de fauna (Ministério dos Transportes, 2012), mas ainda não é o suficiente para impedir que a presença das rodovias altere o comportamento e a dinâmica das populações selvagens do entorno.

Consequências ecológicas da implantação de rodovias

Empreendimentos como rodovias possuem grande importância econômica, principalmente no Brasil. Através delas, é feito o escoamento de produções agrícola e mineral, transporte de gado e outras criações, transporte de passageiros, tráfego de matéria prima e produtos entre cidades e regiões. Também facilitam o acesso da população a serviços básicos, como postos de saúde e também permitem a ocupação de novas áreas (Perz et al., 2008).

No entanto, para o ambiente e a fauna, as consequências negativas superam os avanços. Sua implementação pode causar efeitos físicos, químicos e principalmente biológicos.

Entre os efeitos físicos, estão (CBEE, 2016):

- a. erosão: devido a pavimentação, a rodovia torna-se impermeável à chuva, e junto com a retirada da vegetação ao redor, há a intensificação do processo de erosão.
- b. mudança local do ciclo da água: com a retirada da vegetação e possíveis mudanças em cursos de água, o ciclo hidrológico local pode ser afetado.
- c. poluição sonora: tanto na fase de construção quanto durante o uso, os ruídos podem alterar o comportamento e a dinâmica das populações selvagens locais, fazendo com que os animais evitem se locomover e até migrem para outros locais

Como efeito químico, há a dispersão de poluentes. Além dos gases liberados pelos escapamentos dos veículos, em caso de acidentes com caminhões, também pode ocorrer o vazamento de produtos perigosos, como combustíveis, óleos e produtos tóxicos, que podem se infiltrar e acumular no solo e atingir corpos hídricos (CBEE, 2016).

Os efeitos biológicos, porém, são os mais frequentes e afetam diretamente as populações de animais selvagens. Rodovias são conhecidas por serem uma das principais causas de fragmentação de habitat (Forman et al., 2003; McGregor et al., 2008; Lauxen, 2012) agindo como barreiras completas ou parciais para o movimento de fauna e dificultando a colonização de habitats menos ocupados (Rondini & Doncaster, 2012; Shine et al., 2004; Whittington et al., 2004).

Os principais efeitos ecológicos causados por rodovias estão citados abaixo, ilustrados na Figura 1 e serão aprofundados nos subitens subsequentes:

- i. Perda de habitat: rodovias agem como barreiras que contribuem para a fragmentação do habitat, diminuindo a área de vida de muitas espécies. Também são responsáveis pelo aumento do efeito de borda, que torna o ambiente mais propício para espécies invasoras e generalistas;
- ii. Distúrbio ambiental: a geração de poluentes e distúrbios sonoros alteram as condições ideais para o equilíbrio das populações de animais e plantas, assim como o desequilíbrio de populações, principalmente as menores e/ou mais raras, que são mais sensíveis a mudanças ambientais (MMA, 2018).
- iii. Corredores e passagens: as laterais de rodovias podem oferecer refúgios, novos habitats e áreas de movimentação para a fauna (Clevenger et al, 2003).
- iv. Fragmentação e efeito de barreira: para várias espécies não-voadoras, as rodovias agem barreiras de tráfego entre os dois lados, restringindo a movimentação da fauna, tornando alguns habitats inacessíveis, isolando populações e consequentemente diminuindo a variabilidade genética (MMA, 2018)
- v. Atropelamento: um dos efeitos mais imediatos das rodovias. Causa morte instantânea na maioria das vezes e gera desequilíbrio populacional, principalmente para espécies raras, nativas ou ameaçadas.

Além de serem as causadoras de todos esses problemas, as rodovias também catalizam e aprofundam suas consequências de um modo conjunto. Facilitam a entrada de caçadores nos ambientes já fragmentados e com populações mais vulneráveis, assim como facilitam a entrada de patógenos e de animais exóticos, normalmente mais oportunistas, atraídos por um ambiente mais generalistas e aberto.

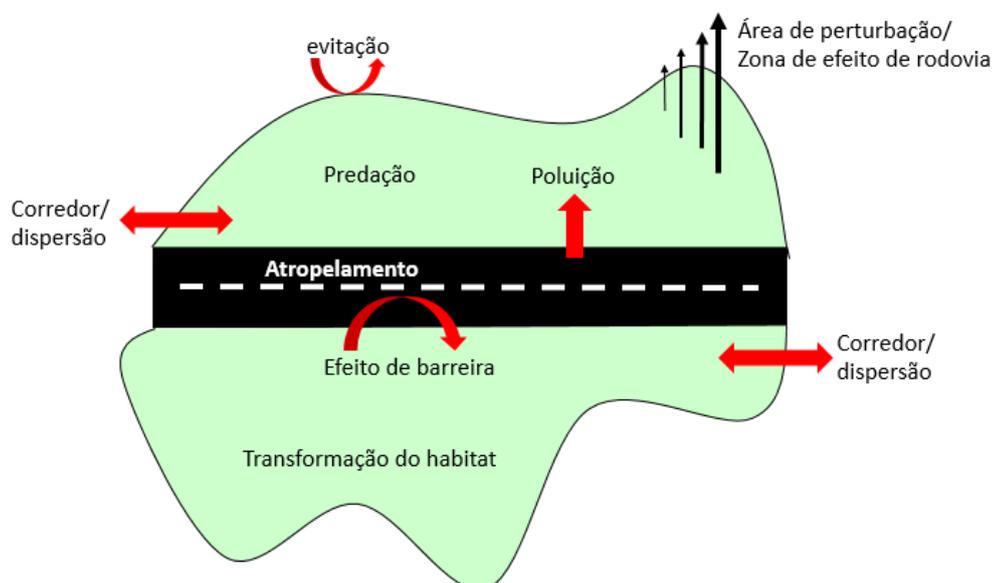


Figura 1: Representação dos principais efeitos ecológicos de rodovias. Adaptada de *Committee on Ecological Impacts of Road Density* (2005).

(I e II) Perda de habitat e distúrbios ambientais

Tanto a perda de habitat (i), quanto os distúrbios ambientais (ii) variam de acordo com os fatores locais. A extensão da sua influência depende de características da área, como topografia, ocupação do solo, hidrografia, altitude, intensidade do tráfego de veículos, status de conservação da região, declividade do terreno e construções próximas à rodovia (Freitas, 2009). O efeito de borda e a poluição na água e no ar, por exemplo, causam mudanças na densidade da superfície do solo e no fluxo de corpos d'água, influenciando no ecossistema, na vegetação e na fauna local (Seiler, 2001).

Forman & Deblinger (2000) analisaram o impacto da construção de rodovias em rios, áreas alagadas e cursos d'água em uma região de Massachusetts, EUA. Quase todos os rios analisados haviam sido canalizados após a implantação da rodovia. Além disso, nas regiões mais florestais, houve alteração do microclima, devido ao aumento da intensidade luminosa, da velocidade dos ventos e das temperaturas.

Em relação aos poluentes, pequenos materiais de construção podem se soltar das rodovias e contaminar depósitos de água, reduzindo o pH do solo e aumentando a mobilidade de metais pesados, que se acumulam nos tecidos dos animais e geram efeitos cumulativos na cadeia trófica (de Almeida et al., 2012). Ainda sobre os distúrbios, os ruídos do tráfego geram consequências até para humanos, podendo causar estresse e danos psicológicos a longo prazo (Babisch et al., 1999). Mesmo não sendo possível fazer um paralelo com os animais, muitas espécies respondem a esses ruídos como indícios da presença humana, evitando essas regiões (Seiler, 2001). Um caso em específico é o das aves. Os ruídos afetam diretamente seu comportamento por interferirem na vocalização para defesa de território e procura de parceiros para reprodução (Parris & Schneider, 2008).

Na Holanda, estudos com a espécie *Phylloscopus trochilus* (felosa-musical) mostraram que as populações próximas a estradas tinham menores taxas de reprodução, menor estimativa de vida e maiores taxas de migração (Foppen & Reijnen, 1994). Aqui no Brasil, Silva e colaboradores (2001) viram que a poluição sonora interferiu negativamente no acasalamento e reprodução de canários domésticos, tornando as fêmeas mais agitadas e saindo mais vezes do ninho. Tal comportamento prejudica a manutenção da temperatura do ninho e ainda faz com que os filhotes fiquem mais vulneráveis a predadores. Além disso, o tipo de vegetação da rodovia e o relevo também influenciam na dispersão do som e na densidade de aves. Outro fator determinante é a luz artificial usada para iluminar as rodovias, as quais podem alterar forrageamento e reprodução em aves e o comportamento noturno de sapos (Kociolek et al, 2011).

(III) Corredores e passagens laterais

Mesmo com interferências humanas, as rodovias podem gerar novas oportunidades de forrageamento e construção de ninhos, os chamados corredores laterais (iii). Alguns trabalhos já mostraram a capacidade de rodovias suportarem vida selvagem nas suas bordas (Clevenger et al, 2003). Way (1997), por exemplo, percebeu que algumas rodovias na Grã Bretanha eram capazes de suportar 40 de 200 espécies nativas de aves, 20 de 50 espécies de mamíferos, todas as 6 espécies de répteis já conhecidas, 5 de 6 espécies de anfíbios e 25 de 60 espécies de borboletas do país. Por outro lado, a maioria das espécies vegetais identificadas às margens de rodovias eram generalistas (Blair, 1996).

Esse ambiente também pode influenciar na movimentação de animais, os quais podem se mover ativa ou passivamente seguindo a direção da rodovia. As estradas menores, com pouco movimento de carros podem ser usadas como corredores para mamíferos de grande porte, enquanto veículos e pedestres serviriam como vetores de plantas, sementes e até insetos (Coffin, 2007). Tal movimentação não natural de plantas e animais pode favorecer a invasão de espécies exóticas e até o surgimento de “pragas” caso esses indivíduos se adaptem ao novo ambiente.

(IV) Fragmentação e efeito de barreira para locomoção

As rodovias também podem ser vistas como barreiras físicas à passagem de fauna (iv). Essa evitação de contatos dos animais com a rodovia (*road avoidance*) pode ser de três tipos diferentes (Jaeger et al., 2005), sendo que tais comportamentos não são excludentes e podem ser vistos em conjunto:

- a) *road surface avoidance*: quando os animais evitam o ambiente por ser hostil e não fazem a travessia;
- b) *general traffic avoidance*: quando os animais evitam devido aos ruídos e poluentes gerados, mantendo-se a uma distância da rodovia, e
- c) *car avoidance*: quando os animais evitam os veículos individualmente, esperando uma diminuição do tráfego para atravessarem

Independentemente do tipo de comportamento de *road avoidance*, é indiscutível que o efeito de barreira por rodovias contribui para a fragmentação do habitat, interrompendo processos como dispersão de plantas e de queimadas, impedindo o deslocamento de animais e por consequência, o fluxo gênico (Forman et al., 1997). A abertura causada pela rodovia também pode criar condições hostis para pequenos animais. O asfalto e as grades, por exemplo, podem ser encaradas como barreiras difíceis de serem ultrapassadas. Assim, o efeito de barreira é considerado uma consequência

de variáveis como tráfego, largura da rodovia, características das suas bordas e comportamento das espécies (Seiler, 2001).

De acordo com a proporção de animais de uma população que consegue cruzar estradas e rodovias, as consequências podem ter pesos diferentes para espécies diferentes (Coffin, 2007). Se a população não tem uma perda de indivíduos alta, a mesma continua como um grupo efetivo em relação à manutenção da diversidade genética e à da reprodução. Caso a quantidade de indivíduos atropelados ou isolados seja alta em relação ao total da população, pode ocorrer desequilíbrio da relação entre machos e fêmeas, alterando diretamente a taxa de reprodução, podendo ocasionar um desfalque na densidade populacional e no recrutamento de machos, e também um aumento da mortalidade em relação a natalidade, diminuição da variabilidade genética e até da capacidade de defesa do território (Seiler, 2001). Vale ainda lembrar que populações pequenas e isoladas, ou de espécies raras e endêmicas costumam ser mais vulneráveis a deriva genética, eventos estocásticos e endocruzamento (Stockwell, 2003; Frankham, 1996), tornando as espécies mais vulneráveis também a extinção.

Quanto maior a fragmentação, mais insuficientes se tornam as áreas para a manutenção de populações com grandes áreas de vida (Figura 2).

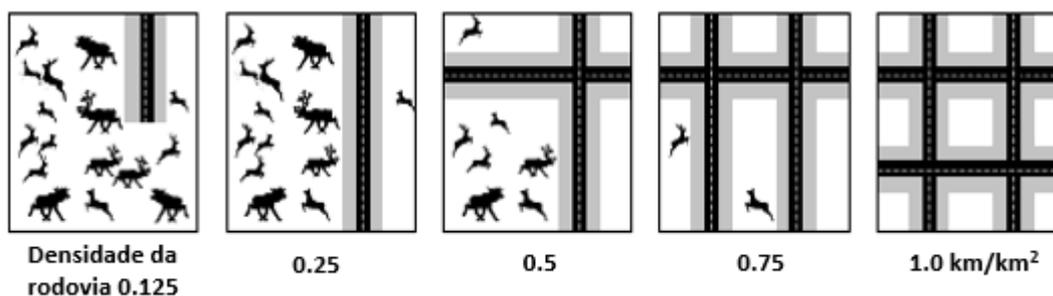


Figura 2: Representação esquemática do processo de fragmentação de habitat: rodovias geram perda e degradação do habitat devido ao efeito de borda gerado e ao isolamento dos fragmentos. Com a maior quantidade de rodovias, áreas que eram naturalmente estáveis ficam cada vez menores, se tornando inacessíveis para a fauna e até ineficientes para evitar a extinção de populações locais e para a manutenção dos serviços ecossistêmicos. Adaptado de Seiler 2001.

(V) Atropelamento de fauna

A mais direta e imediata consequência das rodovias para a fauna é o atropelamento. Além do impacto direto nas populações de animais do entorno, também há a geração de consequências para a economia, já que são muitos os relatos de acidentes em que passageiros ficam feridos e há danos para o carro e para a rodovia, gerando gastos para a concessionária responsável.

Espécies isoladas normalmente precisam de extensas áreas de vida, ou então fazem longos movimentos migratórios, sendo especialmente sensíveis aos atropelamentos. Além disso, quanto menor a população, maior o peso de um único indivíduo para a sua manutenção e, assim, uma morte não natural, pode causar desequilíbrios sérios em uma determinada região, além de auxiliar na diminuição da variabilidade genética (IB USP, 2018).

Existem vários fatores que influenciam no risco de atropelamento. O número de colisões normalmente aumenta com a intensidade do tráfego, varia com o período de atividade dos animais (diurno ou noturno) e depende da densidade populacional das espécies (Seiler, 2001). Variações temporais na taxa de atropelamento indicam os períodos de forrageamento e repouso, por exemplo (Gundersen & Andreassen, 1998; Lemos et al., 2013).

A *Figura 3* ilustra a influência desses fatores na taxa de atropelamento de fauna.

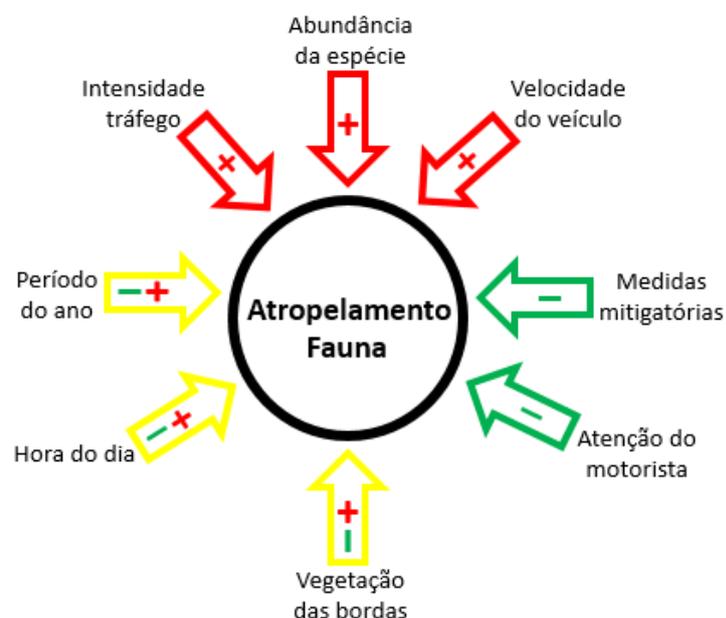


Figura 3: Alguns dos fatores que influenciam a taxa de atropelamento de fauna, indicando aumento (+) ou diminuição (-) desses atropelamentos. Adaptada de Müller & Berthoud (1994). As setas representadas por (-) e (+) indica que o fator pode variar conforme os hábitos da espécie em questão.

No Brasil, o atropelamento de fauna em rodovias é uma área cada vez mais estudada, com pesquisas em todas as regiões do país e nos diferentes biomas (Prado et al., 2006; Rosa & Mauhs, 2004; Freitas et al., 2013; Santos et al., 2012; Bueno & Almeida, 2010). Porém, ainda é dada pouca importância ao tema por parte dos órgãos públicos e privados (Bager et al., 2016), e poucos estudos conseguiram gerar resultados práticos de medidas de mitigação para a fauna, sendo a maioria deles concentrado em diagnosticar as principais variáveis envolvidas no problema, mas poucos propondo ou realizando intervenções nos locais estudados.

Status do licenciamento de rodovias e intervenções no Brasil

Em diversos países, já foi visto que as consequências das rodovias também constitui um problema sério ambiental e de segurança humana. Nos Estados Unidos, por exemplo, a perda direta de habitats devido aos 6.200.000 km de rodovias públicas foi estimada por Forman (2000) em 1% da sua extensão territorial, enquanto os efeitos indiretos, como perturbações químicas, físicas e biológicas, impactaram 18% da área do país. Em relação a segurança humana, o número de acidentes fatais com animais silvestres aumentou 104% entre 1990 e 2008, com custos bilionários para os donos dos veículos (Langley, 2005; Sullivan, 2011). Ao mesmo tempo, na Europa, o número de mortes humanas por acidente com fauna passava de 300/ano em 2001 (Seiler, 2001). Tais dados mostram a importância de regulamentações e acompanhamento desses efeitos tanto para o ser humano quanto para os animais selvagens.

No Brasil, o licenciamento ambiental de obras que utilizam recursos naturais ou que são poluidoras começou na década de 1980. Até então, a malha rodoviária gerava impactos sem qualquer estudo antes ou depois de sua implantação. Hoje, a construção ou recapeamento de rodovias está sujeita ao licenciamento ambiental, o qual identifica os impactos, avalia a viabilidade e indica medidas preventivas e mitigadoras para a conservação do ambiente.

Quatro situações contemplam o licenciamento ambiental de rodovias no Brasil (Sánchez, 2008): (a) implantação de uma nova rodovia, (b) pavimentação de estradas já existentes, (c) ampliação por novas pistas, e (d) regularização ambiental de rodovias já existentes (Figura 4).

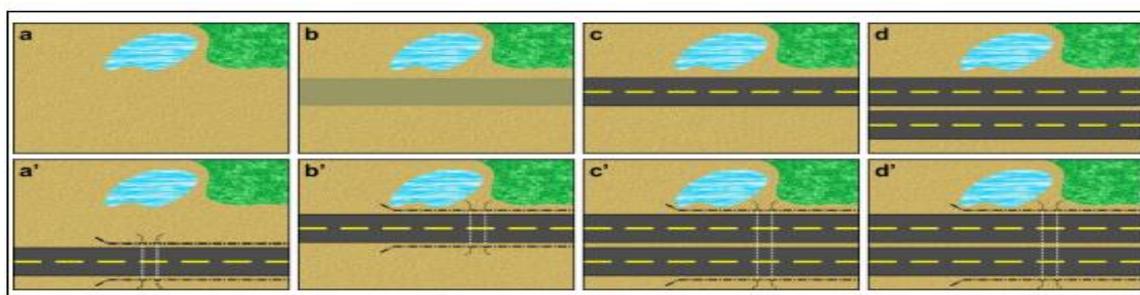


Figura 4: Retirado de Sánchez, 2008. Tipos de intervenção no licenciamento de rodovias. A-a': implantação (antes e depois); b-b': pavimentação (antes e depois); c-c': ampliação da capacidade (antes e depois); d-d': regularização de rodovias já implantadas.

No Brasil, o impacto causado por rodovias já é reconhecido pelos órgãos tomadores de decisão. Em 2011, a fim de melhorar a qualidade ambiental das rodovias federais, o Ministério dos Transportes e do Meio Ambiente instituiu o *PROFAS* (Programa Rodovias Federais Ambientalmente Sustentáveis), cujo objetivo principal é apresentar um plano de recuperação para regularizar 55.000 km de rodovias

pelos 20 anos seguintes. A atenção é voltada à identificação da fauna atropelada e às áreas potenciais para a implementação de corredores ecológicos (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2016).

