



Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Centro Biomédico

Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Andréa Siqueira Carvalho

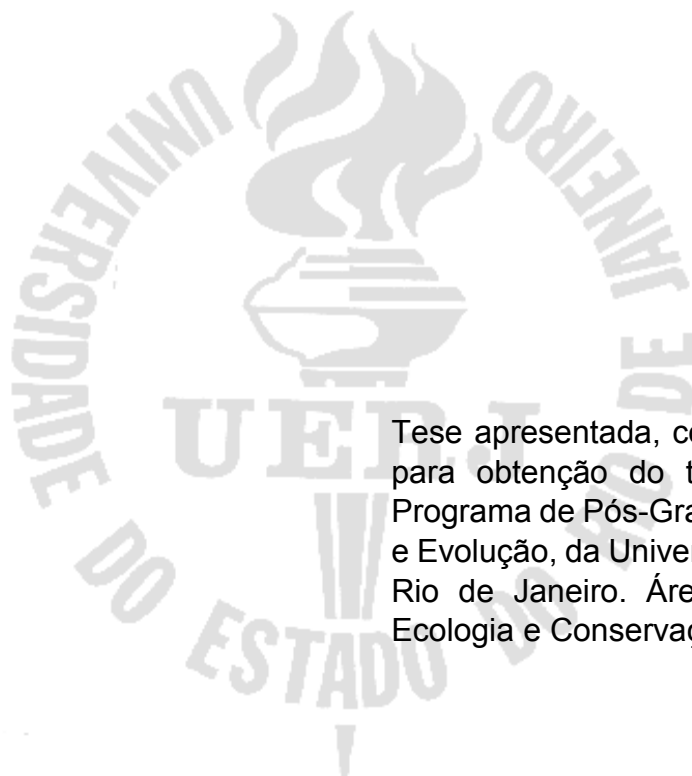
**Compreender para conservar: um estudo sobre os atropelamentos
de fauna na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil**

Rio de Janeiro

2015

Andréa Siqueira Carvalho

**Compreender para conservar: um estudo sobre os atropelamentos de fauna na
Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil**



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de doutor, ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ecologia e Conservação.

Orientadora: Prof.^a Dra. Helena de Godoy Bergallo

Coorientadora: Prof.^a Dra. Fernanda Martins Hatano

Rio de Janeiro

2015

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

C331 Carvalho, Andréa Siqueira.
 Compreender para conservar: um estudo sobre os atropelamentos de fauna
 na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil / Andréa Siqueira Carvalho. –
 2015.
 171f.: il.

 Orientadora: Helena de Godoy Bergallo.
 Coorientadora: Fernanda Martins Hatano.
 Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de
 Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

 1. Fauna - Carajás, Serra dos (PA) - Acidentes - Teses. 2. Fauna - Floresta
 Nacional de Carajás (PA) - Teses. 3. Biodiversidade - Conservação Carajás, Serra
 dos (PA) - Teses I. Bergallo, Helena de Godoy. II. Hatano, Fernanda Martins. III.
 Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara
 Gomes. IV. Título.

CDU 591.9(811.5)

Autorizo para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta
dissertação, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Andréa Siqueira Carvalho

**Compreender para conservar: um estudo sobre os atropelamentos de fauna na
Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil**

Tese apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de doutor, ao
Programa de Pós-Graduação em Ecologia
e Evolução, da Universidade do Estado do
Rio de Janeiro. Área de concentração:
Ecologia e Conservação.

Coorientadora:

Prof.^a Dra. Fernanda Martins Hatano
Universidade Federal Rural da Amazônia

Banca examinadora:

Prof.^a Dra. Helena de Godoy Bergallo (Orientadora)
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dra. Marinez Ferreira de Siqueira
Jardim Botânico do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Alexandra Pires Fernandez
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Prof. Dra. Flávia Souza Rocha
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2015

DEDICATÓRIA

À todos aqueles que se dedicam à luta pela conservação da biodiversidade.

E de forma muito especial...

Às minhas queridas filhas e companheiras: Helena e Beatriz.

Ao Frederico, meu eterno parceiro de jornada.

AGRADECIMENTOS

À Deus pelas oportunidades e pela maravilhosa e complexa teia da vida na qual estamos inseridos.

À minha orientadora Helena de Godoy Bergallo, pela amizade, os muitos ensinamentos e o grande apoio nos estudos para minha entrada na UFRA.

À toda equipe do Programa de Pós Graduação em Ecologia e Evolução da UERJ que contribuiu com qualidade e empenho para a minha formação profissional.

Aos professores Carlos Eduardo Grelle e à professora Maja Kajin que revisaram esse trabalho, pelas diversas contribuições.

Ao convênio Vale-UFRA que garantiu financeiramente esta pesquisa.

À equipe ICMBio/Carajás pelos diferentes apoios, viabilizando esta pesquisa.

À Fernanda Hatano, mentora desse projeto e responsável por essa empreitada.

À Francilma, minha fiel escudeira, que transitou em diferentes papéis dentro desse projeto e em todos eles, brilhou.

À UFRA-Campus de Parauapebas (alunos, técnicos, professores e especialmente nossa diretora, Kaliandra) que me ofereceram grande apoio durante esse doutorado.

À todos aqueles (motoristas e alunos da UFRA) que participaram dos 1020 dias de coleta de dados, acordando às 4 horas da manhã, trocando seus feriados e fins de semana pela viabilidade de uma pesquisa em prol da conservação.

À todos os muitos pesquisadores de diferentes áreas de conhecimento e alunos que contribuíram com a identificação das 3.629 carcaças de animais silvestres

Aos meus anfitriões Marília e Edson, que me proporcionaram permanência acolhedora e carinhosa no Rio de Janeiro.

À minha mãezinha, por me fortalecer sempre e fazer acreditar que tudo era possível. Obrigada pelo amor e apoio incondicionais.

Ao meu querido Frederico, que de forma muito criativa inventou mil diferentes maneiras de me ajudar e tudo, claro, com muito amor e carinho.

E por fim, de forma muito especial, às minhas filhas, Helena e Beatriz, que participaram como nunca da construção dessa tese. Que nossos momentos distantes tenham fortalecido nossa união na luta pela conservação da biodiversidade.

A culpa é da mentalidade
Criada sobre a região...
...por que ninguém nos leva a sério?
Só o nosso minério.

Mosaico de Ravena

RESUMO

CARVALHO, Andréa Siqueira. *Compreender para conservar: um estudo sobre os atropelamentos de fauna na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil*. 2015. 171f.: il. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

As estradas apresentam um papel fundamental na organização e estruturação social, mas trazem consigo diversos impactos à fauna silvestre, especialmente a mortalidade dos vertebrados terrestres por atropelamentos. De acordo com nossa revisão bibliográfica, a produção de trabalhos com a temática de ecologia de estradas cresceu muito nos últimos 24 anos, em diversos países. Os vertebrados mais estudados são os mamíferos e a mitigação do atropelamento tem sido o objetivo principal de tais estudos. Nós coletamos 3629 carcaças de animais atropelados na Floresta Nacional (Flona) de Carajás, Sudeste do Pará, Amazônia brasileira. Entre os anos de 2008 e 2011, realizamos coletas diárias ao longo de um trecho de 67 km, no interior da Flona, em suas duas principais estradas: Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul. Os répteis e mamíferos foram os grupos mais atingidos, concentrando mais de 70% da fauna atropelada neste monitoramento, seguidos dos anfíbios e das aves com 16% e 13%, respectivamente. A taxa de atropelamento geral foi de 0,026 indivíduos/Km/dia, com uma média de atropelamento de 3,52/dia. Identificamos 11 espécies de anfíbios, 63 de répteis, 66 de aves e 66 de mamíferos, valores bastante expressivos quando comparados à riqueza local. Verificamos que o fluxo de veículos leves, o limite da velocidade, a estrutura das estradas (número de curvas, canaletas de escoamento de água) e a proximidade da vegetação tiveram uma relação significativa com o número de atropelamentos, bem como a pluviosidade, que influenciou nos atropelamentos de anfíbios e répteis. A distribuição espacial dos atropelamentos não foi aleatória e ao longo dos anos os *hotspots* de atropelamento variaram significativamente para o grupo das aves e dos anfíbios. Propomos como medidas de mitigação o uso de redutores de velocidade, a diminuição do limite de velocidade, manejo da vegetação de borda, medidas de educação ambiental e implementação de monitoramento.

Palavras-chave: Ecologia de estrada. *Hotspots*. Mitigação. Unidade de conservação

ABSTRACT

CARVALHO, Andréa Siqueira. *Understand to preserve: a study of wildlife road kill of Carajás Nacional Forest, Pará, Brazil*. 2015. 171f.: il. Tese (Doutorado em Ecologia e Evolução) - Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

The roads represent an important role in our society in many aspects, but they can create serious impacts to wildlife, especially when related to vertebrate road kills. According our review, road ecology studies have improved vastly in the last 24 years in several countries. Mammals are the most studied taxon with the mitigation strategies as the principal objective. Carajás Nacional Forest (CNF) is a protected area of the Brazilian Amazon, located in the State of Para with two roads (a total of 67 Km length) crossing the tropical rainforest. We collected 3,629 animal carcasses in the CNF roads between the years 2008 and 2011. Reptiles and mammals were the most affected groups, representing more than 70% of all road-kill events. Amphibians and birds represented 16% and 13%, respectively. The road-kill rate was 0.026 individuals/km/day, with an average of 3.52 events/day. We identified mortality events in 11 species of amphibians, 63 reptiles, 66 birds and 66 mammals, very expressive numbers when compared to the CNF species richness. We found a significant relation between the traffic of personal vehicles, the speed limit, the road structures (curves and water flow channels) and the proximity of the vegetation and the number of vertebrates run over. The rainfall influenced only the reptilian and amphibian events. The distribution of road kills had a significant spatial aggregation, therefore we identified the roadkill hotspots that varied significantly over the years, only in the case of birds and amphibians. We propose mitigation measures such as use of speed bumps, decrease of speed limits, edge vegetation management, environmental education measures and implementation of monitoring.

Keywords: Hotspots. Road ecology. Mitigation. Protected areas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1-	Mosaico de áreas protegidas de Carajás contendo unidades de conservação e Terra Indígena.....	24
Figura 2-	Minas em atividade e as estradas de acesso às mesmas localizadas no interior da Floresta nacional de Carajás.....	25
Figura 3-	A Estrada Raymundo Mascarenhas localizada no interior da Floresta Nacional de Carajás.....	26
Figura 4-	Artigos publicados sobre estudos das estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2013, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	31
Figura 5-	Distribuição por países em que foram realizados os estudos dos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	32
Figura 6-	Distribuição espacial dos locais de realização dos estudos sobre estradas e seus efeitos realizados no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	33
Figura 7-	Relação entre o número de publicações sobre estradas e os países com maior extensão da malha rodoviária.....	35
Figura 8-	Classes de vertebrados estudadas nos artigos sobre estradas e seus efeitos realizados no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	36
Figura 9-	Distribuição por temas abordados dos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	38

Figura 10-	Distribuição das medidas mitigatórias abordados pelos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	39
Figura 11-	Distribuição das publicações brasileiras sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.....	42
Figura 12-	Imagem satélite das Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul no interior da Floresta Nacional de Carajás.	47
Figura 13-	Registro e processamento de carcaças de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás.....	48
Figura 14-	Distribuição em classes da fauna atropelada nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul no interior da Floresta Nacional de Carajás em estudo realizado entre 2008 e 2011.....	51
Figura 15-	Curva do Coletor para estudo com fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, durante os anos de 2008 a 2011.....	52
Figura 16-	Espécies de anfíbios mais atropelados na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	70
Figura 17-	Espécies de aves mais atropeladas na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	71
Figura 18-	Espécies de aves mais atropeladas na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	73
Figura 19-	Espécies de mamíferos mais atropeladas na ERM, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	74

Figura 20-	Espécies de mamíferos mais atropeladas na EMA, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	75
Figura 21-	Distribuição dos mamíferos mais atropelados por ordem, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	76
Figura 22-	Horário de atividade dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	77
Figura 23-	Dieta dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	78
Figura 24-	Tipo de comportamento social dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	79
Figura 25-	Uso de estratos pelos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	80
Figura 26-	Distribuição da fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás por sexo e faixa etária, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	81
Figura 27-	Relação entre a massa corporal e o número de atropelamentos para os pequenos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	82
Figura 28-	Relação entre a massa corporal e o número de atropelamentos para os mamíferos de médio porte atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.....	83
Figura 29-	Placa de sinalização indicando limite de velocidade (A) e presença de curva para a direita (B) localizadas no Km 20 da estrada Raymundo Mascarenhas no interior da Floresta Nacional de Carajás.....	97