Nesse sentido, em 2015, o deputado federal Ricardo Izar (PSD/SP) apresentou um projeto de Lei (Lei nº 466/2015) que *“dispõe sobre a adoção de medidas que assegurem a circulação segura de animais silvestres no território nacional, com a redução de acidentes envolvendo pessoas e animais nas estradas, rodovias e ferrovias brasileiras”*. Tal objetivo incorpora ferramentas como Estudos de Impacto Ambiental (EIA), cadastro nacional público de acidentes envolvendo fauna silvestre, fiscalização das áreas com maiores taxas de atropelamento, instalação de redutores de velocidade e passagens de fauna e promoção de educação ambiental sobre o tema para a população em geral. Até a presente data (2017), o projeto ainda não havia sido apreciado pela Câmara, porém já foi aprovado pela Comissão de Constituição e Justiça (CCJ) e pela Comissão de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (CMADS).

2. Objetivos do projeto

Objetivo geral

Realizar o monitoramento de atropelamentos de fauna de vertebrados em 74 km da rodovia Engenheiro Lauri Simões de Barros e identificar os possíveis *hotspots* de atropelamentos.

Objetivos específicos

- i. Identificar os animais atropelados, seja visualmente ou por meio de marcadores de DNA, no menor nível taxonômico possível,
- ii. Analisar os grupos de animais mais acometidos por atropelamentos
- iii. Analisar a possível relação entre os atropelamentos e características da paisagem no entorno na rodovia
- iv. Analisar se há diferença entre as estações seca e úmida na quantidade de animais encontrados e nos grupos
- v. Propor medidas de mitigação de atropelamento a partir dos resultados encontrados

3. Material e métodos

3.1. Área de estudo

A área de estudo se localiza na microrregião de Itapetininga, no estado de São Paulo, conforme mostra a figura 5 abaixo.



Figura 5: Local onde se localiza a área de estudo. O círculo vermelho indica a região onde foi realizado o trabalho.

Adaptado de: <http://www.mapasparacolorir.com.br/>

Na região onde está inserida a área de estudo, a maioria dos municípios apresenta baixo IDH, com sua economia caracterizada pela produção por um grande número de agricultores familiares. De acordo com o IBGE (2016), a região também apresenta um déficit de educação. A perda de matrículas do Ensino Fundamental para o Superior é de cerca de 90%. Apesar dessas características, é uma área rica em recursos naturais, com remanescentes de Mata Atlântica e de transição para o Cerrado. É uma das regiões do estado com maiores índices de preservação de vegetação nativa, devido ao número considerável de unidades de conservação como parques estaduais, estações ecológicas, florestas estaduais, florestas nacionais e áreas de proteção ambiental (Figura 6) (Paulillo et al., SD).

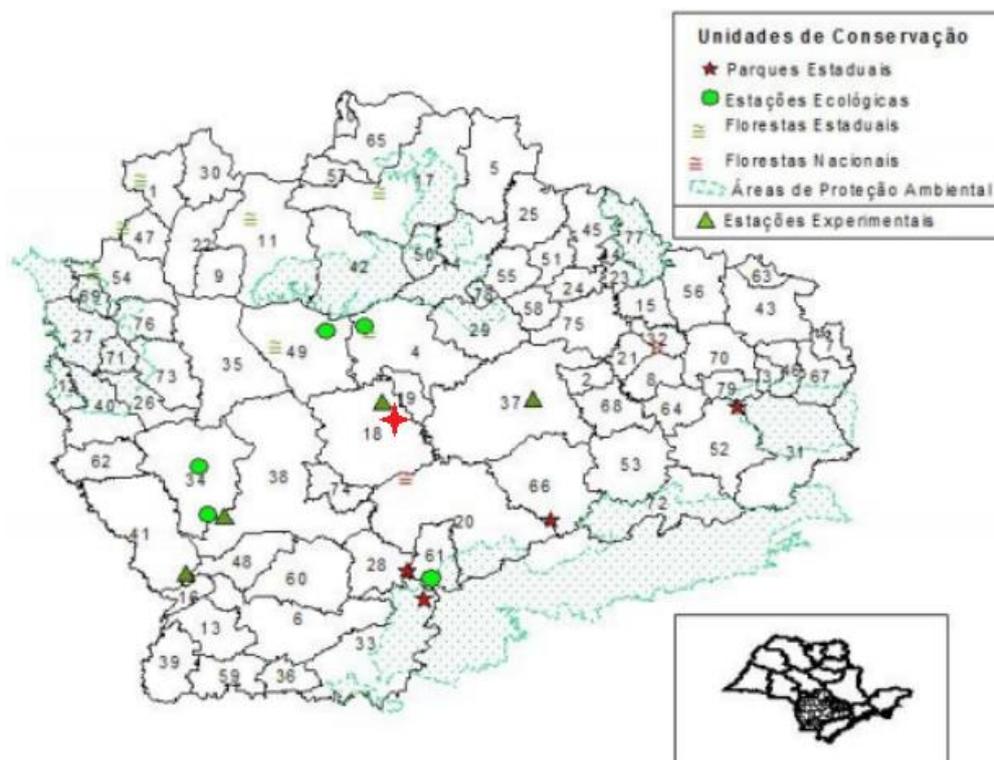


Figura 6: região em que está localizado a UFSCar *Lagoa do Sino*. O campus está representado pela estrela vermelha de quatro pontas, próximo a uma estação experimental, no município de Buri (18). Campina do Monte Alegre (19), Angatuba (4), Itapetininga (37), Sorocaba (70).

A região também é rica em recursos hídricos sendo banhada pela Bacia do Rio Paranapanema, mais especificamente Bacia do Alto Paranapanema (Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos, UGRHI 14). A UGRHI 14 é considerada Bacia de Conservação já que apresenta 4.677 km² de vegetação natural, o que constitui em 20% da área da UGRHI, graças às Unidades de Conservação presentes (CBH-ALPA 2013). Outro fator que contribui para o status de Bacia de Conservação é que a grande maioria dos municípios da UGRHI-14 apresenta populações inferiores a 50.000 habitantes (CBH-ALPA 2013).

Antes do início do funcionamento do campus, a rodovia SP-189 apresentava condição precária, onde os veículos conseguiam atingir uma velocidade máxima de 60km/h. Entre os anos de 2014 e 2015 um trecho de 45km sofreu recapeamento, o que permitiu um aumento da velocidade máxima atingida. Além disso, o trecho da vicinal, que antes era de terra, foi asfaltado. Houve também um aumento das linhas de ônibus e do tráfego de caminhões. O trecho de 74km da SP-189, objeto de estudo deste trabalho, está identificada na Figura 7 abaixo.

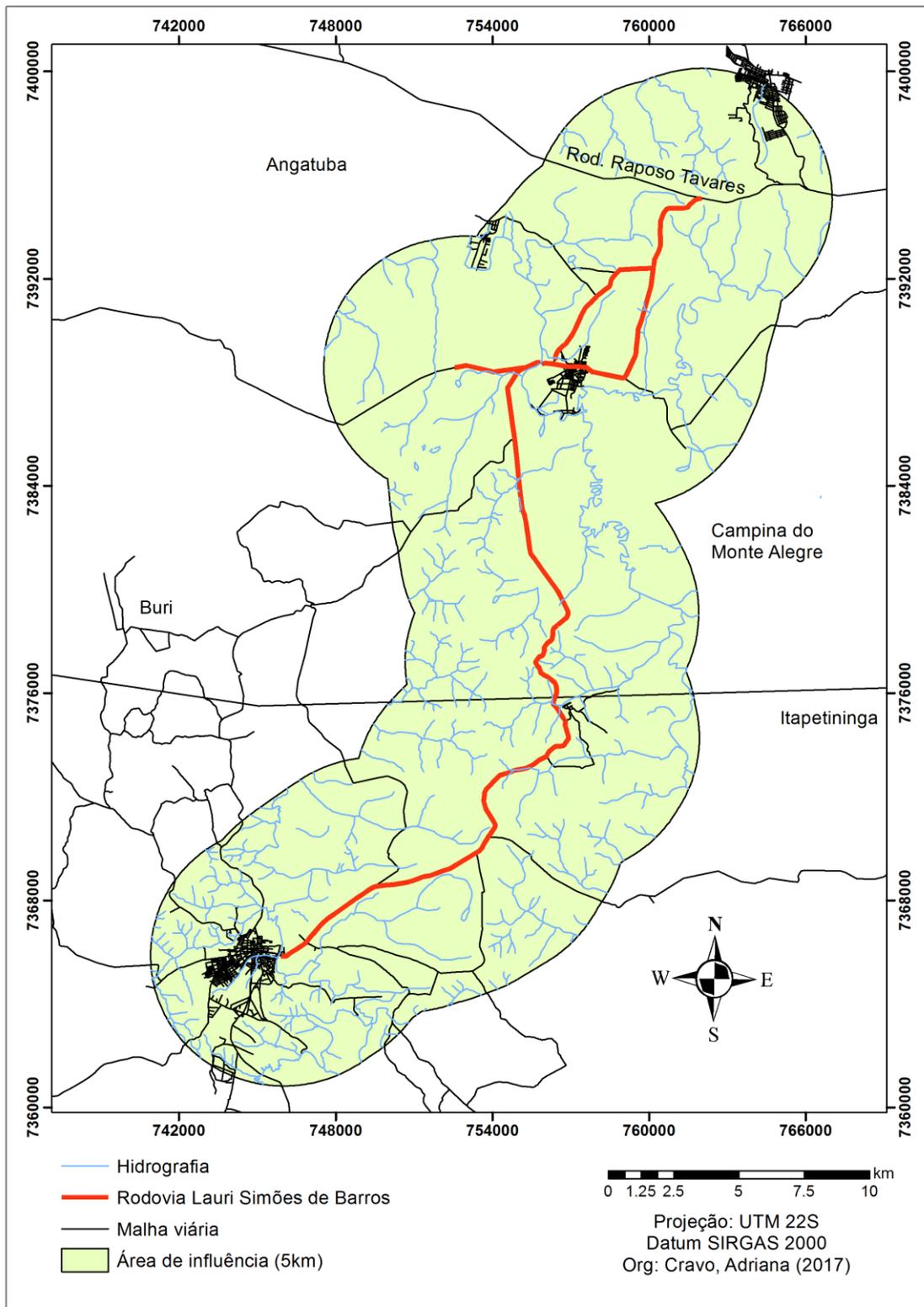


Figura 7: Rodovia Lauri Simões de Barros, trecho analisado no projeto, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais. Os números 1, 2 e 3 indicam as cidades de Campina do Monte Alegre, Buri e o campus *Lagoa do Sino* UFSCar, respectivamente.

A partir da Figura 8 abaixo, também foi possível acompanhar e analisar a variação do Volume Diário Médio de Tráfego (VDM) na rodovia em questão, entre os anos de 2012 a 2015 (DER). Cabe ressaltar que estes dados se referem a uma estimativa da evolução do movimento dos veículos.

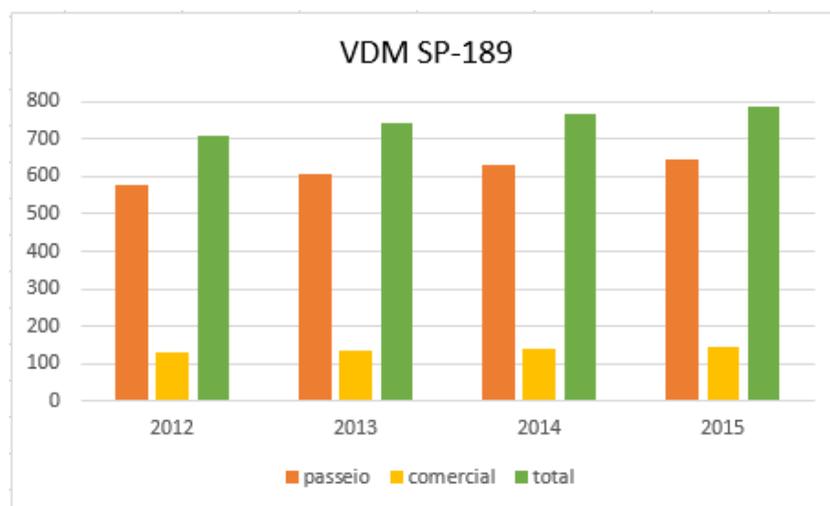


Figura 8: Adaptado de tabela concedida pela DER - evolução do VDM (Volume Diário Médio de Tráfego) para a SP-189. Os dados projetados no gráfico foram obtidos através da análise de evolução dos dados dos pedágios gerados nos 4 anos anteriores. A legenda indica se os veículos são de passeio ou comercial.

Também foi obtida, em consulta ao site do INMET, a média pluviométrica da região dentro do período de estudo, tomando como base a cidade de Sorocaba (Figura 9), assim como a média de temperatura (Figura 10). Tais dados revelam que dentro do período de monitoramento, os meses de 2016 (julho a dezembro) foram mais secos quando comparados aos meses de 2017. Considerando os meses de outono e inverno (abril, maio, junho, julho, agosto e setembro) e os meses de primavera e verão (outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março), é visível que primavera e verão caracterizam-se pela época chuvosa, enquanto os meses de outono e inverno são considerados meses secos.

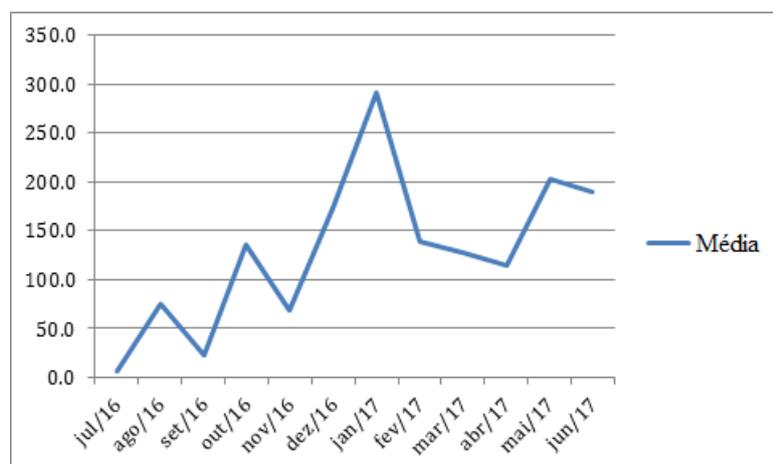


Figura 9: Pluviosidade acumulada mensal da região de Sorocaba para período de julho/2016 até junho/2017.

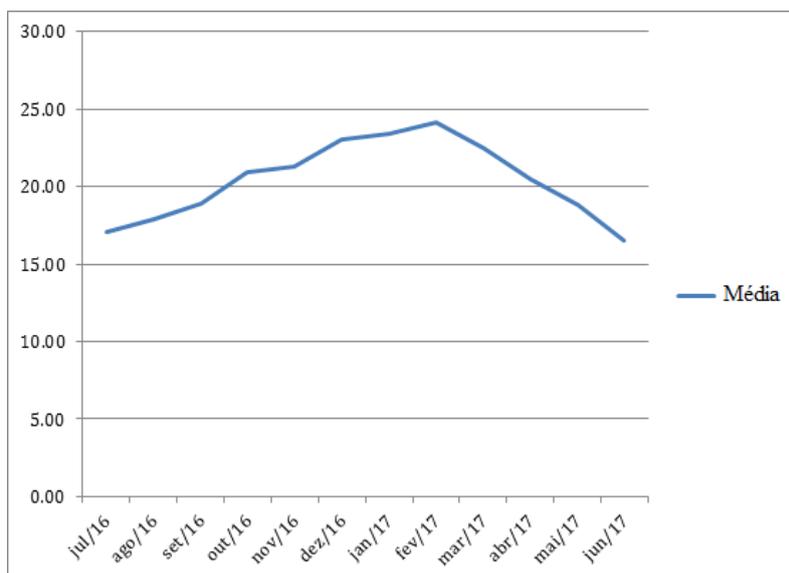


Figura 10: Temperatura média mensal da região de Sorocaba para o ano de 2016 e até julho/2017.

3.2. Coleta dos dados e das amostras

O monitoramento da rodovia foi feito por carro, durante o período da manhã, entre 9h e 12h, a uma velocidade média de 40km/h (Santos, 2012) no trecho delimitado em vermelho da Figura 7. Este foi realizado sempre por duas pessoas, para que a visualização das carcaças fosse otimizada. As saídas para campo eram realizadas, em média, quatro vezes por mês, sendo uma vez por semana, dependendo da quantidade de vezes que era possível ir a campo por semana, de acordo com condições climáticas.

O período total de monitoramento deste estudo foi de um ano, de julho/2016 a junho/2017 para que pudéssemos analisar a relação entre a variação sazonal, a quantidade de atropelamentos e espécies identificadas (Santos, 2012; Freitas, 2009; Bueno & Almeida, 2010).

Durante o levantamento, eram observados os dois lados da rodovia e, quando era avistada alguma carcaça, mancha de sangue ou qualquer possível vestígio de pelo, pele ou penas, o carro era parado no ponto mais próximo da carcaça. Assim que era identificado que se tratava de um animal atropelado, era feito o registro fotográfico, a marcação do ponto geográfico através do GPS, a descrição geral da paisagem ao redor e a coleta de material biológico, quando não era possível identificar a espécie visualmente. Para a coleta, eram utilizados pinça e tesoura, tubos de armazenamento de amostra, água, álcool e água sanitária para higienização e limpeza dos utensílios. Assim que coletada, a amostra era colocada nos microtubos com álcool etílico 70% e identificada com o número correspondente. Depois de usadas, a pinça e a tesoura eram colocadas de molho na água sanitária para degradar restos de DNA da amostra, passadas na água para tirar o excesso da água

sanitária e, por fim, limpas com álcool para serem usadas nas próximas amostras. Tais procedimentos só eram feitos em casos de animais selvagens; para os domésticos, só era marcado o ponto do GPS e identificada e anotada a espécie.

A observação visual direta, que foi utilizada no trabalho, é um dos métodos mais comuns em monitoramento de atropelamentos, permitindo uma identificação mais simples, econômica e rápida, além de auxiliar a obter as principais informações sobre as espécies, os locais de passagens de fauna e possíveis concentrações durante a rodovia (Berghella & Candido, 2011).

3.3. Análise e identificação genética

O uso da genética molecular tem sido cada vez mais comum para identificar amostras que não são possíveis de serem identificadas visualmente, devido à confiabilidade para chegar a resultados corretos a partir de pequenas amostras de tecidos. Para tanto, a técnica de *DNA barcoding* tem sido uma das ferramentas mais importantes utilizadas na identificação de animais atropelados (Rodríguez-Castro et al., 2017), principalmente quando a carcaça já está em um estado avançado de decomposição. A técnica analisa um fragmento específico de DNA, ressaltando pequenas variações dentro da determinada sequência de gene e pode identificar uma amostra comparando-a com outras sequências já conhecidas de outras espécies depositadas em bancos de dados genéticos (Hebert & Gregory, 2005).

Os genes mais usados para tais análises são os mitocondriais, por sofrerem pouca influência de recombinação genética e serem passados através da herança materna pelas gerações, acumulando mais diferenças entre as espécies (Moore, 1995; Folmer et al., 1994). Dentro desse grupo, o citocromo C oxidase (COI) é o mais indicado para estabelecer a identificação genética das amostras devido a sua variação filogenética, que é mais divergente entre diferentes espécies do que qualquer outro gene mitocondrial (Hebert et al., 2004). No entanto, não há um único gene capaz de fazer uma identificação universal de qualquer espécie (Stoeckle, 2003) e sugere-se o uso do gene 16S como uma alternativa (Smith et al., 2008). Assim, ambos foram utilizados para identificar as amostras. Para as extrações do DNA total foi utilizado o método baseado na aplicação de tampão salino conforme descrito por Aljanabi e Martinez (1997). Foi utilizado o gene COI (Hebert et al., 2003), com a amplificação e sequenciamento de um fragmento de 700 pb por meio dos primers LCO1490 (5' GGTCACAAATCATAAAGATATTGG3') e HC02198 (5' TAAACTTCAGGGTGACCAAAAATCA3') (Folmer et al., 1994). Quando não foi possível a amplificação ou identificação, o gene do rRNA 16S foi amplificado

com a utilização dos primers e condições sugeridas por Yang e colaboradores (2014) (16S-F ACCGTGCAAAGGTAGCATAAT; 16S-R TCCGGTCTGAACTCAGATCAC).

Para a identificação molecular da espécie a partir das sequências obtidas, foi utilizada a análise *BLAST* (*Basic Local Alignment Search Tool*) disponível no site do *NCBI* (*National Center for Biotechnology Information*) - <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>, na qual é realizada a busca por similaridades em sequências confrontadas de nucleotídeos com base no banco de dados GenBank. Para obter a identificação correta das amostras, foram consideradas as taxas de similaridades entre a sequência obtida e a sugerida pela base de dados ($\geq 95\%$), confrontando também com o a área de distribuição das espécies indicadas, no caso de mais de uma espécie ser possível.

3.4. Análise estatística dos dados de atropelamentos

Os dados amostrais de coleta foram analisados através do software Bioestat 5.3[®] (Ayres et al., 2007) para comparar a quantidade total de atropelamentos registrados durante a época seca e a chuvosa, assim como para comparar os valores obtidos dentro dos quatro grandes grupos de animais - mamíferos, anfíbios, répteis e aves entre essas mesmas épocas do ano.

Foram realizados os testes de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados e, posteriormente, o teste T-pareado, para comparar o total de atropelamentos entre as épocas seca e chuvosa, e o teste de Chi-Quadrado para analisar as diferenças entre as épocas e dentro dentre das quatro grandes classes (aves, mamíferos, anfíbios, répteis), considerando significativo, para os dois testes, os resultados cujo $p \leq 0.05$.

3.5. Análise da paisagem

A partir do delineamento amostral, foi delimitado um *buffer* de 5 km de raio, pelo software ArcGis[®], para cada lado da rodovia, a partir do seu trajeto, para realizar a análise de uso e ocupação do solo, visto que os animais encontrados atropelados foram de pequeno/ médio porte, sendo este um delineamento apropriado para este tipo de fauna (Forman & Deblinger, 2000; Spellerberg, 2002). O uso de *buffers* ao invés de segmentos lineares é mais consistente para explicar a influência de variáveis externas na taxa de atropelamentos (Grilo et al, 2016).

3.6. Metodologia do ArcGis®

A abordagem metodológica teve como enfoque principal a dinâmica espacial do uso e cobertura da terra para 2016. As informações foram inseridas e analisadas no Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), utilizando o software ArcGis®. O plano de informações com a base de dados georreferenciada foi elaborado no software ArcGis®, usando a projeção geográfica latitude/longitude, Datum horizontal SIRGAS 2000.

Os dados foram estruturados nos Planos de Informação (PI) para cada categoria das seguintes cartas temáticas: hidrografia (rede de drenagem), hipsometria, declividade, malha viária e uso e ocupação do solo. Os mapas obtidos a partir da hidrografia, hipsometria e da declividade serviram como complementação ao trabalho, e não como objeto de análise dos resultados.

3.6.1. Caracterização e aquisição dos dados da área de estudo

Os dados primários para a delimitação da área de estudo foram obtidos a partir da base de dados digital do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e da malha digital dos municípios brasileiros, situação 2015. O arquivo foi importado para o Sistema de Informação Geográfica, a fim de analisar o processamento digital do arquivo vetorial, sendo utilizadas as cartas planialtimétricas do IBGE, folhas: SF-22-Z-D-V-2, SF-22-Z-D-VI-1, SF-22-Z-D-V-4, SF-22-Z-D-VI-3 e SF-22-Z-D-III-3, adquiridas em meio analógico na escala 1:50.000.

Para análise do uso e cobertura da terra do ano de 2016, foram utilizadas Figuras do satélite Sentinel 2A/B – sensor MSI, bandas 4,3 e 2, referentes às órbitas/pontos 220/76, que corresponde à área de estudo.

3.6.2. Malha Viária

A carta temática da malha viária foi obtida pela digitalização em tela “on-screen digitizing” baseando-se nas cartas planialtimétricas do IBGE escala 1:50.000 de 1971 e atualizada a partir das Figuras Sentinel 2A/B.

3.6.3. Hipsometria

A carta temática de classes hipsométricas foi obtida a partir das curvas de nível das cartas planialtimétricas do IBGE de 1971, referentes a área de estudo, por meio da digitalização em tela “on-screen digitizing” no software ArcGis® e posteriormente exportada para o ArcMap®, para geração da Figura RASTER – TIN, por meio do módulo “3D Analyst – Create/Modify TIN – Create TIN FROM FEATURE”.

3.6.4. Declividade

A carta temática de declividade foi elaborada a partir da carta de hipsometria, onde os valores das cotas altimétricas foram agrupados em classes altimétricas, de 20 em 20 metros e posteriormente realizados cálculos estatísticos usando a opção “FACE SLOPE WITH GRADUATED COLOR RAMP –ADD –DISMISS” do SIG ArcGis®, por meio da fórmula de declividade: $\text{Tangente } \alpha = \frac{\text{Encaminhamento vertical}}{\text{Encaminhamento horizontal}}$

3.6.5. Hidrografia

A carta temática de hidrografia foi obtida com base nas cartas planialtimétricas 1:50.000 do IBGE de 1971, referentes a área de estudo e atualizada a partir das Figuras Sentinel 2A/B. Por meio da digitalização em tela “on-screen digitizing” no software ArcGis® foi feita a obtenção das linhas de drenagem e a delimitação das sub-bacias hidrográficas, adquiridas através da digitalização dos limites territoriais, determinados e direcionados pelas elevações do terreno (perfil topográfico), presentes nas classes hipsométricas.

3.6.6. Dinâmica temporal de uso e cobertura da terra

A classificação dos usos e cobertura da terra para 2016 foi baseada no sistema multinível de classificação proposto pelo Manual Técnico de Uso da Terra (IBGE, 2013), que no nível hierárquico primário (I), contemplará quatro classes que indicarão as principais categorias da cobertura terrestre.

O nível hierárquico secundário (II), explicitará os tipos de usos inseridos no primeiro nível, com um detalhamento mais apurado e preciso da cobertura e o uso da terra em uma escala local e posteriormente o nível hierárquico terciário (III), explicitará os usos propriamente ditos.

A dinâmica do uso e cobertura da terra foi feita com base na classificação visual das Figuras Sentinel para 2016, através da digitalização em tela (on screen digitizing), com a consequente atribuição de um “pixel” a cada classe de uso, criando-se áreas de treinamento vetoriais com o auxílio do ArcGis®.

Tabela 2: Descrição das classes de uso e cobertura da terra (Trevisan, 2015)

Classe (I)	Tipo (II)	Descrição (III)
Área Antrópica não Agrícola	Áreas urbanizadas	Área de adensamento urbano e áreas com instalações rurais (industriais e domiciliares)
	Cana-de-açúcar	Área de cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
	Citricultura	Área de cultivo de <i>Citros sinensis</i> .
Área Antrópica Agrícola	Pastagens	Área com predomínio de vegetação herbácea (nativa ou exótica), utilizada para pecuária extensiva.

	Silvicultura	Área de cultivo homogêneo de <i>Eucalyptus</i> spp ou <i>Pinus</i> spp.
	Solo exposto	Área de pousio do solo para cultivo de <i>Saccharum officinarum</i> L.
Vegetação Natural	Vegetação Nativa	Área com predomínio de vegetação arbustiva/arbórea, com as formações vegetais de Floresta Estacional Semidecidual e Cerradão.
Água	Corpos hídricos	Rios de grande porte, lagos, lagoas e represas.

Também foram calculadas as porcentagens totais de cada tipo de uso e ocupação do solo dentro da área de trabalho, através da soma de todas as incidências de cada tipo de ocupação identificada.

3.7. Análise dos atropelamentos através da paisagem

Foi realizado o teste K de Ripley - que avalia a não-aleatoriedade da distribuição dos pontos (Coelho et al., 2014) - através da função *Global auto K function methods* da extensão SANET (*Spatial analysis along network*) do ArcGis®, para comparar os resultados amostrais observados daqueles esperados. Esta ferramenta testa a hipótese da aleatoriedade espacial em relação à quantidade de pontos num determinado raio - a partir de um ponto definido - que satisfaz a hipótese de que a menor distância entre eles é menor do que a menor distância paramétrica entre eles. Essa hipótese assume que os pontos amostrados são independentes e igualmente distribuídos através do trajeto ou rede amostrada. Podem ser feitas réplicas com os dados para assegurar o resultado encontrado e são utilizados intervalos de raio cada vez maiores para analisar se há aleatoriedade ou homogeneidade da distribuição dos pontos. No caso, foram realizadas 1000 réplicas entre os agrupamentos de pontos, em um intervalo de 10 metros iniciais até 500 metros como raio final, com grau de significância de 5%.

Para identificar possíveis *hotspots* de atropelamentos (concentrações de atropelamento), foi feito o *Teste de Densidade Kernel*, também pelo ArcGis®. Este teste dá a proporção relativa de atropelamentos dentro de um determinado raio dividido pela área do buffer ao redor do ponto escolhido. O resultado obtido foi dado em quantidade de carcaças/km² através de todo trecho monitorado da SP-189, e o raio utilizado também foi de 500 metros, com média de distância entre os pontos de 137,32 metros e distância máxima de 1793,15 metros, estes dois últimos valores calculados automaticamente pelo software.

Também foi realizado o teste *Standard Distance*, de estatística espacial, o qual mede se um determinado fator está concentrado ou disperso no entorno do centro do círculo definido pelo próprio teste, podendo esses círculos serem comparados entre si, para analisar qual é mais ou menos influente na região (Mitchell, 2005). Quanto maior a circunferência, maior a influência numa determinada área.

Ele foi utilizado para analisar se havia alguma paisagem específica que influenciava diretamente uma região onde havia diversos pontos de atropelamento. Para cada uso diferente de solo, foi atribuído, pelo próprio software, um raio específico a partir da distribuição da paisagem e dos locais de atropelamento dentro da área de estudo. Tais raios variaram de 852m para *solo exposto* até 11.490m para *rotação de cultura*, sendo estes dois usos considerados *outliners* e excluídos, para que os dados não fossem manipulados para os dois extremos.

4. Resultados

O monitoramento realizado neste estudo, durante o período de um ano e sob um total de 3182 km percorridos, permitiu a identificação de diferentes grupos de animais. Do total de 172 indivíduos encontrados, 92% (158) foram animais selvagens, sendo que as aves foram o grupo com maior incidência (N=69), seguido dos mamíferos (N=44), répteis (N=23) e anfíbios (N=22) (Tabela 2). A média de atropelamentos/km/dia foi de 0,054, enquanto a média nacional calculada pelo Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE, 2016) é de 0,762 atropelamentos/km/dia.

Algumas dificuldades foram enfrentadas quanto à identificação das espécies, sendo que das 158 amostras de animais selvagens coletadas, 31 não puderam ser identificadas. Visualmente não foi possível, pois os indivíduos já estavam em estágio avançado de deterioração ou porque foi encontrado apenas fragmento do corpo do animal. Do mesmo modo, a análise genética não foi capaz de identificar algumas espécies devido a deterioração do tecido e, conseqüentemente, a baixa qualidade do DNA ou da sequência genética obtida.

Tabela 2: Abundância de animais silvestres atropelados na SP-189, separados por classe

Período do ano	Mamíferos	Anfíbios	Aves	Répteis	Total
Período seca	16	7	14	6	43
Período chuvoso	28	15	55	17	115
Total	44	22	69	23	158

Um total de 31 espécies de animais silvestres foram identificadas além das cinco de animais domésticos e das identificações no nível de gênero ou família (Tabela 3). Cabe ressaltar a dificuldade

na identificação das espécies de canídeos silvestres, que poderiam ser o cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) ou a raposa-do-campo (*Lycalopex vetulus*), dado que as carcaças encontradas desses animais sempre estavam em péssimo estado de modo a impossibilitar a identificação mais precisa. Quanto à identificação genética, o gene COI não amplificou para nenhuma dessas amostras. O gene 16S, embora tenha sido amplificado, não foi resolutivo na identificação da espécie, uma vez que quando a sequência resultante era contrastada pelo BLAST, a sequência mais similar era da espécie *Canis lupus familiaris*. Sendo assim, estes indivíduos serão aqui reunidos como família Canidae.

Ainda analisando as espécies ou diferentes grupos de animais atropelados, quanto às diferentes épocas do ano, algumas espécies foram encontradas atropeladas em ambas as épocas (chuvosa e seca), mas a grande maioria das espécies/gêneros/famílias foi encontrada atropelada somente na estação chuvosa. Na tabela 3, as amostras indicadas com “*não identificado*” foram inviabilizadas devido ao estado de conservação da amostra, dificultando a própria extração e a purificação do DNA. Já as identificadas como “*sequência não ID*” (3 répteis e 3 aves) chegaram a ser sequenciadas, porém a baixa qualidade da sequência não permitiu a identificação. Dois indivíduos (um tatuí e um *joão de barro*) foram marcados com *, indicando um grau de semelhança genética abaixo de 95% (90% e 94%, respectivamente), porém foram indicados na tabela por serem as espécies mais prováveis. A relação de amostras identificadas pela extração de DNA está indicada no Anexo 4.

Tabela 3: Espécies e quantidade de indivíduos registrados durante os períodos chuvoso e seco.

Nome popular	Nome científico	Quantidade	Época do ano
MAMÍFEROS			
<i>Não identificado</i>	---	2	Seco
		4	Chuvoso
Cachorro do mato/raposa-do-campo	Canidae	5	Seco
		6	Chuvoso
Tamanduá bandeira	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	2	Seco
		1	Chuvoso
Gambá de orelha branca	<i>Didelphis albiventris</i>	4	Seco
		6	Chuvoso
Ouriço cacheiro	<i>Coendou prehensilis</i>	1	Seco
		2	Chuvoso
Tatu peba	<i>Euphractus sexcinctus</i>	2	Seco
		4	Chuvoso
Tatu galinha	<i>Dasyus novemcitus</i>	2	Chuvoso
Tatuí*	<i>Dasyus septemcinctus</i>	2	Chuvoso
Quati	<i>Nasua nasua</i>	1	Chuvoso
RÉPTEIS			
<i>Não identificado</i>	---	4	Chuvoso

Sequência não ID	---	2	Seco
		1	Chuvoso
Urutu cruzeiro	<i>Bothrops alternatus</i>	1	Seco
Parelheira	<i>Philodryas patagoniensis</i>	2	Seco
Jiboia	<i>Boa constrictor</i>	3	Chuvoso
Cobra corre campo	<i>Thamnodynastes sp</i>	1	Chuvoso
Dormideira	<i>Sibynomorphus mikanii</i>	1	Chuvoso
Cascavel	<i>Crotalus durissus</i>	2	Chuvoso
Falsa coral	<i>Oxyrhopus sp</i>	3	Chuvoso
Falsa coral	<i>Oxyrhopus guibei</i>	1	Seco
Jararaca	<i>Bothrops jararaca</i>	2	Chuvoso
AVES			
Não identificado	---	5	Seco
		10	Chuvoso
Sequência não ID	---	3	Chuvoso
Beija flor	<i>Não identificado</i>	1	Chuvoso
João de barro*	<i>Furnarius rufus</i>	3	Seco
		3	Seco
Rolinha	<i>Columbina sp</i>	8	Chuvoso
Corujinha do mato	<i>Megascops choliba</i>	1	Seco
		2	Seco
Avoante	<i>Zenaida auriculata</i>	5	Chuvoso
Jacuaçu	<i>Penelope obscura</i>	1	Chuvoso
Tiziu	<i>Volatinia jacarina</i>	2	Chuvoso
Tico tico do campo	<i>Ammodramus humeralis</i>	1	Chuvoso
Pardal	<i>Passer domesticus</i>	8	Chuvoso
Tesourinha	<i>Tyranus savanna</i>	2	Chuvoso
Pica pau do campo	<i>Colaptes campestris</i>	2	Chuvoso
		3	Chuvoso
Urubu	<i>Coragyps atratus</i>	1	Seco
Coleirinho	<i>Sporophila caerulea</i>	1	Chuvoso
Irré	<i>Myiarchus swainsoni</i>	1	Chuvoso
Bem te vi	<i>Pitangus sulphuratus</i>	2	Chuvoso
Canário da terra	<i>Sicalis flaveola</i>	1	Chuvoso
Coleiro baiano	<i>Sporophila nigricollis</i>	1	Chuvoso
		1	Seco
Anu branco	<i>Guira guira</i>	1	Chuvoso
ANFÍBIOS			
Não identificado	---	2	Seco
		3	Chuvoso
Sapo cururu	<i>Rhinella sp</i>	4	Seco
		7	Chuvoso
Sapo cururu	<i>Rhinella schneideri</i>	4	Chuvoso
		2	Seco
DOMÉSTICOS			

Gato	<i>Felis catus</i>	5	-
Cachorro	<i>Canis lupus familiaris</i>	3	-
Cavalo	<i>Equus caballus</i>	1	-
Galinha	<i>Gallus gallus domesticus</i>	3	Seco
Galinha d'angola	<i>Numida meleagris</i>	1	Chuvoso

Considerando as análises comparativas entre os diferentes períodos do ano (seca e chuvosa), inicialmente, o teste Shapiro Wilk confirmou a hipótese nula de que a distribuição era normal ($W_{obtido} > W_{\alpha}$).

Ainda tratando da abundância das diferentes classes de animais acometidos pelos atropelamentos, pôde-se identificar maior representatividade das aves, seguida pelos mamíferos, répteis e anfíbios (Tabela 2, Figura 11).

Quando as estações chuvosa e seca foram comparadas dentro das classes, foi possível verificar uma maior incidência significativa de atropelamentos no período chuvoso (teste t-pareado, $p=0.05$) (Figura 12). Todos os grupos de vertebrados foram mais atropelados na estação chuvosa, embora essa diferença tenha sido estatisticamente significativa apenas para aves e répteis (teste chi-quadrado, $p < 0.0001$ e $p=0.02$, respectivamente).

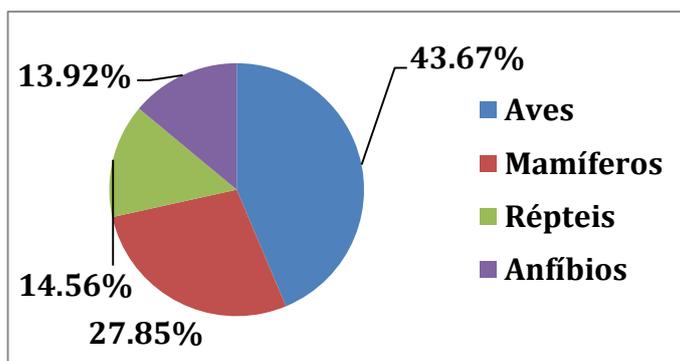


Figura 11: Percentual de indivíduos encontrados de acordo com grupos taxonômicos.

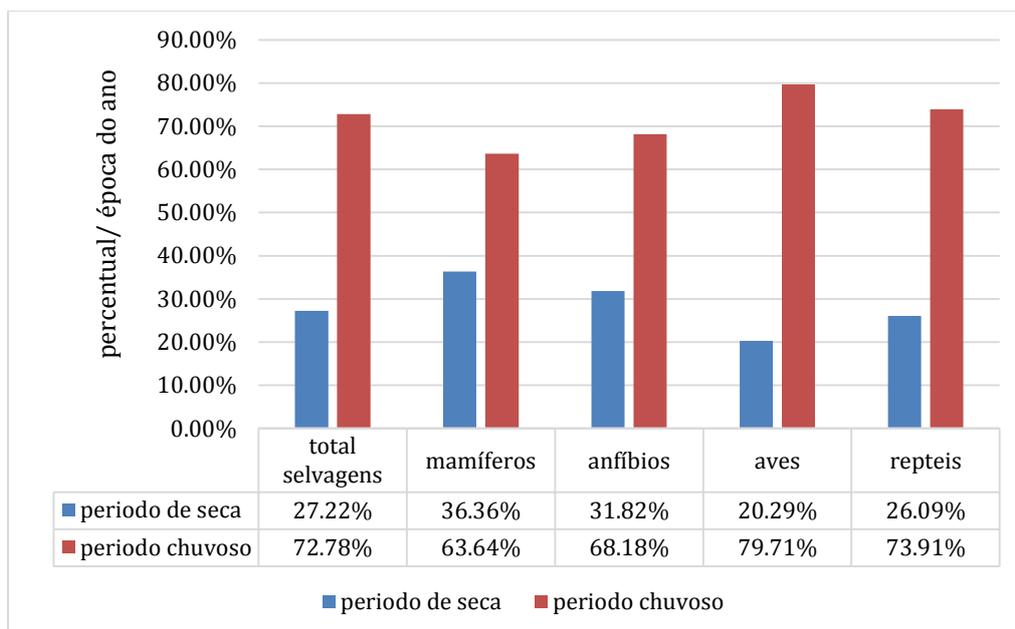


Figura 12: Percentual de atropelamentos por classe de vertebrados, de acordo com as épocas do ano (seca e chuvosa).