Figura 30-	Relação entre a pluviosidade e o número total de atropelamento da fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	99
Figura 31-	Relação entre a pluviosidade e o número de atropelamento para (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios na Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011	100
Figura 32-	Relação entre o fluxo de veículos e o número total de atropelamento de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	102
Figura 33-	Relação entre o fluxo de veículos leves e o número de animais atropelados para (A) mamíferos ($p= 0,031$) e (B) aves ($p=0,081$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	103
Figura 34-	Círculo de correlação: Projeção das variáveis suplementares para o primeiro e segundo Fatores.....	105
Figura 35-	Relação entre a parcial do número de anfíbios atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p= 0,030$), (B) Fator 2 ($p<0,001$) e (C) Fator 3 ($p=0,913$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	108
Figura 36-	Relação entre a parcial o número de répteis atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p<0,001$), (B) Fator 2 ($p=0,063$) e (C) Fator 3 ($p=0,984$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	109
Figura 37-	Relação entre a parcial do número de aves atropeladas e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p= 0,218$), (B) Fator 2 ($p=0,002$) e (C) Fator 3 ($p=0,088$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	110
Figura 38-	Relação entre a parcial do número de mamíferos atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p<0,001$), (B) Fator 2 ($p<0,001$) e (C) Fator 3 ($p=0,994$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	111

Figura 39-	Influência do limite de velocidade no número de atropelamentos nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul ($F=42,49$; $r=0,755$; $p<0,001$, ANOVA) na FLONA de Carajás, PA. As caixas representam 50% das observações, sendo que a linha central corresponde ao valor da mediana.....	112
Figura 40-	Distribuição dos eventos de atropelamento nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul para as quatro classes estudadas durante trabalho de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	125
Figura 41-	Distribuição do número de animais atropelados nas estradas Raymundo Mascarenhas (A) e Manganês do Azul (B) para mamíferos, aves, répteis e anfíbios na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	127
Figura 42-	Distribuição do número de eventos de atropelamento nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul concentrando os dados das quatro classes estudadas durante trabalho de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011.....	128
Figura 43-	Análise com a estatística K 2D de Ripley para todos as classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) atropelados na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	129
Figura 44-	Análise com a estatística K 2D de Ripley para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	130
Figura 45-	Análise 2D Hotspot Identification para todos as classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) de animais atropelados, acompanhada do limite de velocidade ao longo	

	da estrada, na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	132
Figura 46-	Análise 2D Hotspot Identification para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados, acompanhada do limite de velocidade ao longo da estrada, na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	133
Figura 47-	Análise 2D Hotspot Identification para os mamíferos em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	136
Figura 48-	Análise 2D Hotspot Identification para as aves em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	139
Figura 49-	Análise 2D Hotspot Identification para os répteis em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	141
Figura 50-	Análise 2D Hotspot Identification para os anfíbios em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	143

Figura 51-	Distribuição dos principais pontos de concentração de eventos de atropelamento selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatros classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) com dados dos três anos de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.....	149
------------	--	-----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Lista dos 10 países com maior extensão de malha rodoviária no mundo e seu respectivo percentual de pavimentação.....	34
Tabela 2-	Apresentação de artigos que mensuraram a perda da biodiversidade em suas respectivas localidades e classes afetada pelo atropelamento.....	41
Tabela 3-	Taxa de atropelamento nas Estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Estrada Manganês do Azul (EM), na Floresta Nacional de Carajás, para o monitoramento realizado com extensão percorrida de 268km e 134 km, entre os anos 2008 e 2011.....	52
Tabela 4 -	Espécies de anfíbios atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011.....	53
Tabela 5 -	Espécies de répteis atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011.....	55
Tabela 6 -	Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011.....	59
Tabela 7 -	Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011.....	65
Tabela 8 -	Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente a partir de análise de componente principal avaliando a influência de fatores ambientais e estruturais da estrada no número de atropelamentos de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás.....	104

Tabela 9 - Matriz de correlação entre as variáveis originais e os componentes principais, demonstrando a contribuição de cada variável a cada fator (1, 2 e 3)	105
Tabela 10 - Resultados da regressão múltipla entre o número de atropelados de anfíbios, répteis, aves e mamíferos com os três primeiros fatores da PCA.....	107
Tabela 11 - Número de registros de carcaças para todas as classes estudadas, com seus respectivos anos de coleta e turno de ocorrência do atropelamento entre os anos 2008 e 2011 na Floresta Nacional de Carajás.....	135
Tabela 12 - Taxa de atropelamento sob diferentes esforços ao longo dos três anos de estudo de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 a 2011.....	135
Tabela 13 - Comparação de dois esforços empregados ao longo do primeiro ano de monitoramento na distribuição dos quilômetros selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios), na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2009.....	145
Tabela 14 - Distribuição dos quilômetros selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios), ao longo dos três anos de monitoramento da fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos 2008 e 2011.....	148
Tabela 15- Análise pelo teste de Wilcoxon da diferença entre os quilômetros levantados com hotspots pelo programa Siriema, durante os anos de 2008 a 2011 para o monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás.....	150

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL	22
	A FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS	23
	REFERÊNCIAS	28
1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ESTRADAS E SEUS IMPACTOS: UMA REVISÃO	29
	INTRODUÇÃO	29
1.1	Metodologia	29
1.2	Países e datas das publicações	30
1.3	Vertebrados mais estudados	35
1.4	Temas abordados	36
1.5	Apontamentos	40
1.6	No Brasil	41
	REFERÊNCIAS	43
2	ATROPELAMENTOS NA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS: UMA AMOSTRAGEM DA PERDA DE ANIMAIS SILVESTRES	45
	INTRODUÇÃO	45
2.1	Objetivos	46
2.2	Material e métodos	47
2.3	Resultados	50
2.3.1	<u>Vertebrados atropelados na Floresta Nacional de Carajás</u>	53
2.3.2	<u>Espécies de animais mais afetados por atropelamento na Estrada Raymundo Mascarenhas e na Estrada Manganês do Azul</u>	70
2.3.2.1	Anfíbios	70
2.3.2.2	Aves	71
2.3.2.3	Répteis	72
2.3.2.4	Mamíferos	74
2.3.3	<u>Hábitos predominantes nas espécies de mamíferos atropeladas</u>	76
2.3.3.1	Horário de Atividade	77

2.3.3.2	Dieta	77
2.3.3.3	Comportamento Social	78
2.3.3.4	Uso de Estrato	79
2.3.4	<u>Sexo e faixa etária</u>	80
2.3.5	<u>Relação entre a massa corporal e os atropelamentos</u>	81
2.4	Discussão	83
	REFERÊNCIAS	91
3	CONHECENDO OS FATORES DE INFLUÊNCIA NO ATROPELAMENTO DA FAUNA SILVESTRE NA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS	95
	INTRODUÇÃO	95
3.1	Objetivos	96
3.2	Material e métodos	96
3.3	Resultados	99
3.3.1	<u>Atropelamentos x pluviosidade</u>	99
3.3.2	<u>Atropelamentos x fluxo de veículos</u>	101
3.3.3	<u>Atropelamentos x pluviosidade e fluxo de veículos</u>	102
3.3.4	<u>Relação entre os atropelamentos e as estruturas ambiental e da estrada</u>	103
3.3.5	<u>Atropelamentos x limites de velocidade</u>	112
3.4	Discussão	113
	REFERÊNCIAS	117
4	PERDENDO BIODIVERSIDADE EM ESTRADAS: QUAIS AS ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR ESSE IMPACTO?	120
	INTRODUÇÃO	120
4.1	Objetivos	121
4.2	Material e métodos	121
4.3	Resultados	124
4.3.1	<u>Distribuição espacial e agrupamentos dos atropelamentos</u>	124
4.3.2	<u>Os <i>hotspots</i> de atropelamento de fauna na Floresta Nacional de Carajás</u>	132
4.3.3	<u>O efeito da variação do esforço amostral na taxa de atropelamento (MI)</u>	135

4.3.4	<u>O efeito do esforço e da variação temporal na detecção de <i>hotspots</i></u>	136
4.3.5	<u>Medidas mitigatórias</u>	150
4.4	Discussão	151
	REFERÊNCIAS	156
	CONCLUSÃO FINAL	159
	APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem.	161
	APÊNDICE B - Estradas estudadas, onde o trecho entre a portaria e a mina de ferro corresponde à Estrada Raymundo Mascarenhas e o trecho entre a mina de ferro e a mina de manganês à Estrada Manganês do Azul.	169
	APÊNDICE C - Comportamento quanto à hora de atividade, tipo de alimentação, uso de estrato e social atribuídos aos pequenos mamíferos (roedores e marsupiais) encontrados na Floresta Nacional de Carajás.	170
	APÊNDICE D - Comportamento quanto à hora de atividade, tipo de alimentação, uso de estrato e social atribuídos aos médios e grandes mamíferos encontrados na Floresta Nacional de Carajás.	171

INTRODUÇÃO GERAL

As estradas têm sido consideradas um dos maiores fatores antrópicos responsáveis diretamente pela mortalidade de vertebrados terrestres em escala mundial (FORMAN & ALEXANDER, 1998). Associados a elas existem diversos impactos, diretos e indiretos, que vão desde a perda de habitat e modificação da paisagem pela implementação das mesmas (TROMBULAK & FRISSELL, 2000) até a efetiva morte dos animais causada por colisões com veículos.

A partir da década de 20, do século passado, foram realizados os primeiros estudos sobre as rodovias e seus impactos sobre a fauna (e.g. KOMARECK & WRIGHT, 1929; COTTAM, 1931). Os estudos iniciais tratavam muito de aspectos quantitativos da perda de animais por atropelamento.

Os impactos das estradas sobre a fauna silvestre são tão variados e intensos, que tal reconhecimento promoveu, especialmente nos últimos 10 anos, o aumento do número de estudos envolvendo a ecologia das estradas. Embora estes trabalhos tenham ganhado caráter mais abrangente com o passar dos anos, ainda nos dias de hoje, a maior parte deles, está associada às análises quantitativas e qualitativas da perda de biodiversidade.

O Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas apresenta uma estimativa de que mais de 15 animais morrem a cada segundo nas estradas brasileiras, o que gera uma perda anual de cerca de 475 milhões de animais silvestres (CBEE, 2015).

Acreditamos que estudos sobre a perda numérica da fauna por atropelamento seja importante, no entanto, eles não são suficientes para a compreensão das relações entre as estradas e a fauna silvestre (CLEVINGER et al. 2003). Precisamos conhecer melhor quais os fatores estão diretamente relacionados à intensificação dos atropelamentos, sejam eles estruturais ou ambientais.

Quanto mais abrangente for nossa compreensão das variáveis associadas aos atropelamentos de fauna, maior será nosso potencial de desenvolvimento de planos de ação que possam reverter a situação atual, que envolve grandes perdas anuais de animais por atropelamento. Além disso, precisamos de melhores planos de medidas mitigatórias para contrapor de maneira eficaz esse impacto.

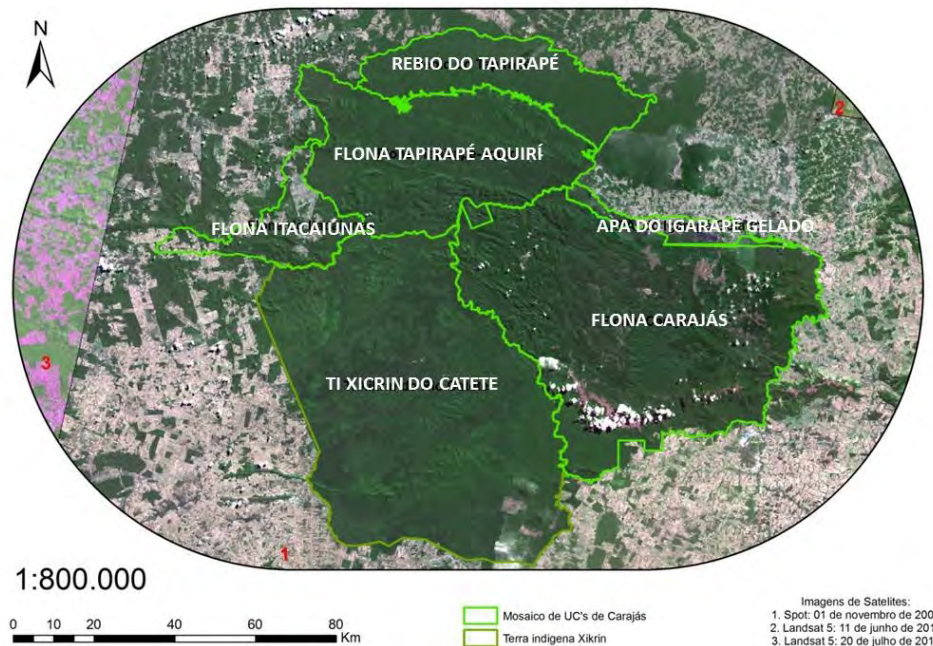
Perceber que esse impacto existe dentro de áreas legalmente reservadas à proteção ambiental (as unidades de conservação), parece ser um contrassenso. Na contramão de estudos (e.g. CRIST et al. 2005; GONZÁLEZ-GALLINA et al. 2013) que apontam a necessidade de grandes áreas sem estrada como uma prioridade para a conservação, existem casos como o da Floresta Nacional de Carajás, que por abrigar em seu interior uma grande província mineral, deve se adequar à criação de uma rede de estradas que viabilizem da melhor forma a exploração mineral em seu interior.

Com a intenção de reduzir a perda da biodiversidade da Floresta Nacional de Carajás, elaboramos essa tese em busca de conhecer melhor não só o impacto do atropelamento da fauna silvestre, como também os fatores que o influenciam, para subsidiar a construção de uma resposta a esse impacto.

A FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS

A Floresta Nacional de Carajás faz parte de um mosaico com seis áreas protegidas e um total de 1.307.000 hectares. São elas cinco unidades de conservação: uma Área de Proteção Ambiental - APA do Igarapé Gelado (21.600 ha), uma Reserva Biológica - Rebio do Tapirapé (103.000 ha) e três Florestas Nacionais, a FLONA Itacaiúnas (141.400 ha), a FLONA Tapirapé-Aquiri (190.000 ha) e a FLONA de Carajás (411.949 ha), além de uma terra indígena, a Reserva Xikrin do Cateté (439.000 ha) (Figura 1).

Figura 1 - Mosaico de áreas protegidas de Carajás contendo unidades de conservação e Terra Indígena.



Fonte: Arquivos ICMBio, 2012.

Em 2004, por meio de uma portaria foram criadas as Áreas Prioritárias para a Biodiversidade pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2004). O mosaico de Carajás está classificado como área de prioridade Extremamente Alta para a Conservação da Biodiversidade Brasileira pelo Projeto de Conservação e Utilização Sustentável de Diversidade Biológica Brasileira-PROBIO (MMA, 2003).

A Floresta Nacional de Carajás (FLONA de Carajás) possui uma área de 411.948,87 hectares e está localizada na Serra dos Carajás entre as coordenadas geográficas de 05°52' e 06°33' de latitude sul e 49°53' e 50°45' de longitude oeste (BRASIL, 1998). O interior dessa unidade de conservação abriga a maior província mineral de ferro do mundo (PLANO DE MANEJO, 2003). Essa unidade de conservação foi criada em fevereiro de 1998, onde, devido suas peculiaridades geológicas, são apresentados em seus objetivos o manejo, a pesquisa, a lavra, o beneficiamento, o transporte e a comercialização de recursos minerais. Atualmente, no interior da FLONA encontram-se em atividade de mineração a Mina de Manganês e a Mina de de Ferro (Figura 2). O presente trabalho foi desenvolvido ao longo da estrada de acesso às minas em atividade (trecho em vermelho na figura 2).

Figura 2 - Minas em atividade e as estradas de acesso às mesmas localizadas no interior da Floresta nacional de Carajás.



Legenda: Em vermelho, o trecho de estrada que foi monitorado.

Um dos impactos ambientais mais significativos em minerações de ferro está associado com as modificações da paisagem (MORAIS, 2009). Ao longo da estrada estudada podem ser observadas modificações na paisagem, especialmente ao final da Estrada Raymundo Mascarenhas, onde as margens florestadas (Figura 3-A) são substituídas pela cava da mina de ferro (Figura 3-B).

Figura 3 - A Estrada Raymundo Mascarenhas localizada no interior da Floresta Nacional de Carajás.



Legenda: (A) – Trecho asfaltado com cobertura vegetal nas margens; (B) – Vista da estrada no interior da mina de ferro.

Este trabalho foi desenvolvido no sentido de mitigar o impacto do atropelamento e proteger a biodiversidade associada à fauna silvestre no interior da Floresta Nacional de Carajás, sudeste do Pará, Brasil. Para isso, primeiramente realizamos uma revisão analisando as características das publicações acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre em um contexto mundial. A partir daí, realizamos diferentes etapas, distribuídas em quatro capítulos, são elas, respectivamente: 1) medimos quantitativa e qualitativamente a perda de vertebrados por atropelamento a partir de dados de monitoramento de fauna atropelada nas principais estradas da Unidade de Conservação, entre os anos de 2008 a 2011; 2) investigamos os principais fatores atrelados às características físicas, ambientais da estrada e antrópicas que influenciaram os eventos de atropelamento; 3) identificamos agregações significativas de atropelamentos e 4) apresentamos propostas de mitigação para os atropelamentos de fauna.

REFERÊNCIAS

CBEE- Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. 2015. Disponível em: <<http://cbee.ufla.br/portal/>>. Acesso em: 15 de janeiro de 2015.

CLEVENGER, A. P., CHRUSZCZ B., GUNSON, K., 2003. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109, 15-26.

COTTAM, C. 1931. Birds and motor cars in South Dakota. *The Wilson Bulletin* December 1931, p. 313-314.

CRIST, M.R., WILMER, B.O., APLET, G.H. 2005. *Assessing the value of roadless areas in a conservation reserve strategy: biodiversity and landscape connectivity in the northern Rockies*. *Journal Applied Ecology* 42:181–191.

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

GONZÁLEZ-GALLINA, A.; BENÍTEZ-BADILLO, G.; ROJAS-SOTO, O.R.; HIDALGO-MIHAR, M.G. 2013. The small, the forgotten and the dead: highway impact on vertebrates and its implications for mitigation strategies. *Biodiversity and Conservation*, 22(2): 325-342.

KOMARECK, E. V., WRIGHT, E. G. 1929. Bird casualties on the highways. *The Wilson Bulletin* June 1929, p.106.

TROMBULAK, S. C., FRISSELL, C. A. 2000. Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation Biology* 14:18-30.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DAS ESTRADAS E SEUS IMPACTOS: UMA REVISÃO

INTRODUÇÃO

As estradas apresentam um papel fundamental na organização e estruturação social em todo planeta. Segundo PERZ et al. (2008), as estradas são imprescindíveis no atual contexto socioeconômico em que se insere a grande maioria da população humana, por oferecer acesso a uma grande variedade de recursos e localidades. As rodovias estão entre as alterações mais impactantes das paisagens naturais, além de serem reconhecidas também como um dos principais fatores de degradação e ameaças à integridade das paisagens (FEARNSSIDE, 1987; BERGALLO et al. 2001; LAURANCE et al. 2002).

Dentre os impactos causados pelas estradas, ressaltamos como efeitos diretos sobre a fauna silvestre: a perda e modificação de habitat (TROMBULAK & FRISSELL, 2000), a alteração do comportamento animal (TIGAS et al. 2002), a fragmentação de habitat por formação de barreira (GOOSEM, 1997; TIGAS et al. 2002; LAURANCE et al. 2009, DUDANIEC et al. 2013), os distúrbios físicos, a poluição química, o efeito de borda, o impacto da presença humana, a invasão de espécies exóticas e os atropelamentos. Tais impactos possuem efeitos diretos e indiretos sobre a fauna, principalmente por causarem alteração do ambiente acarretando mudanças estruturais no habitat e no comportamento dos animais. Os impactos das estradas sobre a fauna silvestre merecem destaque, dada a sua amplitude e seus riscos potenciais à manutenção dos processos ecológicos.

Na presente revisão analisamos as características das publicações acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre, bem como discutimos sobre quais tem sido os principais enfoques desses estudos, com ênfase nas medidas de mitigação propostas.

1.1. Metodologia

Realizamos buscas em dois bancos de dados, revisando todas as informações sobre as estradas e seus efeitos contidas nas bases Scopus – <http://www.scopus.com/scopus/home.url>, acessada no dia 20/10/2014 e na base SCIELO – Scientific Eletronic Library Online – <http://www.scielo.org/php/index.php>, no

dia 22/10/2014. Para a busca, usamos as palavras Running over*, mortality road*, roadkill* considerando o título, o resumo ou palavras-chave. Realizamos uma triagem em todo o material obtido por meio da leitura dos artigos, selecionando aqueles que abordavam de alguma forma a ecologia de estradas, o que inclui todos os trabalhos que mencionam os efeitos das estradas em suas estruturas e tráfegos sobre a comunidade ali estabelecida e a paisagem. Dessa forma, foram considerados não apenas os artigos que tratam da mortalidade da fauna por atropelamento (impacto mais evidente), mas também todos aqueles que estudam os efeitos diretos e indiretos das estradas sobre as populações.

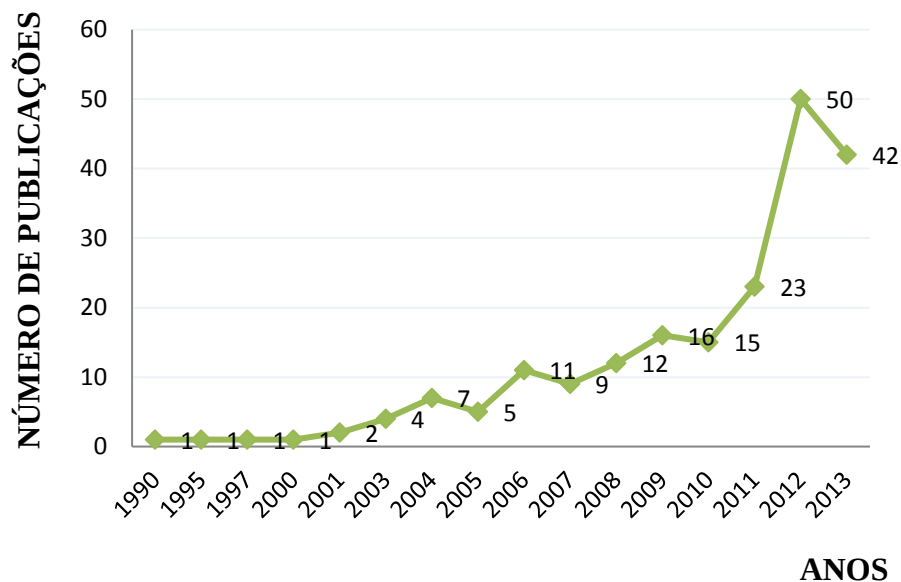
Para conhecer as tendências das publicações, os artigos foram agrupados por ano de publicação, países de realização do estudo, classes de vertebrados estudadas e suas diferentes abordagens. Também foi verificado se as áreas onde ocorreram tais estudos eram unidades de conservação. Para aqueles que propuseram medidas de mitigação, identificamos quais foram elas.

Usamos uma regressão linear para testar se existe relação entre o número de publicações e o tamanho da malha rodoviária para os dez países com maior extensão de estradas.

1.2. Países e datas das publicações

Ao todo revisamos 217 artigos sobre as estradas e seus efeitos (Apêndice A), que foram publicados entre 1990 e 2014. A distribuição desses artigos ao longo dos últimos 24 anos demonstrou uma forte tendência de aumento mundial dos estudos sobre as estradas e seus efeitos, e ainda, uma recente intensificação desses trabalhos (Figura 4). Para a representação gráfica usamos os dados até o ano de 2013, uma vez que parte das buscas foram realizadas durante o ano de 2014.

Figura 4 - Artigos publicados sobre estudos das estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2013, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.



Apenas três artigos foram publicados no século passado, todos na década de 90. Os demais foram produzidos nos últimos 14 anos com destaque para os últimos três anos, onde se concentraram 53% das publicações. Esses dados refletem o quanto é recente e está se intensificando o estudo das estradas e seus impactos.

Os estudos foram realizados em 38 diferentes países. O Brasil apresentou lugar de destaque, garantindo 4º lugar na produção de pesquisa sobre impacto das estradas (Figura 5). Em sua maioria (98%), as pesquisas foram realizadas por pesquisadores do próprio país.

Figura 5 - Distribuição por países em que foram realizados os estudos dos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.