A análise da distribuição dos atropelamentos pelo trecho monitorado revelou que as amostras não estão distribuídas homoganeamente pelo trajeto (Figura 13). As linhas superior e inferior (verde e rosa, respectivamente) delimitam o intervalo em que o resultado segue uma distribuição homogênea.

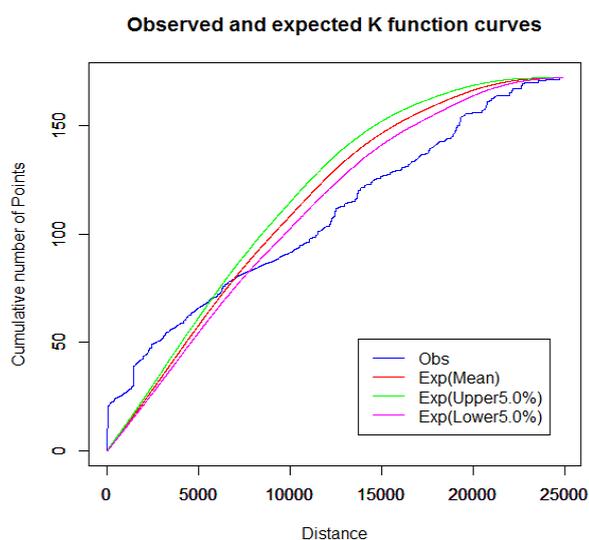


Figura 13: Resultado obtido a partir do teste K de Ripley, em que a linha azul indica o resultado obtido, e as linhas verde e rosa, os limites superior e inferior, respectivamente.

A área do entorno da estrada é essencialmente utilizada para plantação de culturas rotacionais, como milho, feijão e trigo, seguido de remanescentes de vegetação nativa, pastagem e silvicultura, conforme pode ser evidenciado conjuntamente pelas Figura 10 e pela tabela 3.

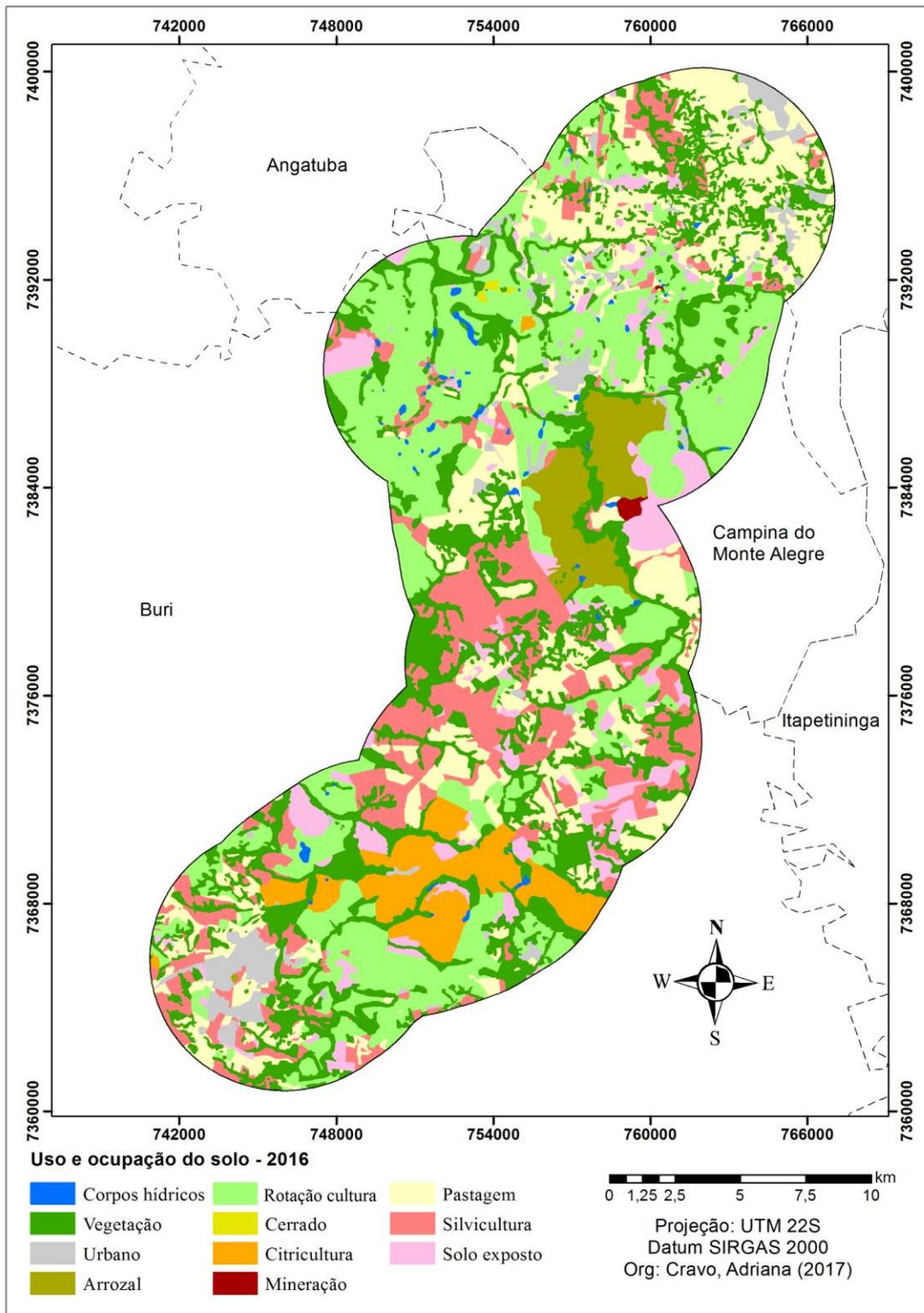


Figura 14: Uso e ocupação do solo do trecho analisado no trabalho, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais.

Tabela 4: Percentual de cada uso de solo em relação a área total estudada

Ocupação solo	Área km ²	%
---------------	----------------------	---

Corpos hídricos	2.034958	0,40%
Vegetação nativa	103.0	20,01%
Urbano	18.235	3,54%
Arrozal	18.87222	3,67%
Rotação cultura	144.12	28,00%
Cerrado	0.4710	0,09%
Citricultura	25.098	4,88%
Mineração	0.713606	0,14%
Pastagem	94.618	18,38%
Silvicultura	72.797	14,14%
Solo exposto	34.754	6,75%
TOTAL	514,712	100,00%

Em relação à densidade de atropelamentos, o teste de *Densidade de Kernel* indicou três pontos com maiores densidades (*hotspots*), sendo dois situados nos dois acessos ao município de Campina do Monte Alegre (*hotspots* 1 e 2) (Figura 15). Um terceiro ponto foi localizado entre a rodovia Raposo Tavares e este mesmo município, na bifurcação entre a SP-189 e a rodovia vicinal Deputado Antonio Vieira Sobrinho (*hotspot* 3). Estes *hotspots* podem ser identificados na Figura 15, em vermelho.

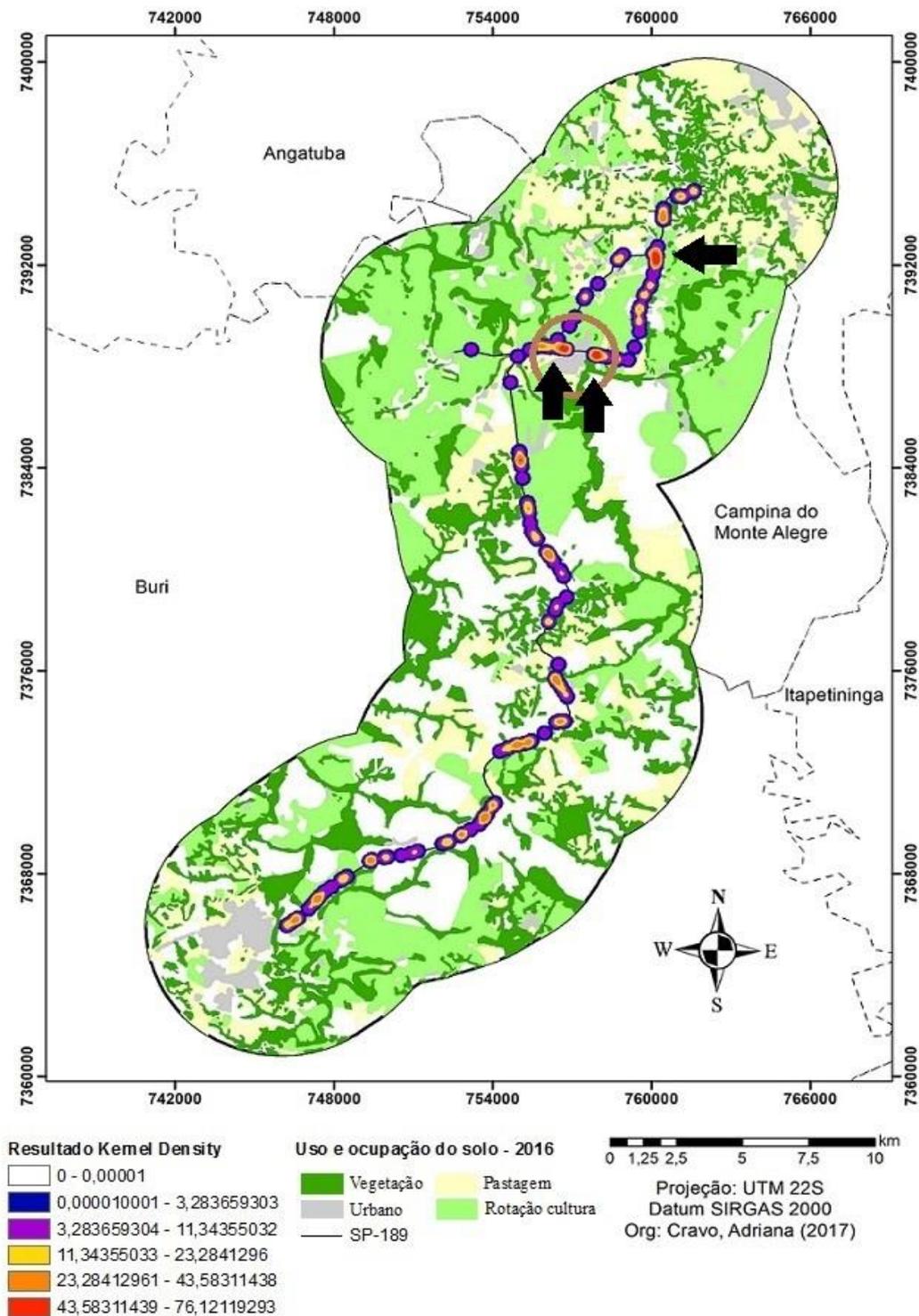


Figura 15: Hotspots de atropelamento na SP-189. Os pontos em vermelho e as setas indicam os locais com as maiores taxas de animais atropelados. O círculo marrom indica a cidade de Campina do Monte Alegre.

A figura 16 mostra a distribuição dos atropelamentos para cada grupo animal. Pode-se observar que os atropelamentos das aves estão mais uniformemente distribuídos quando comparado com os demais grupos e que todos possuem indivíduos atropelados nos hotspots mostrados na Figura

15. Não foram identificados *hotspots* para os grupos separadamente, devido a baixa quantidade de indivíduos.

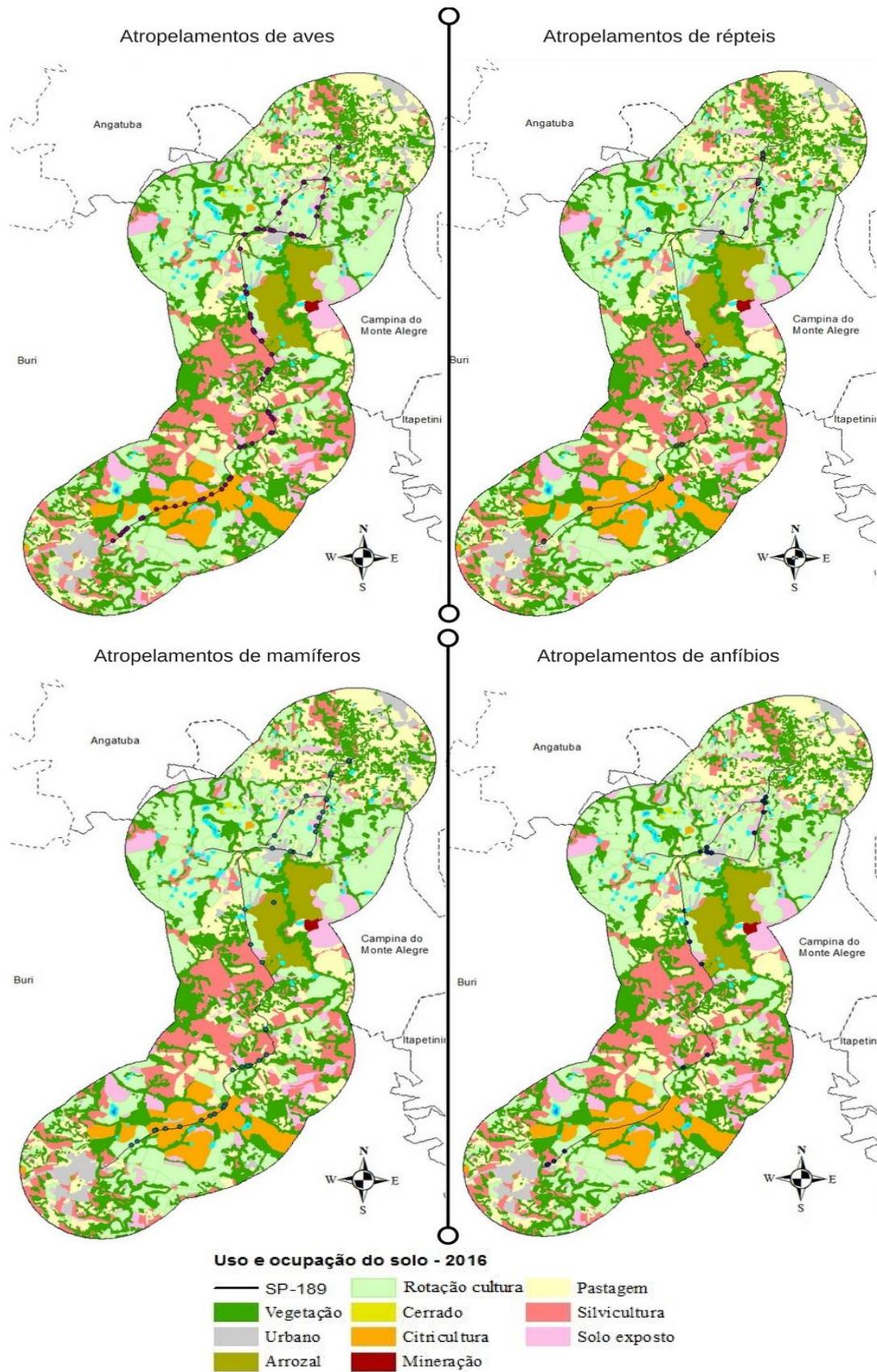


Figura 16: Pontos de atropelamentos das quatro classes de animais.

O teste *Standard Distance* gerou a imagem abaixo (Figura 17) como resultado. Os círculos indicam quais as paisagens mais influentes dentro da região de estudo, assim como a variação dos seus tamanhos indicam quais os usos mais e menos determinantes. É possível ver que, dentro da região, as diferentes paisagens possuem pesos diferentes na influência dos atropelamentos. A imagem de uso e ocupação do solo foi colocada ao lado para melhor visualização das paisagens.

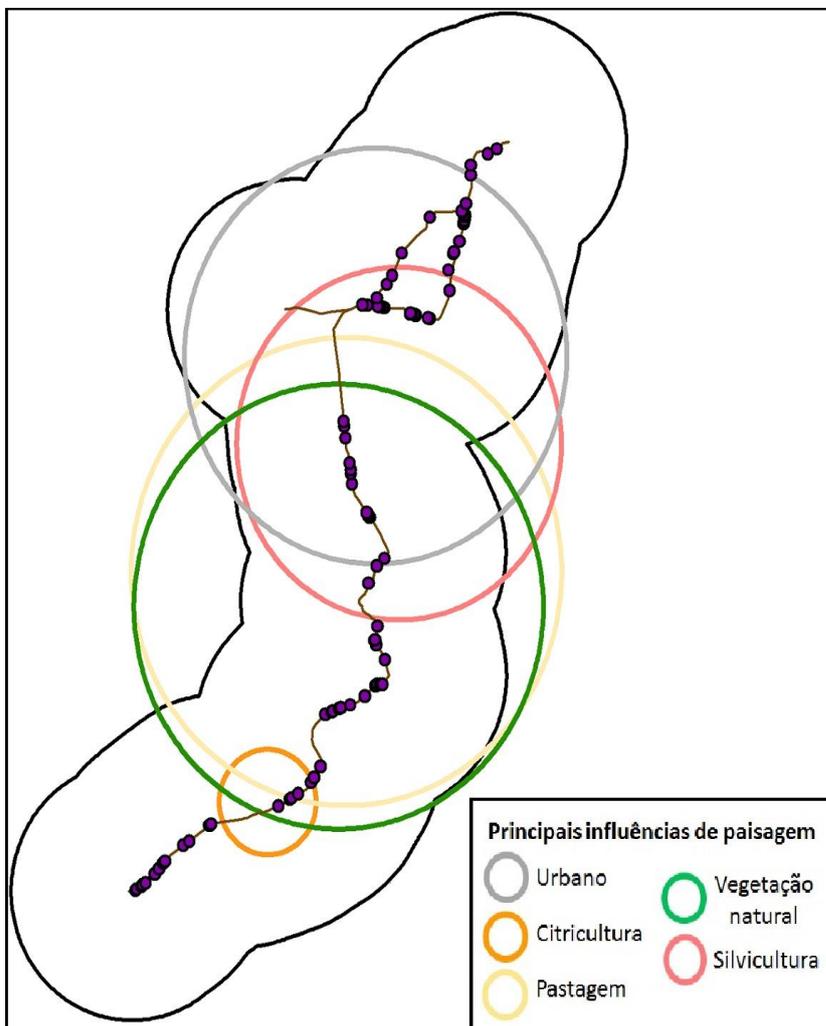
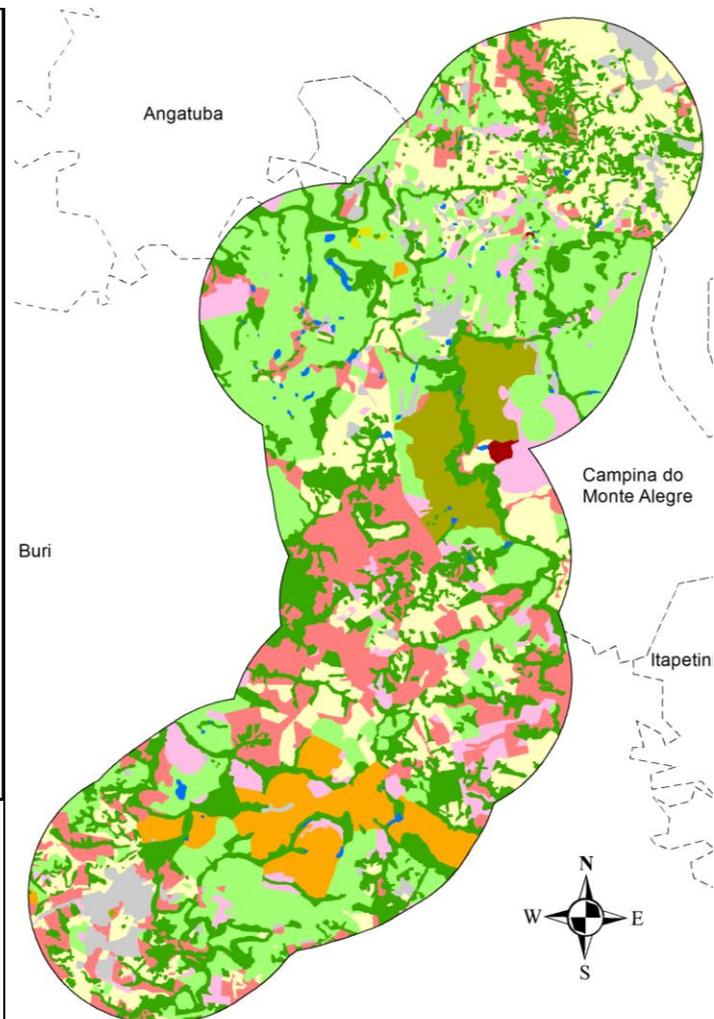


Figura 17: análise da área de estudo, teste “Standard distance”.