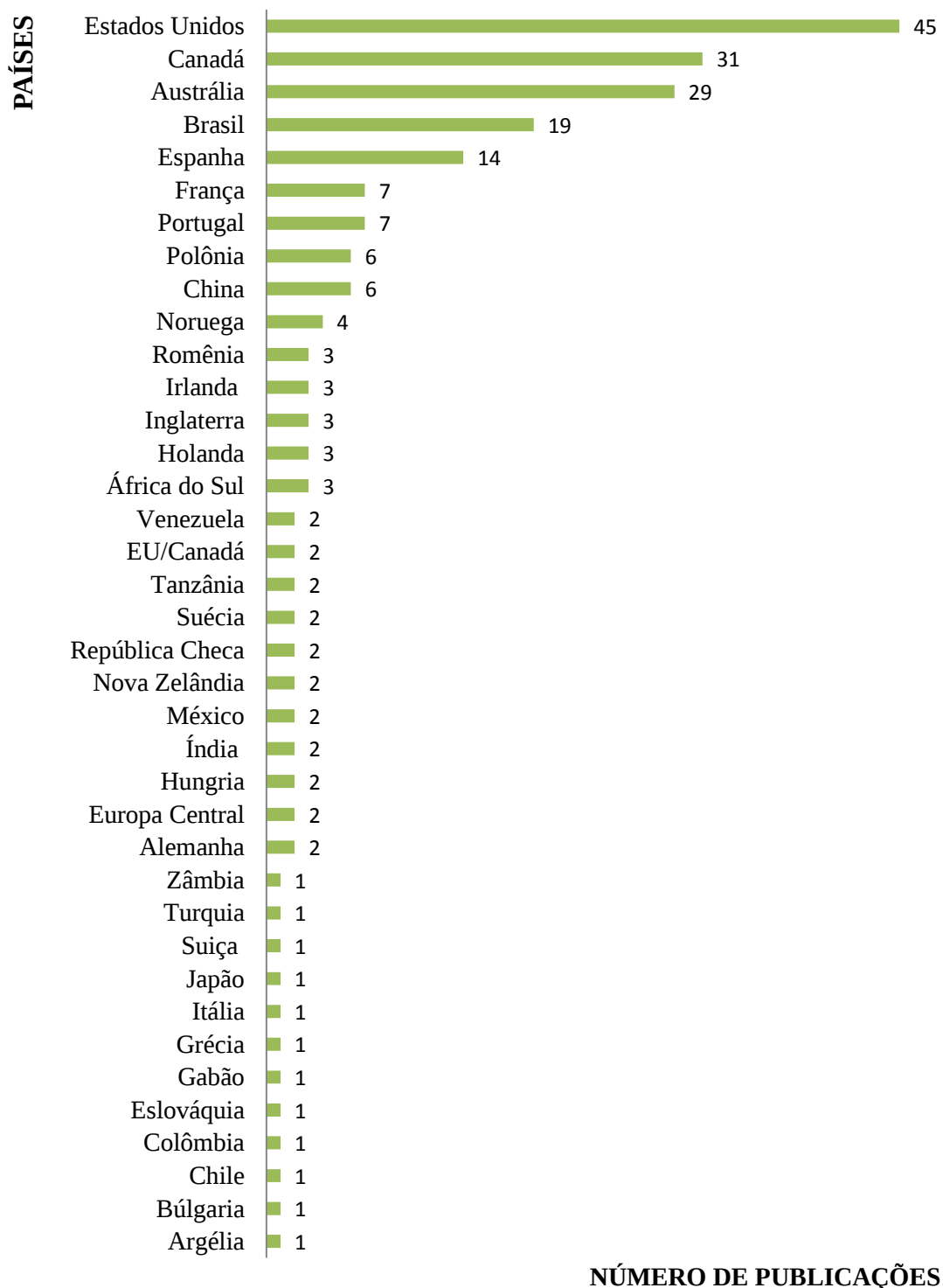
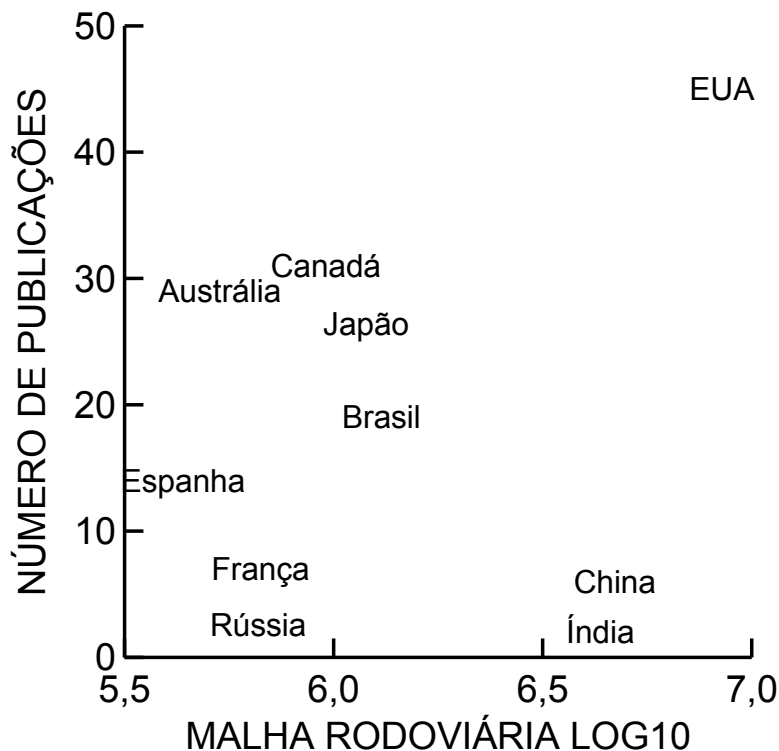


Tabela 1 - Lista dos 10 países com maior extensão de malha rodoviária no mundo e seu respectivo percentual de pavimentação.

Países	%pavimentado	Extensão da malha rodoviária em Km
Estados Unidos	65%	6.544.257
China	70%	3.456.999
Índia	47%	3.316.452
Brasil	6%	1.751.868
Canadá	40%	1.408.900
Japão	80%	1.196.999
França	100%	951.500
Rússia	80%	933.000
Austrália	(nd)	812.972
Espanha	99%	666.292

Fonte: World Bank, World Development Indicators 2009

Figura 7 – Relação entre o número de publicações sobre estradas e os países com maior extensão da malha rodoviária.

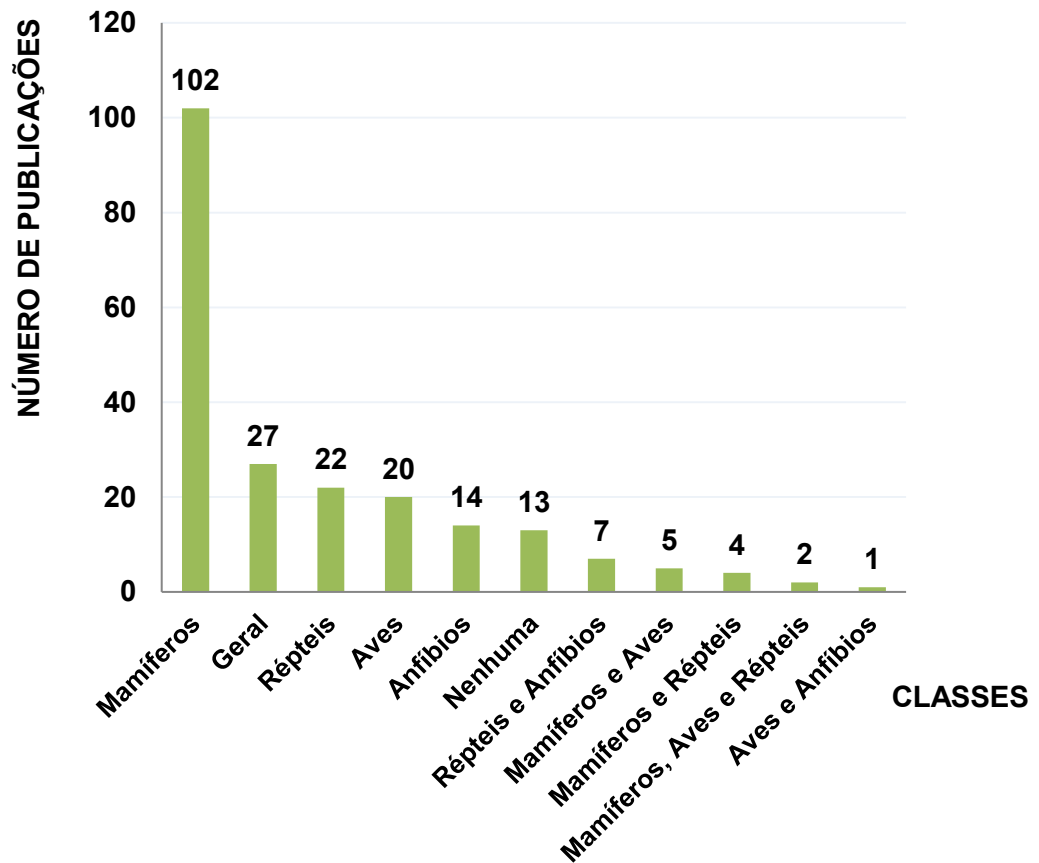


1.3. Vertebrados mais estudados

Os vertebrados mais estudados são os mamíferos. Quase metade de todos os estudos analisados (47%) são com coletas exclusivas de mamíferos. O segundo grupo mais estudado foi o dos répteis, com 10% de produção com coletas exclusivas para essa classe. Se considerarmos todas as categorias estabelecidas onde os mamíferos e répteis estiveram presentes, essas duas classes são muito representativas, estando presentes em 63 e 29% do total de artigos revisados, respectivamente. A segunda categoria mais representativa foi a geral, que incluiu as quatro classes (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), presente em 12% dessa revisão.

Contabilizando todas as publicações revisadas, inclusive as que consideramos como categoria geral, 49 artigos trabalharam com anfíbios, 55 com aves, 62 com répteis e 136 com mamíferos (Figura 8). Dentre as publicações, apenas 13 artigos não abordaram alguma classe de vertebrado, demonstrando claramente a tendência descritiva das publicações analisadas.

Figura 8 - Classes de vertebrados estudadas nos artigos sobre estradas e seus efeitos realizados no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.



1.4. Temas abordados

Os estudos das estradas e seus efeitos sobre a fauna no mundo possuem diferentes temas abordados (Figura 9), ressaltamos entre eles:

- 1- Efeito das estradas nas populações, onde são discutidos os impactos promovidos pelo efeito barreira das estradas e, principalmente, a perda de indivíduos atropelados na população. O efeito da morte dos animais sobre a população é avaliado sobre diferentes formas, principalmente, quanto à alteração da densidade e à perda da variabilidade genética.

2- Mitigação, tratando de propostas, ações ou avaliação de medidas implantadas que visem reduzir o número de animais atropelados. Alguns objetivam estabelecer modelos preditores de acidentes ou especificidades de grupos atingidos, sempre com o propósito de reduzir os riscos.

3- Mensuração de fauna perdida por atropelamento (riqueza e abundância), onde a fauna atropelada é quantificada e identificada em nível mais específico possível.

4- Identificação e caracterização de “*hotspots*”, locais com alta concentração de atropelamentos, quase sempre esses artigos trazem o levantamento de características físicas e ambientais da estrada associados a esses pontos. Muitas vezes procuram categorizar informações da paisagem como preditivos para a identificação dessas localidades.

5- Relação entre a estrada e o comportamento animal, onde acontece uma busca das alterações comportamentais promovidas pelas estradas e seus impactos diretos e indiretos.

Outros assuntos como o aproveitamento científico das carcaças, revisões sobre os efeitos da estrada e a problematização dos atropelamentos e o desenvolvimento de metodologias que norteiem o desenvolvimento de estudo dos impactos das estradas sobre a fauna silvestre, também foram encontrados com menor destaque.

Observamos que, especialmente nos últimos cinco anos, a produção de artigos, independentemente de sua abordagem central, substituiu o enfoque na mensuração da biodiversidade perdida e avançou rumo a duas fortes tendências. São elas a busca pela compreensão dos efeitos das estradas sobre as populações e a análise dos impactos em um contexto de paisagem, ambas no sentido da mitigação dos impactos promovidos pelas estradas.

Figura 9 - Distribuição por temas abordados dos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.

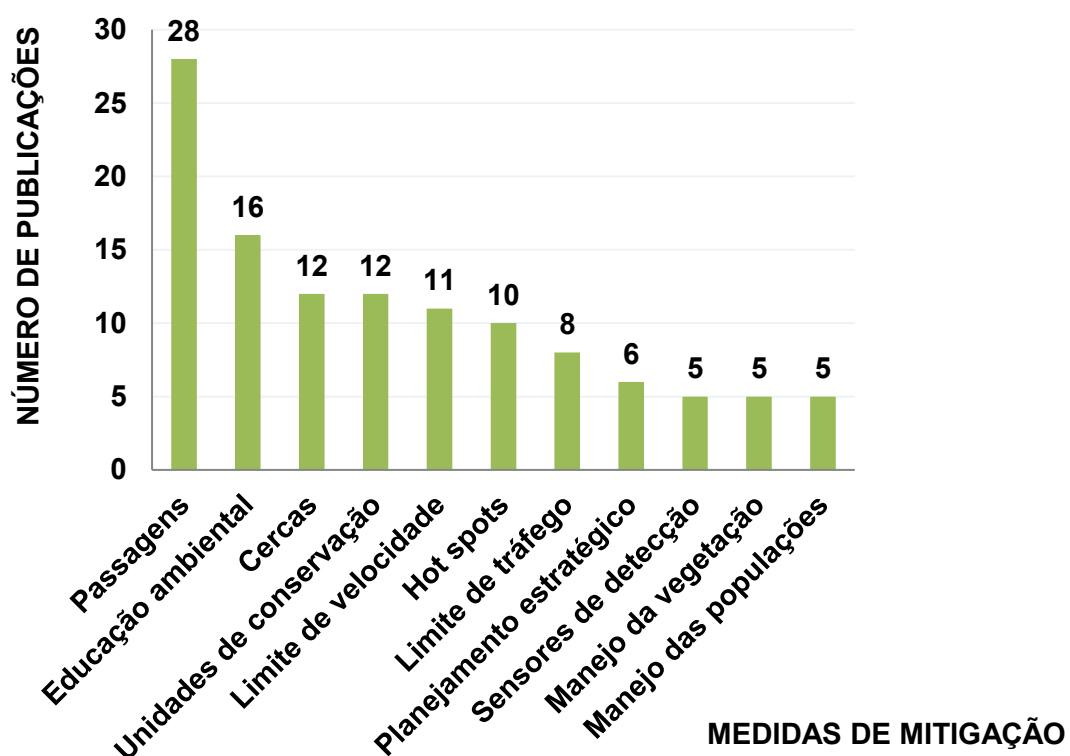


A mitigação da fauna atropelada parece ser o grande foco desses trabalhos, pois apesar de ser o segundo assunto mais abordado se mostra como o objetivo final de vários outros temas, tais como: Mensuração de fauna perdida por atropelamento, Identificação de “*hotspots*”, Efeito dos atropelamentos nas populações, Revisão sobre os efeitos das estradas, Desenvolvimento de metodologias e até mesmo a Relação das estradas com o comportamento animal. A mitigação permeia os estudos, sempre no sentido de buscar mais conhecimento sobre os impactos das estradas a fim de subsidiar a redução dos atropelamentos. A mitigação é mencionada de forma indireta em 80 artigos, o que somado aos 50 que a abordam como tema central, faz com que esteja presente em 57% dos artigos revisados.

Setenta e um artigos dentre os que abordam o tema mitigação descrevem, discutem e avaliam as medidas mitigatórias. Identificamos 11 tipos de medidas mitigatórias nestes trabalhos (Figura 10), dentre as quais as passagens e a educação ambiental foram as propostas mais usadas, sendo citadas por 28 e 16 artigos, respectivamente. A maior parte dos trabalhos abordou um conjunto de medidas de mitigação, devido principalmente aos dados publicados nos últimos 5 anos.

Interessante destacar duas medidas que surgem recentemente como proposições inovadoras para a mitigação dos impactos das estradas: o aumento de áreas protegidas (unidades de conservação) e o limite da velocidade estabelecido nas estradas.

Figura 10 - Distribuição das medidas mitigatórias abordadas pelos artigos publicados sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.



1.5. Apontamentos

A tendência de valorização do tema ecologia de estradas deve ser justificada pela grande perda da biodiversidade associada aos impactos que as estradas vêm causando. TROMBULAK & FRISSELL (2000) destacaram sete categorias de impacto das estradas sobre os ecossistemas: mortalidade durante a construção das estradas, mudança no comportamento dos animais, propagação de espécies exóticas, alteração do meio físico, alteração química do meio ambiente, alteração e utilização dos habitats por humanos e atropelamentos. Entendemos que de forma sintética, esses diferentes impactos podem ser compreendidos como uma restrição de habitat à vida silvestre. Seja por perda ou alteração do habitat, a fauna é obrigada a se adaptar a uma redução da sua potencial área de ocorrência. Dentre as categorias propostas, selecionamos o atropelamento como principal impacto de estradas para o desenvolvimento dessa tese.

Os atropelamentos parecem estar associados a muitos fatores, dentre eles destacamos o comportamento dos animais (e.g. DOWDING et al. 2010; WAGNER et al. 2011), a velocidade dos veículos (e.g. BARRIENTOS & BOLNIO, 2009; COLINO-RABANAL, 2011), a intensidade do tráfego (e.g. PARRIS & SCHNEIDER, 2009; LANGEVELDE, 2009) a sazonalidade (e.g. CLEVINGER et al. 2003; PRADO et al. 2006; SMITH-PATTEN & PATTEN, 2008; GURMIER-COSTA & SPERBER, 2009) e a paisagem (e.g. TROMBULAK & FISSELL, 2000; CLEVINGER et al. 2003).

A mortalidade por atropelamento afeta a fauna silvestre de forma desenfreada e pouco seletiva, atingindo os vertebrados terrestres em geral. Dentre os artigos que mensuraram numericamente a perda da fauna e trabalharam com pelo menos três grupos de vertebrados, selecionamos sete que apresentaram percentuais das perdas por classe (Tabela 2).

Tabela 2 – Apresentação de artigos que mensuraram a perda da biodiversidade em suas respectivas localidades e classes afetadas pelo atropelamento.

Referência	Localidade	Percentual de atropelados			
		Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios
Clevenger et al. 2003	Canadá	46	47	0	7
Prado et al. 2006 *	Brasil	34	48	10	8
Burgin et al. 2008	Austrália	50	50	0	0
Gumier-Costa & Sperber, 2009*	Brasil	63	12	25	SC
Baskaran & Boominathan, 2010*	Índia	18	7	22	53
Cunha et al. 2010	Brasil	86	11	3	SC
Borkovcová et al. 2012	República Theca	75	22	2	1
MÉDIA GERAL		53	28	8	13

Legenda: Os trabalhos em que não houve coleta de anfíbios apresentam a sigla SC (Sem coleta);
*Estudos realizados em áreas protegidas.

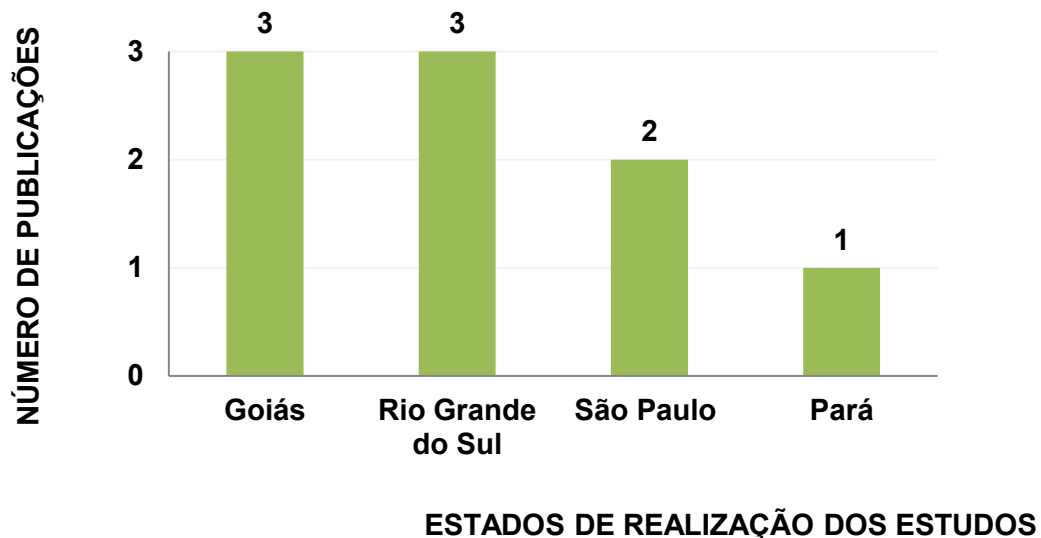
Os dados encontrados nos trabalhos apontam para uma alarmante perda da fauna silvestre pelos efeitos diretos (atropelamento) das estradas. Essa mortalidade se torna ainda mais preocupante ao demonstrar a fragilidade do que pensamos ser nossas reservas mundiais de biodiversidade. Dentre os trabalhos revisados, 24% (n=54) ocorreram no interior de unidades de conservação e quatro adjacentes a áreas de proteção (RAMP et al. 2005; FOUND & BOYCE, 2011; WAGNER et al. 2011; MCDONALD, 2012). Ao todo, quase um terço dos artigos revisados (30%) menciona uma preocupação com áreas protegidas, principalmente, no sentido de sugerir a aplicação de propostas de mitigação nessas áreas.

1.6. No Brasil

Dentre os trabalhos revisados, encontramos nove publicações no Brasil, das quais dois terços se concentraram nas regiões Sul e Centro-Oeste. A região Norte apresentou uma única publicação e o Nordeste, nenhuma. Os trabalhos se

distribuíram entre os estados de Goiás (3), Rio Grande do Sul (3), São Paulo (2) e Pará (1) (Figura 11).

Figura 11 - Distribuição das publicações brasileiras sobre estradas e seus efeitos no período de 1990 a 2014, obtidos por busca nas bases Scopus e Scientific Eletronic Library Online.



Os mamíferos foram o grupo de destaque dos artigos brasileiros, estando presentes em 100% dos trabalhos. Em mais da metade ($n=5$) das publicações essa classe foi estudada juntamente com as outras classes de vertebrados e em quatro trabalhos apareceram de forma exclusiva.

Interessante ressaltar que todos os artigos brasileiros foram realizados em áreas protegidas.

REFERÊNCIAS

- BARRIENTOS, R., BOLONIO, L., 2009. *The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality*. Biodiversity Conservation 18, 405-418.
- BASKARAN, N., BOOMINATHAN, D., 2010. *Road kill of animals by highway traffic in the tropical forests of Mudumalai Tiger Reserve, southern India*. Journal of Threatened Taxa 2 (3): 753-759.
- BERGALLO, H. G. & VERA Y CONDE, C. F. 2001. *O Parque Nacional do Iguaçu e a estrada do Colono*. Ciência Hoje, 29, 37-39.
- BORKOVCOVÁ, M., MRTKA, J., WINKLER, J., 2012. *Factors affecting mortality of vertebrates on the roads in the Czech Republic*. Transportation Research Part D 17, 66-72.
- BURGIN, S., BRAINWOOD, M.A., 2008. *Comparison of road kills in peri-urban and regional areas of New South Wales (Australia) and factors influencing death*. In: Too close for comfort: Contentious issues in human-wildlife encounters, Royal Zoological Society of New South Wales, pp. 137-144.
- CLEVENGER, A. P., CHRUSZCZ B., GUNSON, K., 2003. *Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations*. Biological Conservation 109, 15-26.
- COLINO-RABANAL, V.J., LIZANA, M., PERIS, S.J., 2011. *Factors influencing wolf Canis lupus roadkills in Northwest Spain*. European Journal of Wildlife Research 57, 399-409.
- CUNHA, H. F., MOREIRA, F. G. A., SILVA, S. S. 2010. *Roadkill of wild vertebrates along the GO-060 road between Goiânia and Iporá, Goiás State, Brazil*. Acta Scientiarum Biological Sciences. 32 (3), 257-263.
- DOWDING, C. V., HARRIS, S., POULTON, S., BAKER, P.J. 2010. *Nocturnal ranging behaviour of urban hedgehogs, Erinaceus europaeus in relation to risk and reward*. Animal Behaviour 80, 13-21.
- DUDANIEC, R.Y., RHODES J.R., WORTHINGTON, W.J., LYONS, M., LEE, K.E. 2013. *Using multi-level models to identify drivers of landscape genetic structure among management areas*. Mol Ecol 22: 3752–3765.
- FEARNSIDE, P.M. 1987. *Causes of deforestation in the Brazilian Amazon*. In: R.F. Dickinson (Ed.). The geophysiology of Amazonia: vegetation and climate interactions. pp. 37-61.
- FOUND, R., BOYCE, M.S., 2011. *Predicting deer-vehicle collisions in an urban area*. Journal of Environmental Management 92, pp. 2486–2493.
- GOOSEM, M. 1997. *Internal fragmentation: the effects of roads, highways, and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates*. In:

- LAURENCE WF, BIERREGAARD RO, editors. Tropical forest remnants Ecology, management, and conservation of fragmented communities. Chicago, USA: The University of Chicago Press. pp. 241–255.
- GURMIER-COSTA, F., SPERBER, C. F. 2009. *Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil*. Acta Amazônica 39 (2) 459-466.
- LANGEVELDE, F. V., DOOREMALEN, C. V., JAARSMA, C. F. 2009. *Traffic mortality and the role of minor roads*. Journal of Environmental Management 90, 660-667.
- LAURANCE, W.F., ALBERNAZ, A. K. M., SCHROTH, G., FEARNSIDE, P.M., BERGEN, S., VENTINCINQUE, E. M., COSTA, C. 2002. *Predictors of Deforestation in the Brazilian Amazon*. Journal of Biogeography 29, 737-748.
- LAURANCE, W.F., GOOSEM, M., LAURANCE, S. G. W. 2009. *Impacts of roads and linear clearings on tropical forests*. Trends in Ecology and Evolution. 24 (12): 659-669.
- MCDONALD, P.J., 2012. *Snakes on roads: An arid Australian perspective*. Journal of Arid Environments 79, 116-119.
- PARRIS, K. M., SCHNEIDER, A. 2009. *Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats*. Ecology and Society 14(1): 29.
- PERZ, S., BRILHANTE, B., BROWN, F., CALDAS, M., IKEDA, S., MENDONZA, E., OVERDEVEST, C., REIS, V., REYES, J. F., ROJAS, D., SCHMINK, M., SOUZA, C., WALKER, R. 2008. *Road building, land use and climate change: prospects for environmental governance in the Amazon*. Philosophical Transactions of Royal Society Biological Sciences. 363 (1498): 1889–1895.
- PRADO, T. R., FERREIRA, A. A., GUIMARÃES, Z. F. S., 2006. *Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados*. Acta Scientiarum Biological Sciences. 28 (3) 237-241.
- RAMP, D., CALDWELL, J., EDWARDS, K.A., WARTON, D., CROFT, D.B., 2005. *Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia*. Biological Conservation 126, 474-490.
- SMITH-PATTEN, B. D. & PATTEN, M. A. 2008. *Diversity, Seasonality, and context of Mammalian Roadkills in the Southern Plains*. Environmental Management 41:844-852.
- TIGAS L.A., Van V.D.H., SAUVAJOT R.M. 2002. *Behavioral responses of bobcats and coyotes to habitat fragmentation and corridors in an urban environment*. Biol Conserv 108: 299–306.
- TROMBULAK, S. C., FRISSELL, C. A. 2000. *Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities*. Conservation Biology 14:18-30.
- WAGNER, T., DIEFENBACH, D. R., CHRISTENSEN, S. A., NORTON, A. S. 2011. *Using Multilevel Models to Quantify Heterogeneity in Resource Selection*. The Journal of Wildlife Management 75(8):1788–1796.