Uso e ocupação do solo - 2016



5. Discussão

Composição da fauna atropelada na SP-189

Em outros trabalhos sobre identificação de animais atropelados, também não foi possível identificar 100% dos indivíduos encontrados, seja visualmente, seja por análise genética. Klippel e colaboradores (2015) não conseguiram identificar 25 dentre 222 amostras em projeto realizado na BR-101, no Espírito Santo, devido à exposição do material biológico à ação do clima, como chuva e vento, e a repetidos atropelamentos que o animal pode sofrer enquanto estiver exposto na rodovia (Hajibabaei et al., 2006; Rodríguez-Castro et al., 2017; Klippel et al., 2015).

Em relação a frequência de monitoramento, Bager & Da Rosa (2011) testaram diferentes frequências: semanal, a cada duas semanas, mensal, bimestral e trimestral, a fim de identificar a diferença de esforço amostral para determinar a riqueza da fauna da área de estudo a partir da quantidade de indivíduos atropelados. Com exceção da avifauna, que não foi representada fielmente mesmo com coletas semanais, os monitoramentos a cada duas semanas conseguiram levantar corretamente as espécies de anfíbios, répteis e mamíferos, portanto a frequência de coleta adotada no presente trabalho não se mostra influente na quantidade de indivíduos encontrados ou espécies identificadas.

Segundo o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (2017), só no Brasil, o total de animais atropelados por ano chega a 475 milhões, gerando uma média de 1,3 milhões de atropelamentos por dia. A maioria deles envolve pequenos vertebrados, como sapos, aves e serpentes, totalizando 430 milhões. Outros 43 milhões são representados por animais de médio porte, como gambás, lebres e primatas, enquanto dois milhões de mortes correspondem aos animais de grande porte, como onças, lobos-guarás e capivaras. A diferença de variação de atropelamentos/km/dia encontrada pelo CBEE e pelo presente trabalho leva em conta a diferença do esforço amostral dos dois levantamentos. Para o levantamento nacional, o CBEE considerou rodovias de terra e pavimentadas, encontradas em diferentes ambientes, desde mais perturbados até parques e estações ecológicas, além de estradas municipais, estaduais e federais, as quais possuem maiores taxas de atropelamento (CBEE). Além disso, a estimativa foi baseada em diversos resultados obtidos por projetos realizados em diferentes estados e regiões do país, abrangendo um maior tempo de coleta e maior extensão e variedade de habitats (CBEE, 2016). O presente projeto, no entanto, tomou como base apenas uma rodovia estadual, com tempo de coleta de um ano, menor do que aquele compilado pelos projetos da estimativa nacional. Mesmo existindo um crescimento populacional na região de estudo, a SP-189 ainda liga regiões pouco habitadas do estado de São Paulo, contribuindo para o número de atropelamentos abaixo da média.

Existem vários fatores determinantes na incidência de atropelamento de fauna. A condição da rodovia (estradas pavimentadas permitem maior velocidade e, portanto mais atropelamentos); a ocupação da área ao redor (Barnum, 2003); o aumento do número de veículos e a velocidade nas rodovias; o aumento do tráfego de veículos pesados, como ônibus e caminhões; e o desenho e topografia da estrada (Pfeifer et al., 2008; Clewenger et al., 2003) são os principais fatores estruturais que aumentam a taxa de atropelamento de animais. Fatores climáticos, como a temperatura e precipitação também já foram apontados em diversos trabalhos como grandes influenciadores (Freitas, 2009; Carvalho, 2014; Da Rosa & Bager, 2012) na taxa de atropelamentos. As variações sazonais também alteram substancialmente o comportamento das espécies, pois definem épocas de reprodução, dispersão de jovens e períodos de migração (Gundersen & Andreassen, 1998).

Tais variáveis fazem com que algumas espécies tenham mais ou menos chances de atropelamento. Animais ectotérmicos, por exemplo, aproveitam o calor acumulado no pavimento, herbívoros se alimentam junto à vegetação que se desenvolve nas laterais, aves se alimentam de grãos caídos de caminhões mal vedados (Erritzoe et al., 2003), anfíbios e répteis podem utilizar as margens da rodovia para nidificação (Aresco, 2005), enquanto mamíferos fossoriais utilizam para construção de galerias e carniceiros se alimentam da fauna atropelada. Com anfíbios, especificamente, a maioria dos atropelamentos já registrados ocorre durante a época mais úmida e em locais onde as rodovias cortam a rota de migração das espécies ou pontos de forrageamento (Antworth et al., 2005).

O padrão encontrado no projeto, com maior incidência de atropelamentos na época chuvosa e quente foi o mesmo encontrado por Freitas (2009), Carvalho (2014), Turci & Bernarde (2009), Bueno & Almeida (2010) e Da Rosa & Bager (2012). Anfíbios e répteis que realizam migrações em massa nos períodos reprodutivos são exemplos característicos da variação da taxa de atropelamentos relacionada à sazonalidade (Aresco, 2005; Cureton & Deaton, 2012). Tal padrão também foi encontrado no presente estudo em relação aos répteis, os quais mostraram mais do que o dobro de atropelamentos em relação a época seca e mais fria, mas estes devido a dispersão de jovens, e não à migrações em massa, visto que tal fenômeno não ocorre na região. Neste período de temperaturas mais altas e com maior pluviosidade, estes animais costumam se dispersar para diversos fins (Rees et al., 2009). Machos de répteis terrestres, como serpentes e lagartos podem migrar por longas distâncias em busca de potenciais parceiras para reprodução, enquanto fêmeas podem migrar para escolher lugares para postura de ovos (Van der Ree et al., 2015).

Por serem ectotérmicos, répteis também podem procurar rodovias e pavimentos para regulação térmica, tornando-os mais suscetíveis a atropelamentos. Quando ainda estão com uma temperatura baixa e movimentos mais lentos, passam longos períodos em exposição ao sol, na mesma posição, o que também pode aumentar a probabilidade de atropelamento (Van der Ree et al., 2015), principalmente quando as temperaturas do ambiente estão menores ou após as chuvas. Considerando

a maior taxa de mortes durante a primavera/ verão, que é mais quente, mas também a mais chuvosa, esses animais, logo após as chuvas, podem buscar locais para se aquecer, aumentando a chance de se depararem com os veículos da rodovia.

Por serem de difícil visualização e não receberem muita importância, a redução das populações de espécies de répteis pode ser imperceptível e de difícil mensuração (Van der Ree et al., 2015). Além disso, alguns répteis, principalmente as serpentes, podem ser vítimas de atropelamento proposital (Rodrigues et al., 2002), podendo o motorista desviar o veículo com a intenção de atropelar o animal (Turci & Bernarde, 2009), o que normalmente ocorre por medo ou por lendas sobre tais espécies. Tal questão não deixa de ser levantada frente ao resultado obtido no presente estudo, em que a maioria dos répteis encontrados era composta por serpentes (60,8%), o que também poderia ser explicado por aspectos biológicos e comportamentais ou pela maior abundância de animais deste grupo.

Porém, de um modo geral, répteis costumam ser sub-representados em trabalhos de atropelamentos de fauna por serem, em sua maioria, de pequeno porte, e rapidamente removidos por predadores ou por contínuas colisões com veículos, gerando uma falta de dados e poucos estudos voltados a esse grupo (Wotherspoon & Burgin, 2009). Isso quer dizer que os dados do presente estudo pode estar subestimados em quantidade e diversidade de espécies de répteis, tanto em relação aos atropelamentos quanto às espécies presentes na região.

Em relação aos anfíbios, Santos e colaboradores (2007); Prada (2004) e Glista e colaboradores (2009) já identificaram uma maior taxa de atropelamento próximo a corpos d'água e áreas alagadas adjacente, que, juntamente com o hábito noturno de muitas espécies, podem torná-los alvos fáceis de atropelamentos em regiões úmidas, em especial no fim de tarde/ a noite. No entanto, não foram encontrados neste estudo relações entre locais de atropelamento de anfíbios e corpos d'água (rios e suas áreas alagadiças), sendo os indivíduos encontrados em locais bem diversos entre si, como próximo a cidade, áreas de silvicultura, fragmento de mata e rotação de cultura (como é possível observar na Figura 16). Mesmo sendo uma região rica em recursos hídricos, os lagos e lagoas dentro da área delimitada não foram um fator determinante para aumentar a taxa de atropelamento para nenhum grupo animal estudado.

As aves e os mamíferos foram os grupos mais frequentemente atropelados. Tal resultado também foi encontrado em outros trabalhos, como no de Rosa & Mauhs (2004), que avaliaram os grupos animais mais atropelados na rodovia estadual RS-040 (Rio Grande do Sul). Similarmente, Burgin & Brainwood (2008) encontraram 11 espécies de mamíferos e 10 de aves em um estudo realizado na Austrália. Prado e colaboradores (2006) também obtiveram como resultado 48.2% de aves atropeladas e 34% de mamíferos em uma rodovia próxima a Goiânia-GO, mostrando assim um padrão frequentemente encontrado em outros trabalhos sobre o mesmo tema.

Dentre os mamíferos, Rosa & Mauhs (2004) também encontraram as espécies *Didelphis albiventris* e o canídeo *Cerdocyon thous* como sendo as mais atropeladas em rodovia do Rio Grande do Sul com 10 e 11 indivíduos, respectivamente. Prado e colaboradores (2006) também encontraram, dentre os mamíferos, uma maior taxa de atropelamento para *Cerdocyon thous*. Essa espécie mostra uma relação positiva com fragmentos de mata (Freitas et al., 2015), mas também é bem adaptada a áreas agrícolas e ambientes em diferentes estágios de sucessão, sendo descrito como uma espécie generalista e oportunista (De Barros et al., 2010; Lyra-Jorge et al., 2008). O mesmo tipo de ambiente pode ser utilizado pela raposa do campo (*Lycalopex vetulus*), sendo que as duas espécies ocupam a mesma distribuição geográfica (Lemos et al., 2013). Porém, a raposa do campo é considerada vulnerável pelo ICMBio e é endêmica do Brasil, de áreas de cerrado e de transição (Lemos et al., 2013), mas também já foi encontrada em áreas agrícolas (Dalponte, 2009) e de silvicultura (Courtenay et al., 2006). Além disso, durante o mês de agosto, geralmente, os filhotes nascem e as mães passam mais tempo dentro das tocas, portanto, só os machos circulam no ambiente, diminuindo a chance de encontrar um indivíduo e, conseqüentemente, dele ser atropelado. Esse período ocorre dentro do inverno, o que pode ser entendido como outro fator responsável pela menor taxa de atropelamentos nessa época (Lemos et al., 2011).

Os pontos de atropelamento de canídeos selvagens encontrados neste estudo eram próximos, principalmente, de rotações de cultura, seguidos de silvicultura e citricultura, e também dentro da área urbana, confirmando tal tendência generalista e de fácil adaptação.

De um modo geral, pequenos e grandes mamíferos respondem de modo diverso às rodovias. Enquanto aqueles de grande porte são mais afetados pelo acesso de caçadores e redução dos habitats, os de menor porte são as principais vítimas de atropelamentos e da restrição de movimentação (Spellerberg, 2002). No presente estudo, somente uma espécie de grande porte, o tamanduá bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), comum de áreas abertas, matas mais secas e áreas de cerrado (IUCN, 2017), foi encontrado durante todo o período de monitoramento (três indivíduos atropelados). A espécie também mostra boa adaptação em áreas agrosilvipastoris, como em plantações de pinus, eucalipto e pastagens (Braga et al., 2008), paisagens presentes na região de estudo e que se assemelha muito àquela que a espécie está acostumada a frequentar.

O tamanduá-bandeira também foi a única espécie em estado de atenção em relação ao seu status de conservação, sendo considerado *vulnerável* pela IUCN e no estado de São Paulo. No Rio de Janeiro, Santa Catarina e Espírito Santo já está extinto, enquanto no Rio Grande do Sul e Paraná, está criticamente em perigo (ICMBio, 2017). O desmatamento, as queimadas e o atropelamento são os principais responsáveis pelo declínio de mais de 30% de sua população na América Central nos últimos 10 anos (IUCN). Fatores como dieta restrita, baixas taxas reprodutivas e seu porte grande também contribuem para a piora desse quadro. Além disso, tanto a visão quanto a audição são

subdesenvolvidas, facilitando a aproximação de veículos e, conseqüentemente, os atropelamentos (Fonseca et al., 1994). A presença desta espécie ameaçada no presente estudo tem grande importância para o desenvolvimento de estratégias de conscientização, como atividades de educação ambiental e parcerias com empresas/ órgãos públicos para medidas de conservação, utilizando esses animais como espécies-bandeira.

As aves compreenderam o grupo com maior ocorrência de atropelamentos, como também demonstrou a maior diferença entre as duas épocas do ano. Outros estudos também já mostraram alta incidência de atropelamentos de aves em épocas mais quentes e úmidas (Erritzoe et al., 2003). A mortalidade de aves por atropelamento atinge valores da ordem de centenas de milhões de indivíduos anualmente, destacando-se os passeriformes como o grupo mais atingido (Forman & Deblinger, 2000).

No presente estudo, a incidência de aves consideradas urbanas, como rolinha e pardal, pode ter inflacionado o número de atropelamentos deste grupo (mais de 20 indivíduos) favorecendo a hipótese de que essas espécies podem ser atraídas por grãos que caem na rodovia pelos caminhões ou que são oriundos das fazendas e sítios ao redor (Erritzoe et al., 2003; Slater, 1994). Além disso, elas também podem ser atraídas por restos de alimento jogados na rodovia (Slater, 1994), e por presas que também estejam forrageando (Erritzoe et al., 2003). Segundo Erritzoe e colaboradores (2003), os pardais são uma das espécies de aves mais atropeladas em todo o mundo, por preferirem ambientes antropizados. Além disso, costumam andar em bando quando procuram alimento em plantações, aumentando a chance de pelo menos um indivíduo ser atropelado quando voam. Também é comum que se aqueçam diretamente na rodovia, assim como os répteis (Göransson et al., 1978), favorecendo a chance de atropelamento devido ao tempo de exposição. Outro fator que influencia na maior taxa de atropelamentos para as espécies urbanas é o fato de que elas estão mais acostumadas com a presença de carros e atividades humanas, tornando-as menos atentas e ágeis quando um carro se aproxima (Erritzoe et al., 2003).

Aves, no geral, também podem usar o calor oriundo do solo para poupar energia (Forman, 1995) e coletar gravetos para fazer ninhos (Erritzoe et al., 2003). Por fim, muitas espécies fazem um tipo de “mergulho” no ar para ganhar velocidade e estabilidade mais rápido durante o vôo, o que, muitas vezes, pode fazê-las irem de encontro a um veículo a uma alta velocidade, na qual a ave não tem tempo hábil de desviar (Brown et al., 1986). Outras espécies de aves menos urbanas que também foram atropeladas, como o pica pau do campo (*Colaptes campestris*) (2 indivíduos), e o tiziu (*Volatinia jacarina*) (2 indivíduos) também são comuns em regiões mais abertas, como campos, no caso do pica pau (Develey & Endrigo, 2004) e até em áreas devastadas, no caso do tiziu.

Além dos fatores intrínsecos a cada espécie ou classe animal, o comportamento dos motoristas também pode ter forte influência na taxa de atropelamentos de fauna. A rodovia de estudo não possui qualquer medida que faça os veículos diminuírem a velocidade (radar, lombada), e mesmo placas de

velocidade são difíceis de serem vistas. Junto a isso, soma-se a dificuldade de visualização nos períodos de chuva, que podem aumentar a taxa de atropelamentos de animais, já que fica mais difícil ver um animal atravessando a rodovia ou parado no acostamento a longa distância.

Hotspots de atropelamentos

No presente estudo foi possível a identificação dos *hotspots* de atropelamentos, ou seja, os pontos com maior densidade de atropelamentos. Tais *hotspots* foram identificados somente quando todos os grupos de animais foram considerados conjuntamente, enquanto que, quando os mesmos foram considerados separadamente, os atropelamentos foram distribuídos mais homoganeamente pelo percurso monitorado (Figura 16).

Conforme resultado obtido na análise de densidade, dois dos três pontos com maior incidência de atropelamentos estão localizados na saída/entrada da cidade de Campina do Monte Alegre. Esse dado se mostra extremamente importante considerando que a nossa suspeita inicial foi a de que o aumento da população flutuante da UFSCar Lagoa do Sino teria um impacto direto no aumento da taxa de atropelamentos de animais selvagens, devido ao aumento do tráfego de alunos e funcionários indo e voltando da Universidade para a cidade. Enquanto poucos vivem no município de Buri, a grande maioria dessa nova população mora em Campina do Monte Alegre e alguns vivem em Angatuba e Itapetininga, ou seja, utilizam diariamente a porção da SP-189 entre a rodovia Raposo Tavares e a UFSCar Lagoa do Sino. Nesta porção da SP-189 é que estão localizados os três pontos com maiores incidências de atropelamentos, sendo que entre a UFSCar Lagoa do Sino e o município de Buri, nenhum *hotspot* de atropelamento foi identificado.

Este resultado indica uma possível relação entre o aumento da população flutuante utilitária deste trecho da rodovia e a incidência de atropelamentos de fauna. Considerando que o campus é novo - foi implementado em 2012 e iniciou suas atividades em 2014 - a tendência é que o contingente populacional atraído pela universidade seja cada vez maior, e com isso, a frequência de atropelamentos de fauna também aumente caso nenhuma medida mitigatória seja tomada.

Outros estudos também já mostraram que suas maiores incidências de atropelamento são próximas a centros urbanos (Kanda et al., 2006). No entanto, trabalhos de atropelamento de fauna realizados em áreas urbanas são menos comuns (Wotherspoon & Burgin, 2009), sendo priorizadas áreas mais próximas de ambientes preservados ou reservas, o que pode resultar em uma subestimação dos atropelamentos nas proximidades desses centros. Mesmo que a região em que área de estudo está inserida seja rica em parques e reservas, o local delimitado possui uma paisagem fragmentada, com a presença de remanescentes de vegetação entremeados por áreas de culturas rotacionais,

silvicultura, citricultura e pastagem, impedindo que haja uma grande área de refúgio de fauna, e como o local é apenas uma fração da paisagem de toda a região, não é possível afirmar que a fauna se refugie em um possível remanescente vegetativo de maior tamanho fora do buffer delimitado. No entanto, é possível identificar na Figura 18 uma maior incidência de corredores ecológicos entre os dois lados da rodovia na porção mediana do trajeto, onde pode ocorrer travessia de fauna para acessar os dois lados desse corredor ecológico.