ATROPELAMENTOS NA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS: UMA AMOSTRAGEM DA PERDA DE ANIMAIS SILVESTRES

INTRODUÇÃO

A destruição ou fragmentação de habitats causados pelo desenvolvimento econômico e modernização de uma determinada região é uma das principais ameaças à conservação, uma vez que acarreta o aumento do risco de extinção das espécies locais (SANTOS & CAVALCANTI, 2004; RODRIGUES, 2005). A construção de estradas e, especialmente, sua utilização são mecanismos de alto impacto negativo sobre a integridade da biota, devastando a cobertura vegetal, gerando efeito de borda e elevando o índice de mortalidade da fauna de vertebrados e invertebrados por atropelamento em processos de deslocamento desses animais nas rodovias (VIEIRA, 1996; PEÑA & DRUMOND, 1999; FERREIRA et al., 2004).

A mortalidade da fauna silvestre por atropelamento atingiu patamares mais elevados que a caça em países desenvolvidos (SEILER & HELDIN, 2006), sugerindo que tal fato possa ser estendido a países de grande biodiversidade e rápido desenvolvimento, como é o caso do Brasil que detém uma das maiores redes rodoviárias do mundo (IBRAM, 2012). Os atropelamentos são uma importante causa de mortalidade para várias espécies de animais silvestres em todo o mundo. No Brasil, são recentes e poucos os estudos sobre esse tema (PRADA, 2004). Os estudos são geralmente descritivos, resultando na maioria das vezes em listas de espécies atropeladas (BAGER & ROSA, 2011). Os estudos de fauna atropelada na Amazônia são raros (e.g. GURMIER-COSTA & SPERBER, 2009) quando comparados com as regiões sul, sudeste e central (e.g. PRADO et al. 2006; CÁCERES et al. 2010; LIMA et al. 2010; BAGER & ROSA, 2010; CUNHA et al. 2010; BAGER & ROSA, 2011), e mais escassos ainda quando se consideram aqueles desenvolvidos em unidades de conservação.

As Florestas Nacionais (Flona) são unidades de conservação de uso sustentável de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação. Nestas, a exploração do ambiente deve acontecer de maneira a garantir a perenidade dos recursos renováveis e dos processos ecológicos, mantendo a biodiversidade e os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável (BRASIL, 2000).

A Floresta Nacional de Carajás está localizada na região Norte do Brasil, no Estado do Pará, ocupando uma área total de 411.948,87 ha, e é considerada a maior província mineral de ferro do mundo. A mineração no local ocorre desde o ano de 1974, sendo responsável por um grande fluxo de veículos percorrendo diariamente as estradas no interior desta unidade (PLANO DE MANEJO, 2003). As estradas Raymundo Mascarenhas-ERM e Manganês do Azul-EMA que cortam a FLONA de Carajás em sua parte Norte, ligam, respectivamente, a cidade de Parauapebas à Mina de Ferro e de lá à portaria da Mina de Manganês. O impacto dessas estradas salta aos olhos, devido à presença diária de animais atropelados.

No presente capítulo, tivemos como objetivo realizar um levantamento quantitativo e qualitativo dos animais atropelados nas duas estradas que cortam o norte da Floresta Nacional de Carajás, a ERM e a EMA. Além disso, por entender que um conhecimento mais robusto sobre o comportamento dos animais afetados pelo atropelamento possa subsidiar a elaboração de medidas de mitigação, buscamos conhecer melhor os hábitos associados às espécies de mamíferos que são atropeladas na Floresta Nacional de Carajás.

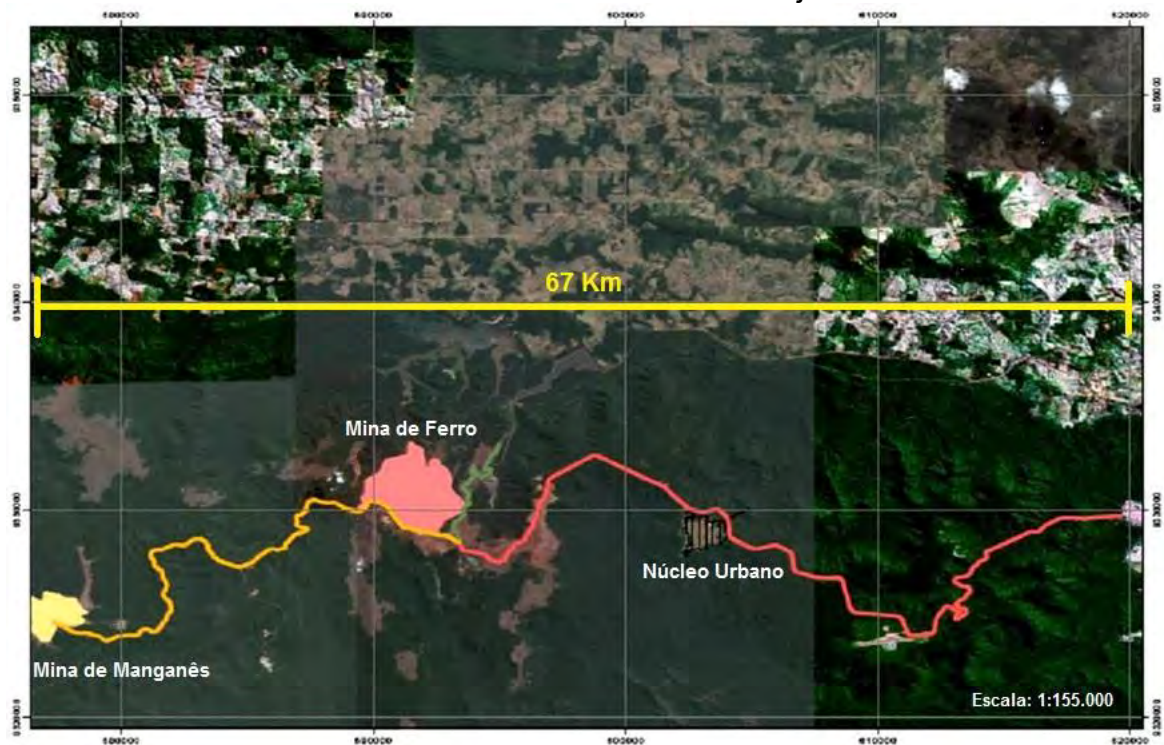
2.1. Objetivos

- a. Determinar a composição da fauna de vertebrados atropelados na Floresta Nacional de Carajás;
- b. Determinar as espécies de vertebrados com maiores índices de atropelamentos na Estrada Raymundo Mascarenhas e na Estrada do Manganês do Azul;
- c. Determinar o sexo e a faixa etária predominante entre as espécies de vertebrados atropelamentos na Floresta Nacional de Carajás;
- d. Identificar hábitos predominantes das espécies dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás quanto ao horário de atividade, dieta, comportamento social e uso de estrato;
- e. Verificar a relação entre a massa corporal e os atropelamentos para os mamíferos mais afetados;

2.2. Material e métodos

Este estudo de fauna atropelada aconteceu nas estradas Raymundo Mascarenhas (coordenadas entre 9329682.859; 619962.8071 e 9328609.815; 592985.4469) e Manganês do Azul (coordenadas entre 9328738.2114; 592505.5373 e 9323969.4034; 578818.4701) no interior da Floresta Nacional de Carajás (Figura 12), entre os dias 1 de dezembro de 2008 e 30 de novembro de 2011. A ERM corresponde ao trecho entre a portaria principal de acesso à flona e a mina de ferro e a EMA ao trecho entre a mina de ferro e a mina de Manganês (Apêndice B). As estradas são contínuas, sendo 43 km da primeira e 24 km da segunda, totalizando uma distância de 67 km coletor.

Figura 12 - Imagem de satélite das Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul no interior da Floresta Nacional de Carajás.



Legenda: Trecho da estrada em vermelho corresponde à Estrada Raymundo Mascarenhas e em laranja à Estrada Manganês do Azul. Extensão total correspondente a 67 km.

Fonte: Adaptado do Uso das Terras da CVRD. Base cartográfica do Brasil – IBGE, 2001.

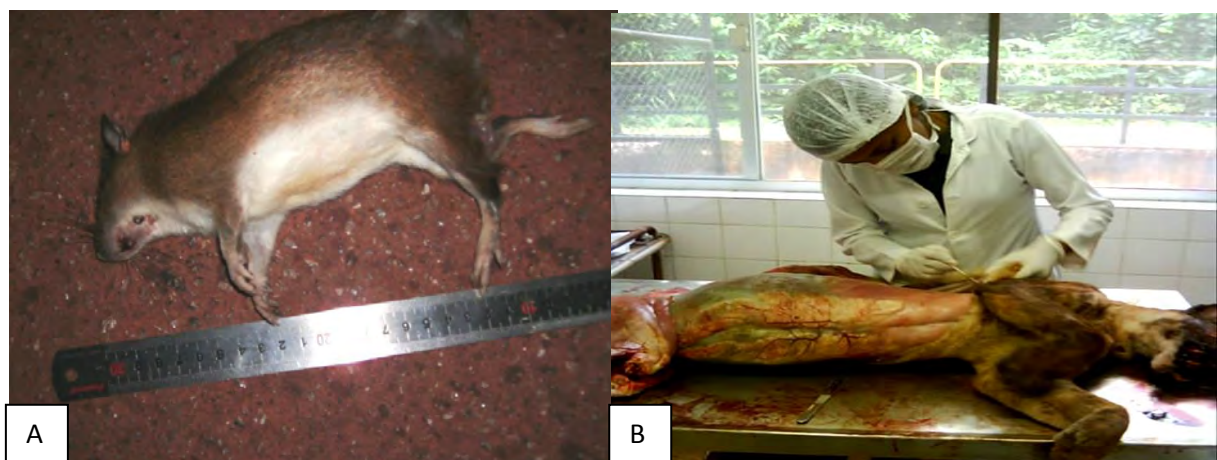
As carcaças dos animais atropelados foram recolhidas por um veículo, no qual o motorista esteve sempre acompanhado de pelo menos mais um observador. Durante as coletas, os trechos foram percorridos a uma velocidade que variou entre

40 a 60 km/h, duas vezes ao dia (alvorada e crepúsculo) de forma ininterrupta, incluindo finais de semana e feriados, totalizando um deslocamento de 268 km por dia. A partir do primeiro dia do mês de março de 2010 foi feito um ajuste na metodologia e o mesmo trecho passou a ser percorrido apenas uma vez ao dia (alvorada), totalizando um deslocamento de 134 km diários. A Estrada Raymundo Mascarenhas tem 43 km de extensão e a Estrada Manganês do Azul 24 km. As distâncias foram medidas com odômetro parcial do ponto de partida até o final do trecho estudado (portaria da Mina do Manganês do Azul). Não houve coleta de carcaças entre os dias 13 de abril e 21 de junho do ano de 2010.

Para cada indivíduo recolhido, foi feito o seu registro fotográfico (Figura 13 A), anotados o local (km), horário, data, condição do tempo (nublado, chuva ou sol), sentido (Parauapebas – Mina / Mina - Parauapebas), coletor e registro por numeração sequencial. Posteriormente, para cada animal recolhido, foi atribuída uma coordenada correspondente ao trecho onde ocorreu o atropelamento. As coordenadas foram estabelecidas a cada 500 metros pelo Sistema Universal Transversa de Mercator-UTM, Datum: WGS 1984 Zona 22S.

As carcaças recolhidas foram acondicionadas em sacos plásticos e transportados em uma caixa térmica para o Parque Zoobotânico Vale. Posteriormente foram feitas as identificações, biometria do animal com um paquímetro (precisão de 0,05 mm) e preparação de peles e ossos (Figura 13 B).

Figura 13 – Registro e processamento de carcaças de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás.