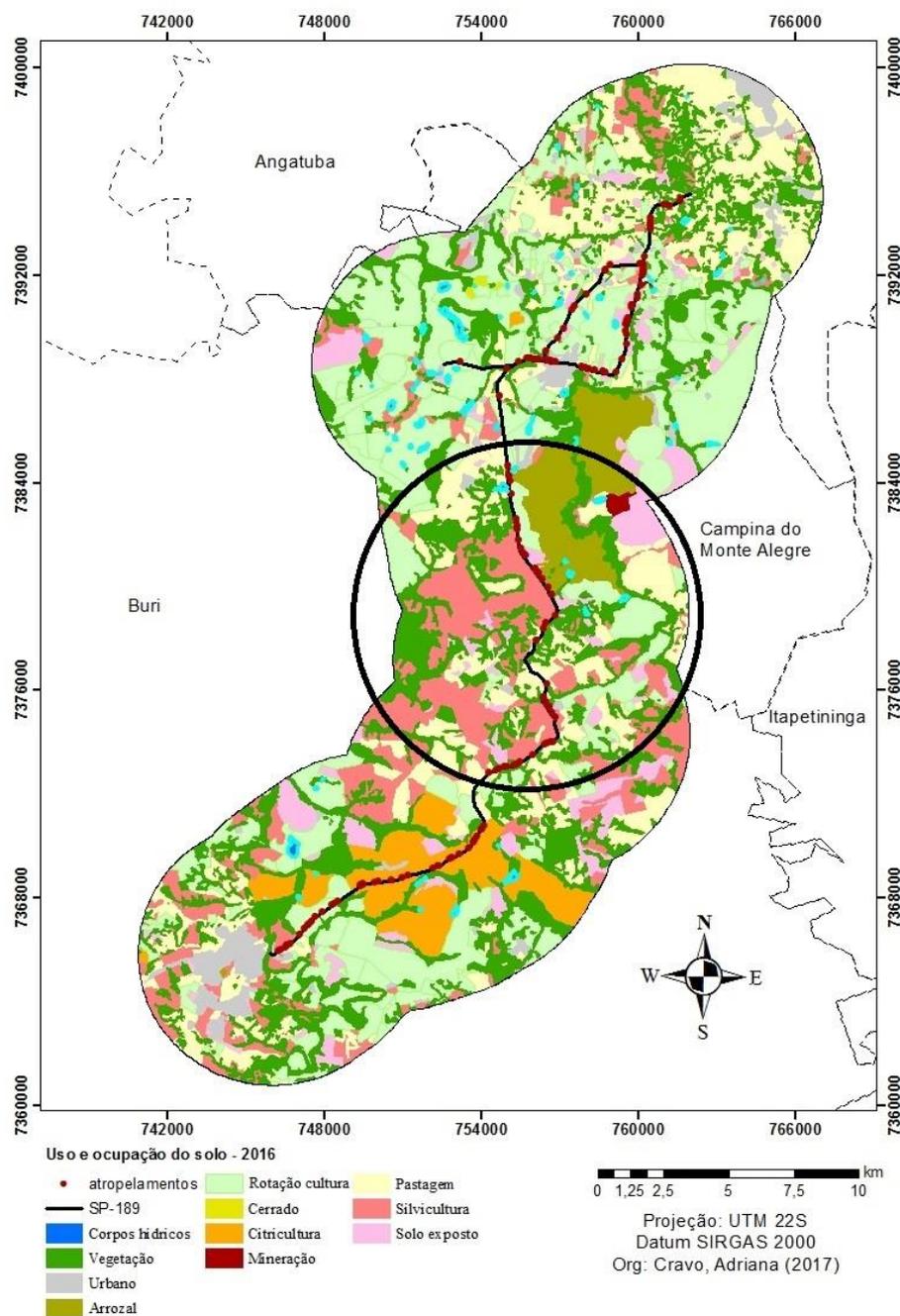


Figura 18: Incidência de corredores de vegetação natural

Quando comparado o uso do solo e os resultados do teste “*Standard distance*” (Figura 17), pode-se observar que no local onde estão presentes os três *hotspots*, a paisagem mais influente é a urbana, reforçando ainda mais a hipótese inicialmente levantada no início do projeto, deste ser o principal motivo para a maior incidência de atropelamentos de fauna reportados. Ainda de acordo com a mesma imagem, podemos ver que a silvicultura também influencia os dois hotspots das duas extremidades de Campina do Monte Alegre, porém, como a circunferência possui um raio menor do que aquela que indica a influência urbana, tal impacto também é menor, quando compara-se as duas paisagens. Na mesma imagem, pode-se ver que a pastagem e a vegetação natural agem na região mediana da rodovia, no mesmo local onde há maior quantidade de corredores de vegetação. Por fim, ocorre maior influencia da citricultura no único local em que essa ocupação é indicada, indicando a confiabilidade do teste e dos resultados obtidos.

Segundo Müller & Berthoud (1994), em estradas com um tráfego muito alto, muito ruído e movimentação, é mais provável que aconteçam menos acidentes, pois os animais serão mais repelidos devido a tantas intervenções no mesmo local (Figura 19). Esse tipo de ambiente diminui a taxa de atropelamento, mas eleva o grau de isolamento das populações adjacentes, diminuindo sua variação genética e levando-as em direção a um gargalo populacional.

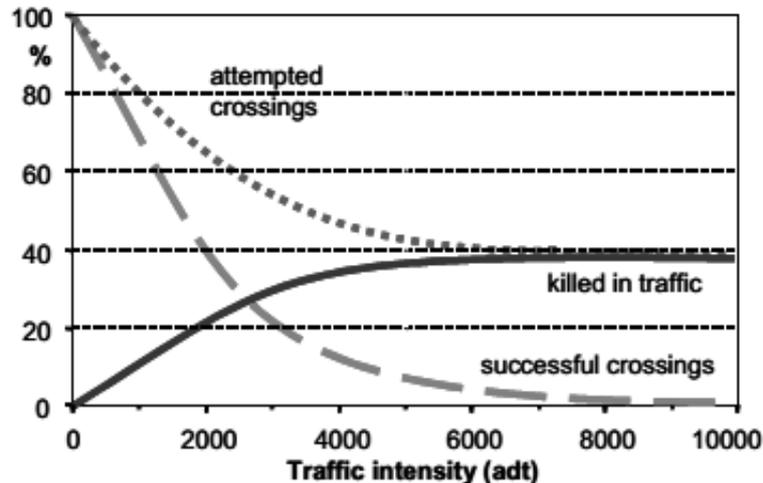


Figura 19: Modelo teórico da relação entre o tráfego de automóveis e o efeito de barreira gerado. Com o aumento da quantidade de carros e caminhões, o número de atropelamentos aumenta linearmente até que os ruídos e o movimentos dos veículos impeçam que mais animais tentem cruzar a estrada. A quantidade de travessias bem sucedidas também diminui com o aumento do tráfego, já que há maior chance do animal ser atropelado com o aumento da quantidade de carros (considerando que a travessia ocorra em qualquer cenário). Retirado de Müller & Berthoud (1994).

Ainda nesta linha de raciocínio, Müller e Berthoud (1994) propuseram cinco diferentes categorias em relação a infra-estrutura e ao tráfego, e suas consequências como efeito de barreira:

1. Rodovias com tráfego leve: atuam como filtros para o deslocamento de animais. Podem limitar o movimento de invertebrados e pequenos animais. Animais de médio e grande porte ainda podem usá-la como corredor.
2. Rodovias com movimento menor que 1000 carros/dia: podem exercer forte efeito de barreira em pequenos animais, mas ainda ocorre deslocamento.
3. Rodovias com até 5000 veículos/dia: o ruído e o movimento gerados causam um impacto maior em pequenos e médios mamíferos, que evitam se deslocar através delas.
4. Rodovias com tráfego entre 5000 e 10000 veículos/ dia: causam um impacto significativo para várias espécies terrestres, com evitação de espécies de médio e grande porte.
5. Grandes rodovias com mais de 10000 carros/dia: criam uma barreira impermeável para praticamente todas as espécies, com grande evitação da maioria delas e alta taxa de atropelamento das que tentam atravessar.

Agora considerando mais precisamente o presente estudo, com a implantação recente do campus e o também recente recapeamento de parte da SP-189, não é possível precisar qual a classificação em que a rodovia monitorada se encontra. De acordo com a tabela concedida pela DER (Tabela 1), a cada ano há um aumento na movimentação diária de veículos, tanto de passeio como comercial. Em 2015 o número total de veículos que circulava a rodovia era de 787. Tomando como base este valor para 2017 e somando a população flutuante que utiliza a universidade (cerca de 700 pessoas), podemos classificar a rodovia SP-189 como uma rodovia com movimento menor que 1000 carros por dia, já que a maioria dos alunos se desloca através de carona, bicicleta ou ônibus, de acordo com a classificação proposta por Müller e Berthoud (1994). Pode-se supor que os animais ainda atravessam, porém podem evitar os horários de maior movimentação. De qualquer forma, é de grande relevância que mais estudos sejam realizados a longo prazo, incluindo o monitoramento quanto a atropelamentos de fauna, visto que, a tendência é o aumento da população usuária da rodovia.

Possíveis medidas mitigadoras para minimização do impactos de atropelamento de fauna

Levando em consideração os resultados obtidos no presente estudo, a localização dos hotspots de atropelamento, bem como o custo financeiro envolvido, a implantação de lombadas e placas de sinalização parecem ser medidas viáveis e que apresentam resultado positivo na diminuição de mortes

de fauna por atropelamento e conseqüentemente nos danos resultantes de acidentes com seres humanos.

A redução de velocidade gera, por conseqüência, uma redução também das taxas de morte por atropelamento (Glista et al., 2009). De acordo com Hobday & Minstrell (2008), quando a velocidade é reduzida em 20% nas regiões de *hotspots* de atropelamento, as ocorrências de atropelamento diminuem em até 50%. Lombadas, nesse caso, podem ser colocadas não somente nos principais pontos de atropelamento, mas também em localidades afastadas entre si durante a rodovia, para atuarem como uma medida também preventiva para evitar mais atropelamentos, e não somente para diminuir a sua incidência em locais já conhecidos.

As placas de sinalização também podem ser colocadas para diminuir a taxa de atropelamento, tanto próximas às lombadas, quanto mais afastadas (Glista et al., 2009). Esse método, porém, não obriga o condutor a frear ou diminuir a velocidade, mas pretende conscientizar os motoristas quanto a ocorrências de passagem de fauna pela estrada. A sua configuração também deve ser estudada, já que placas que possuem o mesmo padrão de outras placas de trânsito são pouco efetivas em relação a placas diferenciadas. Sullivan e colaboradores (2004) viram que placas comuns de sinalização de fauna passaram a ser ignoradas pelos motoristas nos Estados Unidos, pois estes se acostumaram com o seu padrão e a viam como uma placa de trânsito comum, fazendo com que as taxas de atropelamento não diminuíssem.

Outra medida generalista de mitigação é a instalação de radares fixos ou a fiscalização com radares móveis, principalmente nas áreas com maior frequência de acidentes. Mesmo com a indicação da velocidade permitida na via, muitos condutores ultrapassam os limites permitidos por não haver fiscalização ou algum tipo de punição. Com os radares, seria possível punir tais motoristas e obrigar os carros a andar dentro da velocidade estabelecida.

Frente a resultados como os apresentados aqui, com a identificação dos pontos com maior frequência de atropelamentos, várias opções de medidas estão disponíveis para minimizar o impacto das estradas sob a fauna, bem como a população local. Sendo assim, a realização de tais estudos tem uma importância indiscutível quanto à identificação dos reais problemas e, conseqüentemente, ao planejamento de ações para contorná-los de modo eficiente.

Referências

- ALJANABI, S. M. & MARTINEZ, I. 1997. Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based techniques. *Nucleic Acids Research*, 25(22): 4692-4693
- ANDRÉN, H. 1994. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. *Oikos*, 71: 355-366.
- ANTWORTH, R. L., PIKE, D. & STEVENS, E. 2005. Hit and run: Effects of scavenging on estimates of roadkilled vertebrates. *Southeastern Naturalist*, 4(4): 647-656.
- ARESCO, M. J. 2005. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a North Florida Lake. *Journal of Wildlife Management*, 69(2): 549-560.
- AYRES, M., AYRES, M. J., AYRES, D.L. & SANTOS, A. 2007. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. *Ong Mamirauá*. Belém, PA.
- BABISCH, W., ISING, H., GALLACHER, J.J., SWEETNAM, P.M. & ELWOOD, P.C. 1999. Traffic noise and cardiovascular risk: The caerphilly and speedwell studies, third phase-10-year follow up. *Archives of Environmental Health*, 54: 210-216.
- BAGER, A. & ROSA, C. A. 2010. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotropica*, 10(4): 149-153.
- BAGER, A. & DA ROSA, C.A. 2011. Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife. *Environmental management*, 47(5): 851-858.
- BAGER, A., LUCAS, P. S., BOURSCHIEIT, A., KUCZACH, A. & MAIA, B. 2016. Os caminhos da conservação da biodiversidade brasileira frente aos impactos da infraestrutura viária. *Biodiversidade Brasileira*, 6(1):75-86.
- BARKER, F. 2009. Common toads and roads: Guidance for planners and highways engineers (England). *Peterborough, Amphibian and Reptile Conservation*, 16p.
- BARNUM, S. A. 2003. Identifying the best locations along highways to provide safe crossing opportunities for wildlife: A handbook for highway planners and designers. *Denver, Colorado, Colorado Department of Transportation. Research Brant*.
- BECKMANN, J. P., CLEVENGER. A. P., HUIJSER, M. P. & HILTY, J. 2014. Safe passages: Highways, wildlife and habitat connectivity. *Island Press*, 396p
- BERGHELLA, G. C. & CANDIDO, W. F. 2011. Pavimentação da rodovia SC-450, trecho divisa SC/RS – Praia Grande/SC: Análise do plano de trabalho para o monitoramento de fauna. Brasília, DF, COTRA/CGTMO/DILIC/IBAMA. *Parecer técnico nº 109/2011*, 21p.
- BLAIR, R.B., 1996. Land use and avian species diversity along an urban gradient. *Ecological applications*, 6(2): 506-519
- BRAGA, F.G., BATISTA, A.C. & SANTOS, R. E. 2008. Marcação de tamanduá-bandeira *Myrmecophaga tridactyla* em *Pinus spp.* em áreas de cultivo no município de Jaguariaíva, Paraná, Brasil. *IV Congresso Brasileiro de Mastozoologia, São Lourenço, Minas Gerais*.
- BROCKIE, R., SADLEIR, R. M. & LINKLATER, W. 2009. Long-term wildlife road-kill counts in New Zealand. *New Zealand Journal of Zoology* 36(2): 123-134.
- BUENO, C & ALMEIDA P. 2010. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em maíferos na BR-040 (Rio de Janeiro- Juíz de Fora). *Revista Brasileira de Zoociências*, 12(3): 219-226.
- BUJOCZEK, M., CIACH, M. & YOSEF, R. 2011. Road-kills affect avian population quality. *Biological Conservation* 144(3): 1036-1039.
- BURGIN, S & BRAINWOOD, M. 2008. Too close for comfort: contentious issues in human-wildlife encounters. *Royal Zoological Society of New South Wales*.
- CARVALHO, C. F. 2014. Atropelamento de vertebrados, hotspots de atropelamento e parâmetros associados, BR-050, trecho Uberlândia-Uberaba. *Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia como exigência para obtenção do título de mestre em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais*.

- CARVALHO, F. & MIRA, A. 2011. Comparing annual vertebrate road kills over two time periods, 9 years apart: A case study in Mediterranean farmland. *European Journal of Wildlife Research* 57(1): 157-174.
- CENTRO BRASILEIRO DE ESTUDOS EM ECOLOGIA DE ESTRADAS. Sistema Urubu: módulo 1 - ecologia de estradas. Disponível em: <http://cbee.ufla.br/portal/imgs/imagesCMS/publicacao/pdf/57.pdf>. Acessado em 20/10/2017.
- CLARKE, G.B., WHITE, P.C. & HARRIS, S. 1998. Effects of roads on badger *Meles meles* populations in south-west England. *Biological Conservation* 86(2): 117-124.
- CLEVINGER, A. P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109(1): 15-26.
- COELHO A.V., COELHO I.P., TEIXEIRA F.T. & KINDEL, A. 2014. Siriema: road mortality software. *Manual do Usuário V. 2.0*. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. Disponível em: www.ufrgs.br/siriema. Acessado em 20/10/2017
- COFFIN, A.W. 2007. From Roadkill to Road Ecology: A Review of the Ecological Effects of Roads. *Journal of Transport Geography* 15: 396-406
- COMMITTEE ON ECOLOGICAL IMPACTS OF ROAD DENSITY. 2005. Assessing and Managing the Ecological Impacts of Paved Roads. *The National Academies Press*, Washington, D.C.
- COURTENAY, O., MACDONALD, D.W., GILLINGHAM, S., ALMEIDA, G. & DIAS, R. 2006. First observations on South America's largely insectivorous canid: the hoary fox (*Pseudalopex vetulus*). *Journal of Zoology*, 268: 45-54.
- CROOKS, K.R. 2002. Relative sensitivities of mammalian carnivores to habitat fragmentation. *Conservation Biology* 16(2): 488-502
- CURETON, J.C. & DEATON, R., 2012. Hot moments and hot spots: identifying factors explaining temporal and spatial variation in turtle road mortality. *The Journal of Wildlife Management*, 76(5): 1047-1052
- DALPONTE, J. C. 2009. *Lycalopex vetulus* (Carnivora: Canidae). *Mammalian Species*: 1-7.
- DA ROSA, C & BAGER, A. 2012. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. *Journal of Environmental Management*, 97: 1-5.
- DE ALMEIDA CURI, N.H., BRAIT, C.H., ANTONIOSI FILHO, N. & TALAMONI, S.A. 2012. Heavy metals in hair of wild canids from the Brazilian Cerrado. *Biological trace element research*, 147(1-3): 97-102.
- DE BARROS, K. M., SIQUEIRA, M. F., MARTIN, P., ESTEVES, C. & COUTO, H. T. 2010. Assessment of *Cerdocyon thous* distribution in an agricultural mosaic, southeastern Brazil. *Mammalia* 74:275-280.
- DE SOUSA, C. O., FREITAS, S. R., DIAS, A., GODOY, A. & METZGER, J. 2009. O papel das estradas na conservação da vegetação nativa no Estado de São Paulo. *Anais XIV Simpósio de Sensoriamento Remoto*, Natal, Brasil, INPE: 3087-3094.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. 2018. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/meio-ambiente/regularizacao-ambiental>. Acessado em 03/01/2018
- DEVELEY, P. F. & ENDRIGO, E. 2004. Aves da Grande São Paulo: guia de campo. *Aves e Fotos Editora*, São Paulo.
- DOS SANTOS, A. L., ROSA, C. A. & BAGER, A. 2012. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG-354, Sul de Minas Gerais - Brasil. *Biotemas*, 25(1): 73-79.
- DRUMOND, M. A., 1994. *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758 – tamanduá-bandeira. *Livro vermelho dos mamíferos brasileiros ameaçados de extinção*. Belo Horizonte: Biodiversitas. 460 pp.
- ERRITZOE, J., MAZGAJSKI, T. D. & REJT, L. 2003. Bird casualties on European roads - a review. *Acta Ornithologica* 38(2): 77-93.
- FAVARETO, A. 2006. Paradigmas do desenvolvimento rural em questão. *Dissertação para obtenção do título de doutorado*, Universidade de São Paulo. Ed. Iglu/Fapesp.
- FOLMER, O., BLACK, M., HOEH, W., LUTZ, R. & VRIJENHOEK, R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology Biotechnology*, 3(5):294-299.

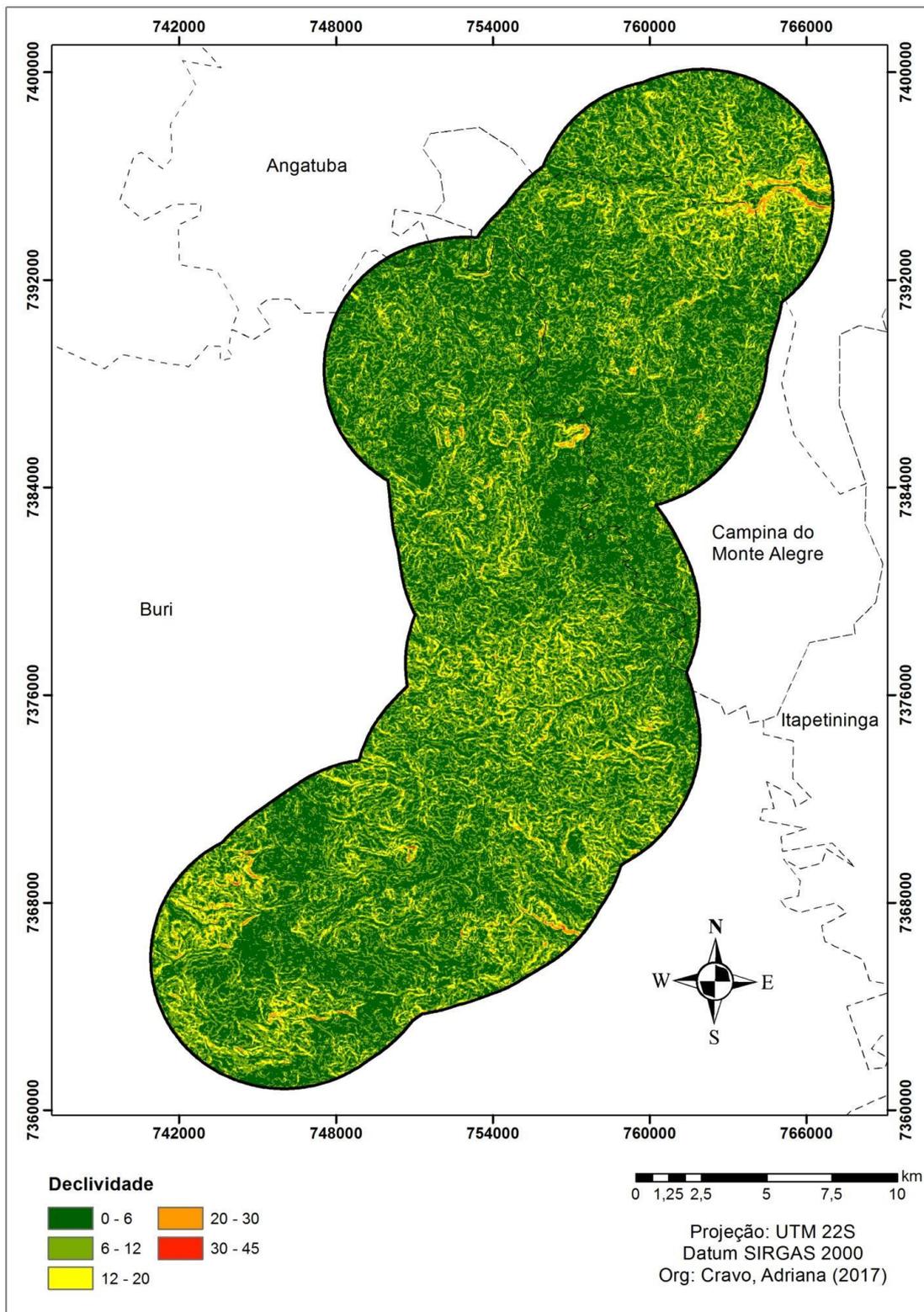
- FOPPEN, R. & REIJNEN, R. 1994. The effects of car traffic on breeding bird populations in woodland. II. Breeding dispersal of male willow warblers (*Phylloscopus trochilus*) in relation to the proximity of a highway. *Journal of Applied Ecology*, 95-101.
- FORMAN, R.T. 1995. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. *Cambridge: Cambridge University Press*
- FORMAN, R.T. 2003. Road Ecology: Science and Solutions. *Island Press*
- FORMAN, R. T. & DEBLINGER, R. D. 2000. The ecological road-effect zone of a Massachusetts (USA) suburban highway. *Conservation Biology* 14(1): 36-46.
- FORMAN, R.T., FRIEDMAN, D.S., FITZHENRY, D., MARTIN, J.D., CHEN, A.S. & ALEXANDER, L.E. 1997. Ecological effects of roads: Towards three summary indices and an overview for North America. *Proceedings of the international conference on "Habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering*, 21: 40-54.
- FRANKHAM, R. 1996. Relationship of genetic variation to population size in wildlife. *Conservation Biology* 10(6): 1500-1508.
- FREITAS, C. H. 2009. Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna. *Tese apresentada ao Instituto de Biociências do campus de São Claro, UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Dr. em zoologia*
- FREITAS, S. M., OLIVEIRA, A. N., CIOCHETI, G., VIEIRA, M. V. & MATOS, D. 2015. How landscape features influence road-kill of three species of mammals in the Brazilian savanna? *Oecologia Australis*, 18: 35-45.
- FREITAS, S. R; SOUSA, C. O & BUENO, C. 2013. Effects of landscape characteristics on roadkill of mammals, birds and reptiles in a highway crossing the Atlantic Forest in Southeastern Brazil. *Proceedings of the 2013 International Conference on Ecology and Transportation (ICOET)*
- GLISTA, D. J., DEVAULT, T. L. & DEWOODY, J. A. 2009. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, 91(1): 1-7.
- GRILO, C., CARDOSO, T., SOLAR, R. & BAGER, A. 2016. Do the size and shape of spatial units jeopardize the road mortality-risk factors estimates? *Natureza e Conservação* 14(1): 8-13.
- GRILO, C., ASCENSÃO, F., SANTOS-REIS, M., & BISSONETTE, J. A. 2011. Do well-connected landscapes promote road-related mortality? *European Journal of Wildlife Research*, 57(4): 707-716.
- GROSTEIN, M.D. 2001. Metr pole e expans o urbana: a persist ncia de processos "insustent veis". *S o Paulo em perspectiva*, 15(1): 13-9.
- GU, W., HEIKKIL , R. & HANSKI, I. 2002. Estimating the consequences of habitat fragmentation on extinction risk in dynamic landscapes. *Landscape ecology*, 17(8): 699-710.
- GUNDERSEN, H., & ANDREASSEN, H. P. 1998. The risk of moose *Alces alces* collision: A predictive logistic model for moose-train accidents. *Wildlife Biology*, 4(2), 103-110.
- HAJIBABAEI, M., SMITH, M.A., JANZEN, D., RODRIGUEZ, J., WHITFIELD, J. B. & HEBERT, P. 2006. A minimalist barcode can identify a specimen whose DNA is degraded. *Molecular Ecology Notes*, 6: 959–964.
- HARRIS, L.D. & GALLAGHER, P.B. 1989. New initiatives for wildlife conservation. The need for movement corridors. Anonymous *In defense of wildlife: Preserving communities and corridors*: 11-34. Washington.
- HEBERT, P. D., PENTON, E. H., BURNS, J. M., JANZEN, D. H., & HALLWACHS, W. 2004. Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(41): 14812-14817.
- HEBERT, P. D. & GREGORY, R. T. 2005. The Promise of DNA Barcoding for Taxonomy. *Systematic Biology*, 54(5): 852-859.
- HEBERT, P. D., RATNASINGHAM, S. & DEWAARD, J. R. 2003. Barcoding Animal Life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society*, 270: 96-99.
- HOBDAV, A. J. & MINSTRELL, M. L. 2004. Distribution and abundance of roadkill on Tasmania highways: human management options. *Wildlife Research* 35: 712-726.
- HUBBARD, M.W., DANIELSON, B.J. & SCHMITZ, R.A., 2000. Factors influencing the location of deer–vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64: 707–713.
- IB USP. 2018. Preserva o das esp cies e o tamanho populacional: quando oito n o s o o suficiente.

- Disponível em: <http://www.ib.usp.br/evosite/relevance/IIIAPreservation.shtml>. Acessado em 03/01/2018.
- IRWIN, D. M., KOCHER, T. D. & WILSON, A. C. 1991. Evolution of the cytochrome *b* gene of mammals. *Journal of Molecular Evolution*, 32: 128-144.
- JAEGER, J.A., BOWMAN, J., BRENNAN, J., FAHRIG, L., BERT, D., BOUCHARD, J., CHARBONNEAU, N., FRANK, K., GRUBER, B. & TOSCHANOWITZ, T. V. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. *Ecological Modeling*, 185: 329–348.
- JAREN, V., ANDERSEN, R., ULLEBERG, M., PEDERSEN, P.-H. & WISETH, B. 1991. Moose-train collisions: the effects of vegetation removal with a cost-benefit analysis. *Alces* 27: 93-99
- KANDA, L.L., FULLER, T. K. & SIEVERT, P.R. 2006. Landscape associations of road-killed Virginia opossums (*Didelphis virginiana*) in central Massachusetts. *American Midland Naturalist* 156: 128-134
- KLIPPEL, A. H.; OLIVEIRA, P. V.; BRITTO, K. B.; FREIRE, B.; MORENO, M.; DOS SANTOS, A. R.; BANHOS, A & PANETO, G. G. 2015. Using DNA Barcodes to identify road-killed animals in two atlantic forest nature reserves, Brazil. *PlosOne* 10(8): e0134877.
- KOCHER, T. D., THOMAS, W. K., MEYER, A., EDWARDS, S. V., PÄÄBO, S., VILLABLANCA, F. X. & WILSON, A. C. 1989. Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 86: 6196-6200.
- KOCIOLEK, A.V., CLEVENGER, A.P., ST CLAIR, C.C. & PROPPE, D.S. 2011. Effects of road networks on bird populations. *Conservation Biology*, 25(2): 241-249.
- LANGLEY, R. L. 2005. Animal-related fatalities in the United States - an update. *Wilderness and Environmental Medicine* 16(2): 67-74.
- LAUXEN, M. S. 2012. A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: um guia de procedimentos para a tomada de decisão. *Trabalho apresentado para a obtenção de Certificado de Conclusão de Curso Pós-graduação Lato Sensu, em Diversidade e Conservação da Fauna*.
- LEAL, G. C., FARIAS, M. S. & ARAUJO, A. F. 2008. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. *QUALIT@S Revista Eletrônica*.ISSN 1677-4280, 7(1)
- LEMONS, F. G., AZEVEDO, F. C., BEISIEGEL, B. M. JORGE, R. P. PAULA, R. C. RODRIGUES, F. H. & RODRIGUES, L. A. 2013. Avaliação do risco de extinção da raposa do campo *Lycalopex vetulus* (Lund, 1842) no Brasil. *Biodiversidade brasileira* 3(1): 160-171.
- LEMONS, F.G., FACURE, K.G. & AZEVEDO, F.C. 2011. Comparative ecology of the hoary fox and the crab-eating fox in a fragmented landscape in the Cerrado biome at central Brazil. *Middle-Sized Carnivores in Agricultural landscapes*: 143-160. New York: Nova Science Publishers, Inc
- LYRA-JORGE, M. C., CIOCHETI, G. & PIVELLO, V. R. 2008. Carnivore mammals in a fragmented landscape in northeast of São Paulo State, Brazil. *Biodiversity and Conservation* 17:1573-1580.
- MALO, J.E., SUÁREZ, F. & DÍEZ, A. 2004. Can we mitigate animal–vehicle accidents using predictive models? *Journal of Applied Ecology* 41(4): 701–710.
- MCGREGOR, R. L., BENDER, D. J. & FAHRIG, L. 2008. Do small mammals avoid roads because of the traffic? *Journal of Applied Ecology* 45(1): 117-123.
- MCLAMB. 2011. Disponível em <http://www.ecology.com/2011/09/18/ecological-impact-industrial-revolution/> Acessado em 04/11/2017.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 1997. Resolução CONAMA 237/1997. Brasília, DF.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/biodiversidade/especies-ameacadas-de-extincao>. Acessado em 30/01/2018.
- MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA & COORDENAÇÃO GERAL DO MEIO AMBIENTE. 2012. Monitoramento e Mitigação de Atropelamento de Fauna. Coleção Estrada Verde, 1(3).
- MIRANDA, F., BERTASSONI, A. & ABBA, A.M. 2014. *Myrmecophaga tridactyla*. The IUCN Red List of Threatened Species 2014: e.T14224A47441961. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2014-1.RLTS.T14224A47441961.en>. Acessado em 12/01/2018

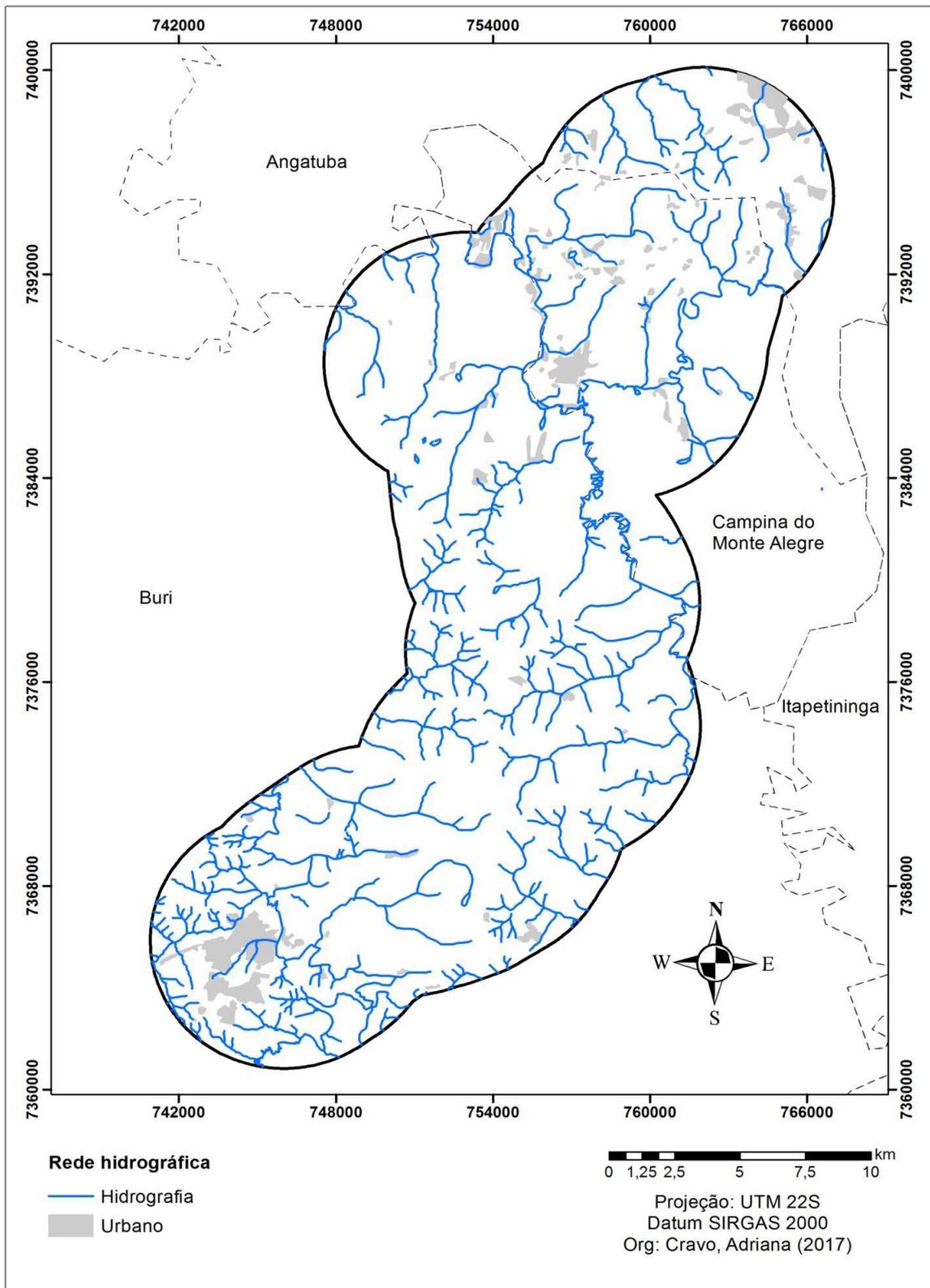
- MIRANDA, F., CHIARELLO, A., RÖHE, F., BRAGA, F.G., MOURÃO, G.M., MIRANDA, G.H, SILVA, K.F., FARIA-CORRÊA, M., VAZ, S.M. & BELENTANI, S.C. 2015. Avaliação do Risco de Extinção de *Myrmecophaga tridactyla* Linnaeus, 1758 no Brasil. Processo de avaliação do risco de extinção da fauna brasileira. ICMBio. <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/fauna-brasileira/lista-de-especies/7049-mamiferos-myrmecophaga-tridactyla-tamandua-bandeira.html>. Acessado em 12/01/2018
- MITCHELL, A. 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis*. ESRI Press (2)
- MOORE, L .A. 2007. Population ecology of the southern cassowary, *Casuarius casuarius johnsonii*, Mission Beach, north Queensland. *Journal of Ornithology* 148(3): 357 –366
- MOORE, W. 1995. Inferring phylogenies from mtDNA variation: mitochondrial-gene trees versus nuclear-gene trees. *Evolution*, 49(4):718-726.
- MOREIRA, A. 2011. Frota de veículos cresce 119% em dez anos no Brasil aponta Denatran. Disponível em <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2011/02/frota-de-veiculos-cresce-119-em-dez-anos-no-brasil-aponta-denatran.html>>. Acessado em 30/10/2017.
- NEWELL, G. 1999. Australia’s tree-kangaroos: current issues in their conservation, *Biological Conservation*, 87(1): 1 –12
- OLIVEIRA, A. N. 2011. Padrões espacial e temporal do atropelamento de mamíferos em uma rodovia no Cerrado brasileiro. *Dissertação apresentada na Universidade Federal de São Carlos para obtenção do título de mestre em ecologia e recursos naturais*.
- O’NEILL, R.V., GARDNER, R.H. & TURNER, M.G. 1992. A hierarchical neutral model for landscape analysis. *Landscape Ecology*, 7(1): 55-61.
- PARRIS, K. M. & SCHNEIDER, A. 2008. Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society* 14(1): 29.
- PAULILLO, L. F., TORRES, I., MELÃO, M. G., FRANCO, F., FARIA, L., VIEIRA, M. & LAVORENTI, N. A. Proposta para implantação do campus rural Lagoa do Sino UFSCar. Disponível em http://www2.ufscar.br/documentos/projeto_lagoadosino.pdf Acessado em 10/08/2017.
- PERIS S. J. & PESCADOR M. 2004. Effects of traffic noise on passerine populations in Mediterranean wooded pastures. *Journal of Applied Acoustics*, 65: 357-366
- PERZ, S.G., WARREN, J.W., DAVID P. & KENNEDY, D.P. 2008. Contributions of racial-ethnic reclassification and demographic processes to indigenous population resurgence: the case of Brazil. *Latin American Research Review*, 42(3): 7-33
- PFEIFER I, KINDEL A, & COELHO, A. V. 2008. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54(4): 689-699
- PORTAL DA BIODIVERSIDADE, ICMBio. 2017. <https://portaldabiodiversidade.icmbio.gov.br/portal/>. Acessado em: 10/10/2017
- PRADA, C. D. 2004. Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. *Dissertação de mestrado - São Carlos-SP, Universidade Federal de São Carlos*, 129 pp.
- PRADO, T. R; ACHTSCHIN, F. A. & GUIMARÃES, Z. F. 2006. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Biological Sciences*, 28(3): 237-241.
- RAO, R.S & GIRISH, M.K. 2007. Road kills: assessing insect casualties using flagship taxa, *Current Science*: 830 – 837.
- RODRIGUEZ-CASTRO, K. G., CIOCHETI, G., RIBEIRO, J. W., RIBEIRO, M. C., GALETTI, J. R. 2017. Using DNA barcode to relate landscape attributes to small vertebrate roadkill. *Biodiversity Conservation*, doi 10.1007/s10531-017-1291-2
- RONDININI, C. & DONCASTER, C.P. 2002. Roads as barriers to movement for hedgehogs. *Functional Ecology*, 16: 504–509.
- ROSA, A. O & MAUHS, J. Atropelamento de animais silvestres na rodovia RS-040. 2004. Caderno de Pesquisa Série Biologia, Santa Cruz do Sul, 16(1): 35-42.
- ROSA, R., LIMA, S. C. & ASSUNÇÃO, W. L. 1991. Abordagem preliminar das condições climáticas em Uberlândia (MG). *Sociedade e Natureza*, 3: 91-108

- SÁNCHEZ, L. E. 2008. Avaliação de impacto ambiental: Conceitos e métodos. *São Paulo, Oficina de Textos*, 495p.
- SANET. A Spatial Analysis along Networks (Ver.4.1). *Atsu Okabe, Kei-ichi Okunuki and SANET Team*, Tokyo, Japan
- SANTOS, X., LORENTE, G. A., MONTORI, A., CARRETERO, M. A., FRANCH, M., GARRIGA, N. & RICHTER-BOIX, A. 2007. Evaluating factors affecting amphibian mortality on roads: the case of the common toad *Bufo bufo*, near a breeding place. *Animal Biodiversity Conservation*, 30(1): 97-104.
- SEILER, A. & HELLDIN, J. 2006. Mortality in wildlife due to transportation. *The ecology of transportation: Managing mobility for the environment*, Springer Netherlands, 165-169.
- SEILER, A. 2001. Ecological effects of roads - A review. *Uppsala, Department of Conservation Biology, Swedish University of Agricultural Sciences SLU*, 40p.
- SHINE, R., LEMASTER, M., WALL, M., LANGKILDE, T. & MASON, R. 2004. Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). *Ecology and Society*, 9(1).
- SILVA, J. A, APOLINÁRIO, M. O & LUZ, B. R. 2001. Efeitos da poluição sonora sobre o comportamento reprodutivo do canário doméstico (*Serinus canarius* L., Passeriformes: Fringillidae). *Revista Nordestina de Biologia*, 15(2): 3-10.
- SILVA, J.C. "A estratégia brasileira de privilegiar as rodovias em detrimento das ferrovias"; Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/geografia/por-que-brasil-adotou-utilizacao-das-rodovias-ao-inves-.htm>>. Acesso em 06/08/2017
- SIMONETTI, H. 2010. Estudo de impactos ambientais gerados pelas rodovias: sistematização do processo de elaboração de EIA/RIMA. *Trabalho de diplomação apresentado ao Dept. de Engenharia Civil da UFRGS para obtenção do título de engenheiro civil*.
- SMITH, M., POYARKOV, N.A. & HEBERT, P.D. 2008. DNA barcoding: CO1 DNA barcoding amphibians: take the chance, meet the challenge. *Molecular Ecology Resources*, 8(2): 235–246
- SPELLERBERG, I. F. 2002. Ecological effects of roads. *Enfield, USA, Science Publishers*, 251p.
- STOCKWELL, C.A., HENDRY, A.P. & KINNISON, M.T. 2003. Contemporary evolution meets conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(2): 94-101.
- STOECKLE, M. 2003. Taxonomy, DNA, and the bar code of life. *AIBS Bulletin*, 53(9): 796–797
- SULLIVAN, J. M. 2011. Trends and characteristics of animal-vehicle collisions in the United States. *Journal of Safety Research* 42(1): 9-16.
- SULLIVAN, T. L., A. E.WILLIAMS, T. A. MESSMER, L. A. HELLINGA, & S. Y. KYRYCHENKO. 2004. Effectiveness of temporary warning signs in reducing deer vehicle collisions during mule deer migrations. *Wildlife Society Bulletin*32: 907–915.
- TREVISAN, D. P. 2015. Análise das variáveis ambientais causadas pelas mudanças dos usos e cobertura da terra do município de São Carlos, São Paulo, Brasil. *Dissertação (Mestrado). São Carlos, Universidade Federal de São Carlos*.
- TURCI, L. C. & BERNARDE, P. S. 2009. Vertebrados atropelados na rodovia estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biotemas* 22(1): 121-127.
- VAN DER REE, R., SMITH, D. J. & GRILO, C. 2015. Handbook of Road Ecology. *John Wiley & Sons*.
- VAN LANGEVELDE, F., VAN DOOREMALEN, C. & JAARSMA, C. F. 2009. Traffic mortality and the role of minor roads. *Journal of Environmental Management* 90(1): 660- 667.
- WAY, J.M. 1977. Roadside verges and conservation in Britain: a review. *Biological Conservation*, 12(1): 65-74
- WHITTINGTON, J., ST. CLAIR, C.C. & MERCER, G. 2004. Path tortuosity and the permeability of roads and trails to wolf movement. *Ecology and Society*, 9(1).
- WIKIAVES. Disponível em: <<http://www.wikiaves.com.br/tiziu>>. Acessado em 12/01/2018