Legenda: (A) Registro fotográfico realizado durante o recolhimento de carcaças de um exemplar de *Proechimys* sp. e (B) Processamento de uma onça parda (*Puma concolor*), ambos atropelados na Estrada Raymundo.

As identificações prévias dos animais foram feitas por características externas ao nível taxonômico mais específico possível. Os répteis foram identificados com a ajuda da chave taxonômica de Peters & Orejas-Miranda (1970) e as descrições presentes em Cunha & Nascimento (1993), Martins & Oliveira (1998) e Vitt et al. (2008). Os anfíbios foram identificados com base na descrição de espécies em literatura especializada (BARTLETT & BARTLETT 2003; LIMA et al. 2006; RODRIGUEZ & DUELLMAN 1994). Os mamíferos foram identificados segundo taxonomia apresentada por Voss & Emmons (1996) e Reis et al. (2006), e as aves através dos guias de campo de Sigrist (2006; 2008; 2009). Os animais foram sexados e identificados quanto à faixa etária, quando o estado de conservação permitia. Sempre que necessário, fixamos o material com formol ou conservamos por congelamento até ser examinado por especialistas de cada grupo, que os identificaram posteriormente.

As carcaças recolhidas configuraram-se como material biológico para aproveitamento científico diverso. Houve inspeção para coleta de ectoparasitos, conteúdo estomacal e intestinal, preparação de peças anatômicas e montagem de animais taxidermizados. Todo o material foi encaminhado à Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Centro de Educação Ambiental da Parauapebas, com finalidade didática, mas principalmente usados em ações de educação ambiental. Os resultados da biometria e conteúdos estomacal e intestinal não foram objeto de estudo dessa tese.

Calculamos a taxa de atropelamento através do índice proposto pela Internacional Conference of Ecology and Transport – ICOET, sendo $MI = n/d/t$, onde n = número total de indivíduos; d = distância do trecho monitorado em Km; t = tempo de monitoramento em dias. Consideramos cinco taxas: 1) taxa geral: incluindo o atropelamento de todos os grupos estudados (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) ao longo das duas estradas; 2) Taxa ERM: incluindo animais atropelados apenas no trecho da estrada Raymundo Mascarenhas, considerando todos os grupos estudados; 3) Taxa EMA: incluindo animais atropelados apenas no trecho da estrada Manganês do Azul, considerando todos os grupos estudados; e utilizando apenas os dados dos mamíferos atropelados em cada uma das estradas separadamente, as taxas 4) Mamíferos (ERM) e 5) Mamíferos (EMA).

Para verificar os hábitos predominantes no comportamento das espécies de mamíferos que foram atropeladas na Floresta Nacional de Carajás, nós fizemos um

levantamento do tipo de hábitos atribuído à cada espécie quanto ao horário de atividade, dieta, comportamento social e uso de estrato. Os hábitos foram estabelecidos com base nos dados de literatura encontrados (VOSS & EMMONS, 1996; REIS et al. 2006; 2010). Verificamos também, na mesma literatura, o tipo de comportamento atribuído para todas as espécies de mamíferos encontradas na Floresta Nacional de Carajás, incluindo os pequenos mamíferos, com os roedores e marsupiais (Apêndice C) e os médios e grandes (Apêndice D). Para avaliar quantitativamente se algum hábito apresentou predomínio dentre o comportamento das espécies atropeladas, comparamos os comportamentos predominantes das espécies atropeladas com a distribuição esperada daquele comportamento para todas as espécies de mamíferos encontradas na Floresta Nacional de Carajás. Analisamos se o predomínio de comportamento entre as espécies atropeladas (observado) e a lista de espécies propostas para a região (esperado) foram significativas através de um teste qui-quadrado.

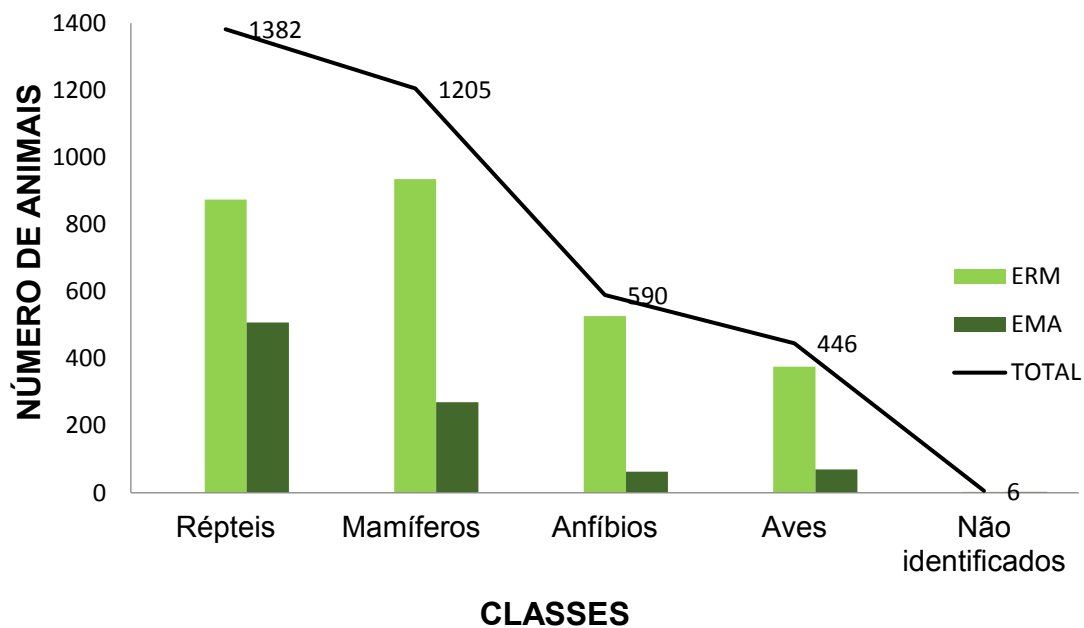
Nós usamos curvas de coletor para avaliar a suficiência amostral dos eventos de atropelamentos, considerando cada uma das classes estudadas nas duas estradas separadamente. Utilizamos a regressão linear simples para verificar a relação entre a massa corporal e o número de atropelamentos analisando separadamente os pequenos (considerando aqueles de até 1,5 kg) e os mamíferos de médio porte. Devido à grande discrepância entre a massa corporal dos médios e grandes mamíferos e pouca representatividade dos últimos (duas onças, um veado mateiro e uma anta), optamos por excluir os de grande porte dessa análise. Para a realização das análises estatísticas, usamos o programa Systat 13.

2.3. Resultados

Durante três anos de coleta de dados (de 2008 a 2011), em um total de 119.110 km percorridos na Estrada Raymundo Mascarenhas (ERM) e 66.480 km na Estrada Manganês do Azul (EMA), encontramos 3629 carcaças de animais atropelados no interior da Floresta Nacional de Carajás. Os répteis e mamíferos foram os grupos mais atingidos, concentrando mais de 70% da fauna atropelada neste monitoramento. A classe mais atingida foi a dos répteis com 1382 espécimes (38%), seguida dos mamíferos com 1205 (33%), dos anfíbios com 590 (16%) e das aves com 446 (13%). Em relação a distribuição das classes nas estradas Raymundo Mascarenhas e

Manganês do Azul, tivemos respectivamente 874 e 508 répteis; 935 e 270 mamíferos; 527 e 63 anfíbios; e 376 e 70 aves (Figura 14). Seis indivíduos atropelados (três em cada uma das estradas) não foram identificados, nem mesmo em nível de classe, devido às condições em que foram encontradas as carcaças.

Figura 14 - Distribuição em classes da fauna atropelada nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul no interior da Floresta Nacional de Carajás em estudo realizado entre 2008 e 2011.



A taxa de atropelamento (MI) geral foi de 0,026 indivíduos/Km/dia, com uma média de atropelamentos de 3,52/dia. Houve uma variação da taxa de atropelamento entre as duas estradas estudadas. A ERM (MI=0,030 indivíduos/Km/dia) apresentou uma taxa de atropelamento aproximadamente duas vezes maior que a EMN (MI=0,018 indivíduos/Km/dia) (Tabela 3).

Essa variação também se repetiu para a classe dos mamíferos, que apresentou MI=0,010 e MI=0,005 indivíduos/Km/dia, respectivamente, para as estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul.

Tabela 3 - Taxa de atropelamento nas Estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Estrada Manganês do Azul (EMA), na Floresta Nacional de Carajás, para o monitoramento realizado com extensão percorrida de 268km e 134 km, entre os anos 2008 e 2011.

	MI –Taxa de atropelamento (Indivíduos/Km/dia)
Geral	0,026
ERM	0,030
EMN	0,018
Mamíferos (ERM)	0,010
Mamíferos (EMA)	0,005

Quanto ao esforço empregado, verificamos que a curva do coletor atingiu estabilidade para a maioria dos grupos tanto na ERM (A) quanto na EMA (B) (Figura 15). Para os répteis e anfíbios, a estabilidade foi obtida após um ano de coleta, para os mamíferos, após dois anos e para aves, não parece ter se estabilizado.

Figura 15 - Curva do Coletor para estudo com fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, durante os anos de 2008 a 2011. (continua)

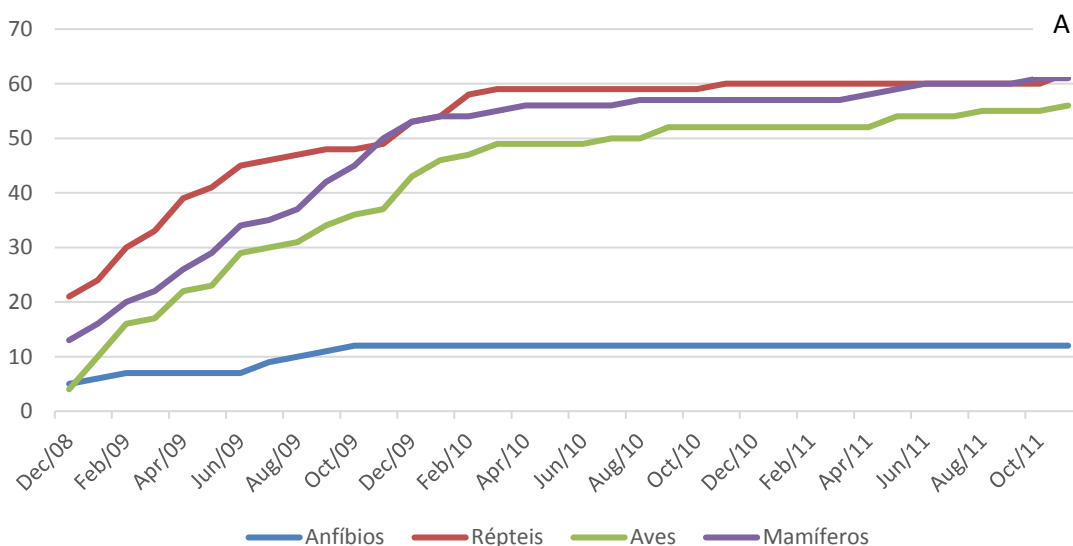
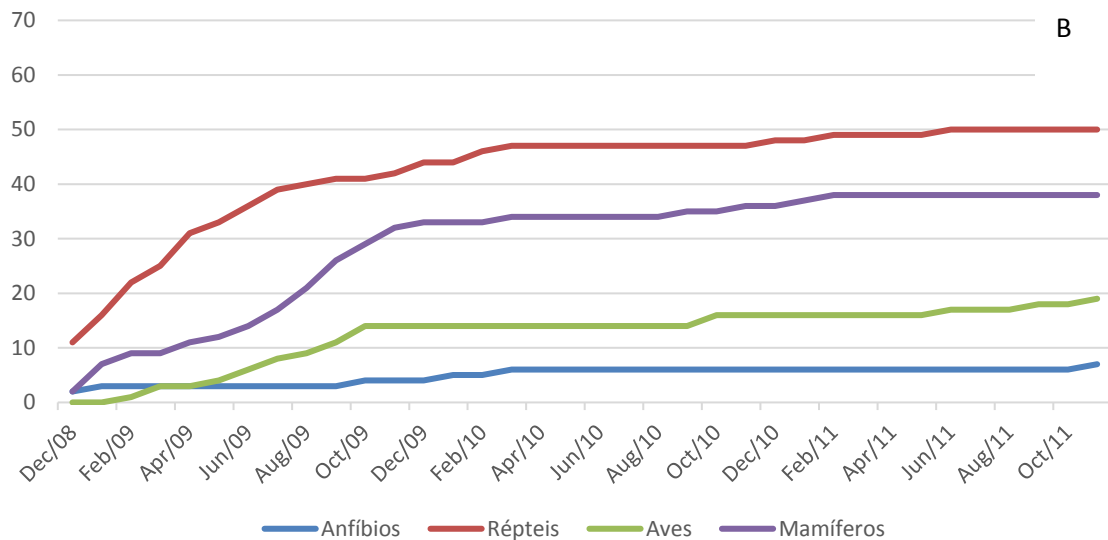


Figura 15 - Curva do Coletor para estudo com fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, durante os anos de 2008 a 2011. (conclusão)



Legenda: Estradas Raymundo Mascarenhas (A) e Manganês do Azul (B).