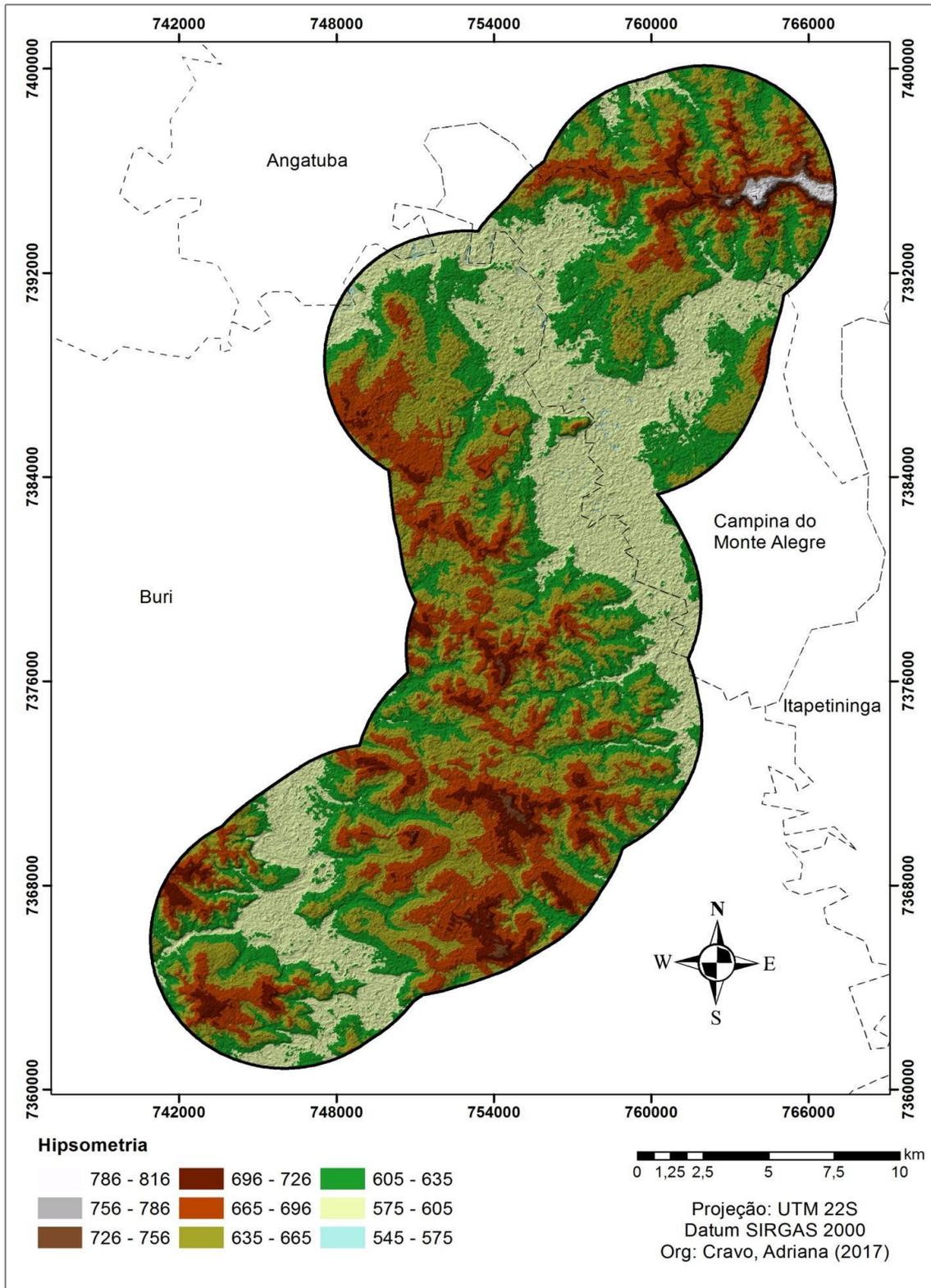
ANEXOS



Anexo 1: Declividade do trecho analisado no projeto, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais



Anexo 2: Hidrografia do trecho analisado no projeto, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais



Anexo 3: Hipsometria do trecho analisado no projeto, juntamente com a sua extensão da área de influência sobre as laterais

Anexo 4: Amostras identificadas através da técnica de *DNA barcoding*. A taxa de similaridade entre a sequência obtida e a presente no banco de dados do *GeneBank* variou entre as amostras. As amostras em negrito são aquelas que, além de mostrarem baixa similaridade, ainda foram similares a espécies que não correspondiam com a realidade. A amostra Mo9 foi identificada como uma ave exclusiva do hemisfério norte, não sendo possível ser encontrada na área de estudo, e a segunda opção mostrada foi aquela com 90% de similaridade (*Furnarius rufus*) e que é encontrada na área de estudo, a qual está indicada na tabela. Mo37 foi identificada como fungo, enquanto Mo110 como uma espécie de carrapato. Por fim, Mo155 foi identificada corretamente como serpente, porém uma espécie que também não é encontrada no Brasil. Assim, tais resultados foram descartados e foi mantida somente a indicação ao grupo que pertencem. As amostras Mo105, Mo102 e Mo157 apresentaram sequências de qualidade muito baixa e não foi possível analisá-las.

ID amostra	Gene	Espécie/gênero	Taxa Similaridade
ES12	COI	<i>Zenaida auriculata</i>	97%
Mo9	16S	<i>Furnarius rufus</i>	90%
Mo13	COI	<i>Megascops choliba</i>	100%
Mo35	COI	<i>Penelope obscura</i>	99%
Mo49	16S	<i>Rhinella schneideri</i>	100%
Mo50	16S	<i>Volatinia jacarina</i>	100%
Mo60	16S	<i>Rhinella schneideri</i>	100%
Mo61	16S	<i>Rhinella schneideri</i>	100%
Mo62	16S	<i>Rhinella schneideri</i>	100%
Mo105	16S	<i>réptil</i>	-
Mo37	COI	<i>ave</i>	-
Mo44	COI	<i>Didelphis albiventris</i>	99%
Mo54	COI	<i>Crotalus durissus</i>	100%
Mo63	COI	<i>Ammodramus humeralis</i>	99%
Mo64	COI	<i>Crotalus durissus</i>	100%
Mo67	COI	<i>Volatinia jacarina</i>	100%

Mo92	COI	<i>Dasypus septemcintus</i>	99%
Mo94	COI	<i>Columbina talpacoti</i>	99%
Mo102	COI	<i>ave</i>	-
Mo104	COI	<i>Sporophila caerulescens</i>	99%
Mo106	COI	<i>Zenaida auriculata</i>	100%
Mo107	COI	<i>Myiarchus swainsoni</i>	99%
Mo110	COI	<i>ave</i>	-
Mo112	COI	<i>Zenaida auriculata</i>	100%
Mo115	COI	<i>Zenaida auriculata</i>	100%
Mo117	COI	<i>Dasypus septemcintus</i>	94%
Mo125	COI	<i>Sicalis flaveola</i>	99%
Mo130	COI	<i>Zenaida auriculata</i>	100%
Mo133	COI	<i>Cerdocyon thous</i>	96%
Mo136	COI	<i>Sporophila nigricollis</i>	99%
Mo144	COI	<i>Bothrops jararaca</i>	96%
Mo148	COI	<i>Bothrops jararaca</i>	96%
Mo155	COI	<i>serpente</i>	-
Mo157	COI	<i>serpente</i>	-

Aplicação dos resultados obtidos

1) Atividade de educação ambiental na EMEF Profa Alzira de Oliveira Garcia, Campina do Monte Alegre

Como parte do projeto, atendendo ao objetivo "Propor medidas de mitigação de atropelamento a partir dos resultados encontrados", foram realizados dois encontros de educação ambiental com os alunos das duas turmas de sexto ano da EMEF Profa Alzira de Oliveira Garcia, de Campina do Monte Alegre, realizados dias 23 e 24 de novembro de 2017. Os encontros tiveram duração, em média, de 1h30 cada um, devido a possibilidade de adaptação do cronograma escolar e da disponibilidade dos professores.

Antes das atividades, foi passado um questionário com três perguntas sobre conservação, e depois do encontro, o mesmo questionário foi entregue a fim de ver se houve maior compreensão sobre o tema. A fim de tornar o encontro mais interativo, os alunos formaram grupos entre si e foram propostas três atividades principais.

Questionário aplicado

- 1) Você sabe o que é conservação do ambiente? Se sim, explique com suas palavras
- 2) Mesmo que tenha respondido *Não* para a primeira pergunta, você saberia dar algum exemplo de conservação do ambiente que já tenha visto ou ouvido falar?
- 3) Você sabe dizer algum problema que ameace a conservação dos animais?

Foi visto que as crianças tiveram dificuldades em entender as perguntas, pois muitas responderam a mesma coisa para as questões 2 e 3. Algumas dessas respostas parecidas foram:

Questão 2:

- "Sim, a poluição, por exemplo, prejudica o meio ambiente"
- "Queimadas"
- "Um dia eu estava saindo de carro e um tamanduá estava na estrada e meu pai parou o carro e esperou o animal passar"
- "Atropelamento, desmatamento, caça"

Questão 3:

- "Sim, a caça que é ilegal, o atropelamento de bichos selvagens e expor os animais para vendas não permitidas"

- “Sim, as ameaças, caça ilegal e atropelamento”
- “Eu sei sobre a caça ilegal. Por exemplo, lá em casa, em um certo dia, escutamos um barulho alto de tiro perto de casa, saímos para ver e em um morro, na frente da minha casa, tinha um veado sendo perseguido por cinco cachorros. Então ouvimos outro tiro e do nada tudo se aquietou, então eu não sei se o veadinho morreu, mas 90% de chance que sim”
- “Não caçar ou fazer queimada”

Percebeu-se que muitos alunos confundiram exemplos de conservação com ameaças de conservação, mesmo que várias respostas tenham sido corretas, o que pode ter prejudicado a análise das respostas.

Primeira atividade

Na primeira delas, foram passadas quatro pequenos textos sobre problemas enfrentados pela fauna silvestre (abaixo). Após ler e discutir em grupo, os alunos deveriam apontar os problemas abordados e o grande tema que todas elas tinham em comum.

Reportagens trabalhadas durante a primeira atividade:

1) Lebres devastam plantações inteiras no Sul e Sudeste do Brasil

"A lebre europeia vem ganhando território pelo Brasil". Talvez por predação direta, talvez por passar doenças, ou por causa dos dois, a lebre ainda poderia causar o sumiço do tapiti (foto abaixo), coelho nativo brasileiro.



"Quando a lebre começou a invadir o Rio Grande do Sul, pensamos que poderia ser alimento para os poucos predadores que ainda existiam, já que as presas nativas estavam em declínio populacional".

Mas estudos de 15 anos mostraram que os carnívoros não se alimentam da lebre europeia, porque ela consegue fugir muito mais rápido do que eles.



2) Filhotes de macaco-prego são encontrados em ônibus

Os policiais prenderam um homem que levava os filhotes animais de Londrina (PR) até São Bernardo do Campo (SP), onde entregaria a uma pessoa na rodoviária.

Os animais foram levados para a Polícia Ambiental, onde serão avaliados por veterinários e depois devolvidos à natureza.



3) Tamanduá-mirim que andava pela rua é resgatado e levado para reserva

Um tamanduá-mirim que circulava pela cidade de Alta Floresta, foi resgatado nessa quinta-feira pelo Corpo de Bombeiros e solto em uma mata longe da cidade.

Os moradores viram o animal andando pelas ruas do bairro, correndo risco de ser atropelado, e ligaram para os bombeiros. O tamanduá foi deixado em uma reserva a 10 km da cidade de Alta Floresta.



4) Filhote de veado é resgatado por motorista em rodovia de Botucatu

Um filhote de veado-catingueiro foi resgatado na manhã de sexta-feira, em Botucatu (SP). O animal estava solto na estrada e uma motorista viu o filhote perdido e decidiu pegar para evitar que ele fosse atropelado. Os guardas foram chamados e encaminharam o veado para o veterinário. De acordo com o veterinário, o filhote está em boas condições de saúde. Provavelmente a mãe foi morta ou o animal se perdeu. Ele tem poucos meses de vida, então dificilmente estaria sozinho porque ainda é muito dependente da mãe"



Inicialmente, as crianças das duas turmas estavam mais reservadas e falando pouco. Por isso, foi proposto que a primeira atividade fosse discutida, primeiramente, dentro do grupo que eles mesmos escolheram, para que se sentissem a vontade entre si, para depois poder expor com toda a sala sobre o que conversaram. O resultado foi positivo, pois aos poucos eles se tornaram mais participativos, principalmente quando foram abordados os animais da região e situações que elas já haviam vivido ou visto.

As crianças perceberam rapidamente que todas as reportagens tratavam de perigos aos animais, e de “coisas erradas” que estavam acontecendo. Também comentaram sobre as pessoas citadas nas manchetes, que ajudaram, de algum modo, a salvar os animais retratados. Inicialmente, foi perguntado para cada grupo quais as conclusões que eles haviam chegado e o resumo das notícias, para só então comentar com a sala, para que eles não tivessem receio de expor a opinião por achar que a mesma poderia estar errada.

Após a discussão inicial sobre as ameaças à fauna e o tema da conservação, relacionado a todas as notícias, foi passado então para a *importância* da conservação, já conduzindo o olhar para a fauna brasileira encontrada na região.

Segunda atividade

A segunda atividade abordou a diferença entre animais silvestres e domésticos, e os animais selvagens da região. A princípio, foram mostradas algumas figuras (abaixo) de animais nativos do Brasil a fim de ver se sabiam diferenciar se eram selvagens ou domésticos e se tinham alguma ideia sobre qual animal era.

Figura 1: Espécies mostradas para a turma na segunda atividade, aqui, já com a respectiva identificação.



Depois da discussão em grupo, foram mostrados para toda a sala os nomes dos animais e algumas informações básicas sobre sua ecologia, como dieta e período de atividade.

Dois dos cinco grupos da primeira turma, e um dos cinco grupos da segunda acharam que tanto o *gato do mato pequeno* quanto o *gato palheiro* eram gatos domésticos, enquanto os outros 3 grupos da turma A e os outros quatro da turma B acharam que apenas o gato palheiro era doméstico, totalizando 100% das duas turmas que consideraram o palheiro animal doméstico. O cachorro do mato foi citado corretamente por alguns alunos, que inclusive falaram que já o haviam visto na região. Curiosamente, alguns alunos também acharam que o cachorro vinagre era um diabo da tasmânia, por já terem visto em desenhos e na internet.

Após essa atividade, as crianças foram estimuladas a indicar quais animais silvestres viviam na região, que elas já tinham visto ou ouvido falar. Foram indicados muito mais animais do que o esperado, desde cachorro do mato até tamanduá bandeira, gambá, veado, puma, tatu, “gatos

selvagens” e “lobo”. Após isso, foram mostrados algumas fotos de animais da região, todos já citados pelos alunos, mostrando que possuem bastante conhecimento da fauna da região. Foi então perguntado se eles sabiam que problemas esses animais enfrentavam e, novamente, as crianças citaram vários, principalmente desmatamento e caça. Nesse momento, também passaram a contar experiências pessoais de suas famílias ou de notícias que ficaram sabendo, gerando um momento muito enriquecedor e dinâmico para a atividade, em que ficaram livres para contar suas histórias. A maioria delas era sobre animais que haviam visto perto da cidade, ou de conhecidos que haviam caçado esses animais.

Terceira atividade

A partir das ameaças à fauna da região, foi introduzido o tema sobre seu atropelamento e o presente projeto. A explicação dada foi sucinta e de modo mais simples, para que as crianças pudessem entender. Detalhes como identificação genética e análises utilizadas não foram citados. Foram abordados alguns animais atropelados que eles conheciam e já haviam citado, como gambá e cachorro do mato, e os pontos onde houve maior taxa de atropelamento.



Figura 2: Figuras do projeto mostradas para a criança.

Após mostrar as Figuras e explicar o projeto, algumas crianças comentaram de situações em que viram animais serem atropelados, ou de experiências pessoais em que os próprios pais quase atropelaram algum animal na estrada.

Por fim, foi proposto que, dentro dos grupos, eles pensassem em possíveis soluções para diminuir os atropelamentos. Vários grupos pensaram nas mesmas coisas, como redobrar a atenção ao dirigir, colocar placa, semáforo, radares e lombadas nas rodovias, “não deixar o animal atravessar a rua”, fazer mais encontros de educação ambiental com a população e foi citado até planejamento financeiro para poder colocar em prática a solução que tivesse o melhor custo benefício. Quando questionadas se haviam entendido o objetivo do encontro, todas falaram que sim e que haviam gostado da abordagem e aprendido mais sobre a região em que moram.

Depois das atividades, houve um aumento visível nas respostas do questionário que citavam atropelamento como ameaça à fauna, indicando um entendimento do tema proposto e da sua influência sobre os animais da região.

Por fim, foi visto que, mesmo com uma curta duração, os encontros foram proveitosos, já que as duas salas participaram ativamente das atividades, dando seus relatos pessoais e ideias de como elas acreditavam que poderiam solucionar a situação. Também é importante ressaltar que os alunos tinham bastante conhecimento da região em que moravam, mesmo que não soubessem os nomes dos animais ou como aplicar o conhecimento.

2) Reunião com a prefeitura de Campina do Monte Alegre

A fim de implementar ações quanto aos resultados encontrados no projeto e gerar impactos positivos sobre a conservação da população de animais da região, foi proposto um projeto em parceria com a Prefeitura de Campina do Monte Alegre com o objetivo de intervir nos principais pontos de atropelamento. Inicialmente, foi feito contato com o DER (Departamento de Estradas e Rodagens) do estado, porém o mesmo avisou que dois dos três pontos citados não eram de sua responsabilidade e que já estavam sob a jurisdição do município de Campina do Monte Alegre, pois se encontravam nas duas extremidades da cidade. Foi feito então contato com o Secretário do Meio Ambiente e o Engenheiro Civil da Prefeitura por meio de uma reunião para apresentar os resultados obtidos no projeto e planejar quais medidas poderiam ser tomadas, em especial, quanto aos *hotspots* de atropelamentos.

Até o atual momento, os dados reunidos pelo projeto, incluindo localizações dos referidos *hotspots*, ainda estão sendo analisados pela prefeitura no sentido de avaliar qual seria a medida a ser tomada nos dois pontos assinalados. A proposta inicial é colocar placas grandes de aviso sobre atropelamento de fauna nos dois pontos da estrada, para que seja de fácil visualização para os motorista e gere maior atenção. Cabe ressaltar que em um destes pontos, já ocorreram graves acidentes com a população usuária, tendo caso de vítima fatal. Também é estudada a implantação de lombadas para provocar a diminuição da velocidades dos carros e, conseqüentemente, diminuir as taxas de atropelamentos nesses pontos. Tal medida porém, envolve um estudo maior do relevo das áreas e de um projeto técnico de engenharia, assim como arrecadação verba por parte da prefeitura.