2.3.1. Vertebrados atropelados na Floresta Nacional de Carajás

A partir da análise das 3629 carcaças recolhidas, nós identificamos 11 espécies de anfíbios, 63 espécies de répteis, 66 espécies de aves e 66 espécies de mamíferos.

Quanto aos anfíbios, identificamos onze espécies distribuídas em cinco famílias de uma mesma ordem (Tabela 4).

Tabela 4 - Espécies de anfíbios atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
ANURA		
BUFONIDAE		
Não identificado*	2	0
<i>Rhaebo guttatus</i> (Schneider, 1799)	100	1

Tabela 4 - Espécies de anfíbios atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	284	43
<i>Rhinella granulosa</i> (Spix, 1824)	4	2
<i>Rhinella</i> sp.	6	0
HYLIDAE		
<i>Hypsiboas boans</i> (Linnaeus, 1758)	2	2
<i>Hypsiboas</i> sp.	2	0
<i>Phyllomedusa bicolor</i> (Boddaert, 1772)	2	0
<i>Phyllomedusa</i> sp.	8	1
<i>Osteocephalus</i> sp.	2	0
<i>Trachycephalus venulosus</i> (Laurenti, 1768)	5	2
LEPTODACTYLIDAE		
<i>Leptodactylus paraensis</i> Heyer 2005	3	0
<i>Leptodactylus pentadactylus</i> (Laurenti, 1768)	23	2
<i>Leptodactylus rhodomystax</i> (Günther, 1869 “1868”)	5	1
<i>Leptodactylus</i> sp.	16	0
MICROHYLIDAE		
<i>Ctenophryne geayi</i> Mocquard, 1904	1	0
STRABOMANTIDAE		
<i>Pristimantis fenestratus</i> (Steindachner, 1864)	1	0
NÃO IDENTIFICADOS	61	9
TOTAL	527	63

Legenda: * Indivíduos identificados quanto ao nível taxonômico de família.

Quanto aos répteis, identificamos 63 espécies distribuídas em 13 famílias e cinco ordens e subordens (Tabela 5).

Tabela 5 - Espécies de répteis atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (Continua)

Táxon (ORDEM/SUBORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
TESTUDINES		
TESTUDINIDAE		
<i>Chelonoidis carbonaria</i> (Spix, 1824)	3	2
AMPHISBAENIA		
AMPHISBAENIDAE		
<i>Amphisbaena alba</i> Linnaeus, 1758	11	2
<i>Amphisbaena amazonica</i> Vanzolini, 1951	7	1
<i>Amphisbaena fuliginosa</i> ¹ Linnaeus, 1758	0	2
SAURIA		
IGUANIDADE		
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	4	0
POLYCHROTIDADE		
<i>Polychrus marmoratus</i> (Linnaeus, 1758)	3	1
TEIIDAE		
<i>Ameiva ameiva</i> (Linnaeus, 1758)	6	2
<i>Tupinambis merianae</i> (Duméril & Bibron, 1839)	4	0
TROPIDURIDAE		
<i>Plica plica</i> (Linnaeus, 1758)	1	0
OPHIDIA		
ANILIIDAE		
<i>Anilius scytale</i> (Linnaeus, 1758)	22	16
BOIDAE		
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	27	5

Tabela 5 - Espécies de répteis atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM/SUBORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Corallus batesii</i> (Gray, 1860)	10	2
<i>Corallus hortulanus</i> (Linnaeus, 1758)	8	2
<i>Epicrates cenchria</i> (Linnaeus, 1758)	50	28
COLUBRIDAE		
Não identificado*	0	1
<i>Chironius carinatus</i> (Linnaeus, 1758)	10	6
<i>Chironius flavolineatus</i> (Boettger, 1885)	0	1
<i>Chironius fuscus</i> (Linnaeus, 1758)	12	10
<i>Chironius multiventris</i> Schmidt & Walker, 1943	1	0
<i>Chironius exoletus</i> (Linnaeus, 1758)		1
<i>Chironius</i> sp.	24	9
<i>Drymarchon corais</i> (Boie, 1827)	0	1
<i>Drymoluber dichrous</i> (Peters, 1863)	6	2
<i>Mastigodryas boddaerti</i> (Sentzen, 1796)	19	4
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler, 1824)	5	2
<i>Oxybelis fulgidus</i> (Daudin, 1803)	20	14
<i>Oxybelis</i> sp.	0	1
<i>Pseustes poecilonotus</i> (Günther, 1858)	1	0
<i>Pseustes sexcarinatus</i> (Wagler, 1824)	7	4
<i>Pseustes sulphureus</i> (Wagler, 1824)	14	11
<i>Pseustes</i> sp.	3	3
<i>Rhinobothryum lentiginosum</i> (Scopoli, 1785)	29	3
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	17	4
<i>Tantilla melanocephala</i> (Linnaeus, 1758)	1	1

Tabela 5 - Espécies de répteis atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM/SUBORDEM, FAMÍLIA, <i>espécie</i>)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
DISPSADIDAE		
Não identificado *	5	2
<i>Atractus albuquerquei</i> Cunha & Nascimento, 1983	4	8
<i>Clelia clelia</i> (Daudin, 1803)	14	7
<i>Dipsas catesbyi</i> (Sentzen, 1796)	18	15
<i>Dipsas indica</i> Laurenti, 1768	2	1
<i>Dipsas pavonina</i> Schlegel, 1837	1	1
<i>Dipsas variegata</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	7	1
<i>Dipsas</i> sp.	2	1
<i>Erythrolamprus aesculapii</i> (Linnaeus, 1766)	7	2
<i>Helicops angulatus</i> (Linnaeus, 1758)	0	1
<i>Hydrops</i> sp.	0	1
<i>Imantodes cenchoa</i> (Linnaeus, 1758)	7	5
<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus, 1758)	14	11
<i>Liophis typhlus</i> (Linnaeus, 1758)	1	0
<i>Liophis reginae</i> (Linnaeus, 1758)	1	0
<i>Liophis</i> sp.	2	8
<i>Oxyrhopus melanogenys</i> (Tschudi, 1845)	36	32
<i>Oxyrhopus petola</i> (Linnaeus, 1758)	25	18
<i>Oxyrhopus trigeminus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854	3	3
<i>Oxyrhopus</i> sp.	4	6
<i>Philodryas viridissima</i> (Linnaeus, 1758)	12	8
<i>Pseudoboa coronata</i> Schneider, 1801	22	10
<i>Pseudoboa nigra</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	1	2
<i>Pseudoboa</i> sp.	3	0
<i>Sibon nebulata</i> (Linnaeus, 1758)	0	1

Tabela 5 - Espécies de répteis atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

Táxon (ORDEM/SUBORDEM, FAMÍLIA, <i>espécie</i>)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Siphlophis cervinus</i> (Laurenti, 1768)	2	1
<i>Siphlophis compressus</i> (Daudin, 1803)	7	4
<i>Taeniophallus occipitalis</i> (Jan, 1863)	5	2
<i>Xenodon rabdocephalus</i> (Wied, 1824)	4	0
<i>Xenodon severus</i> (Linnaeus, 1758)	1	1
<i>Xenodon</i> sp.	2	0
<i>Xenopholis scalaris</i> (Wucherer, 1861)	1	0
ELAPIDAE		
<i>Micrurus hemprichii</i> (Jan, 1858)	1	3
<i>Micrurus paraensis</i> Cunha & Nascimento, 1973	1	0
<i>Micrurus spiix</i> Wagler, 1824	0	1
<i>Micrurus</i> sp.	1	0
VIPERIDAE		
<i>Bothriopsis bilineata</i> (Wied, 1825)	10	4
<i>Bothriopsis taeniata</i> (Wagler, 1824)	66	29
<i>Bothrops atrox</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
<i>Bothrops</i> sp.	2	0
<i>Lachesis muta</i> (Linnaeus, 1766)	11	10
CROCODYLIA		
CROCODYLIDAE		
<i>Caiman crocodilus</i> (Linnaeus, 1758)	3	0
<i>Paleosuchus trigonatus</i> (Schneider, 1801)	3	2
NÃO IDENTIFICADO	231	161

Legenda: *Indivíduos identificados quanto ao nível taxonômico de família. 1. Espécie sem ocorrência prevista para a região.

Quanto às aves, encontramos 66 espécies distribuídas em 27 famílias e 14 ordens (Tabela 6).

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
TINAMIFORMES		
TINAMIDAE		
Não identificado*	3	0
<i>Crypturellus strigulosus</i> (Temminck, 1815)	2	0
<i>Crypturellus parvirostris</i> (Wagler, 1827)	1	0
<i>Crypturellus obsoletus</i>	1	0
<i>Crypturellus</i> sp.	2	1
GALLIFORMES		
CRACIDAE		
Não identificado*	2	0
<i>Ortalis motmot</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
<i>Penelope superciliaris</i> Temminck, 1815	1	0
<i>Penelope</i> sp.	4	0
ODONTOPHORIDAE		
<i>Odontophorus gujanensis</i> (Gmelin, 1789)	11	2
CATHARTIFORMES		
CATHARTIDAE		
<i>Coragyps atratus</i> (Bechstein, 1793)	1	0
ACCIPITRIFORMES		
ACCIPITRIDAE		
Não identificado *	1	0

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Rupornis magnirostris</i> (Gmelin, 1788)	2	1
<i>Accipiter</i> sp.	0	1
FALCONIFORMES		
FALCONIDAE		
Não identificado *	0	2
<i>Daptrius ater</i> Vieillot, 1816	1	1
<i>Micrastur ruficollis</i> (Vieillot, 1817)	1	0
<i>Falco sparverius</i> Linnaeus, 1758	1	0
<i>Falco</i> sp.	2	0
GRUIFORMES		
RALLIDAE		
<i>Laterallus viridis</i> (Statius Muller, 1776)	1	0
<i>Laterallus exilis</i> (Temminck, 1831)	1	0
<i>Laterallus</i> sp.	1	0
COLUMBIFORMES		
COLUMBIDAE		
Não identificado*	3	0
<i>Columbina talpacoti</i> (Temminck, 1811)	1	0
<i>Leptotila rufaxilla</i> (Richard & Bernard, 1792)	2	1
<i>Geotrygon montana</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
OPISTHOCOMIFORMES		
OPISTHOCOMIDAE		
<i>Opisthocomus hoazin</i> (Statius Muller, 1776)	2	0

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
CUCULIFORMES		
CUCULIDAE		
<i>Coccyzina minuta</i> (Vieillot, 1817)	1	0
<i>Crotophaga ani</i> Linnaeus, 175	65	8
<i>Crotophaga major</i> Gmelin, 1788	9	0
<i>Crotophaga</i> sp.	7	1
<i>Dromococcyx pavoninus</i> Pelzeln, 1870	1	0
<i>Piaya cayana</i> (Linnaeus, 1766)	4	0
<i>Piaya</i> sp.	2	1
STRIGIFORMES		
TYTONIDAE		
<i>Tyto alba</i> (Scopoli, 1769)	10	3
STRIGIDAE		
<i>Pulsatrix perspicillata</i> (Latham, 1790)	1	0
<i>Megascops</i> sp.	0	3
CAPRIMULGIFORMES		
CAPRIMULGIDAE		
Não identificado *	4	2
<i>Antrostomus rufus</i> (Boddaert, 1783)	9	3
<i>Antrostomus sericocaudatus</i> Cassin, 1849	1	0
<i>Lurocalis semitorquatus</i> (Gmelin, 1789)	3	0
<i>Hydropsalis nigrescens</i> (Cabanis, 1848)	14	2
<i>Hydropsalis parvula</i> (Gould, 1837)	3	1
<i>Hydropsalis climacocerca</i> (Tschudi, 1844)	2	1

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Hydropsalis albicollis</i> (Gmelin, 1789)	12	3
<i>Nyctiphrynus ocellatus</i> (Tschudi, 1844)	1	0
CORACIIFORMES		
ALCEDINIDAE		
<i>Chloroceryle</i> sp.	1	0
MOMOTIDAE		
<i>Momotus momota</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
PICIFORMES		
GALBULIDAE		
<i>Galbula cyanicollis</i> Cassin, 1851	1	0
RAMPHASTIDAE		
<i>Selenidera gouldii</i> (Natterer, 1837)	1	0
<i>Pteroglossus aracari</i> (Linnaeus, 1758)	1	0
PICIDAE		
<i>Campephilus melanoleucos</i> (Gmelin, 1788)	1	0
PASSERIFORMES		
Não identificado*	3	0
THAMNOPHILIDAE		
Não identificado*	0	1
<i>Pyriglena leuconota</i> (Spix, 1824)	2	0
<i>Hypocnemis striata</i> (Spix, 1825)	1	0
DENDROCOLAPTIDAE		
Não identificado*	2	0
<i>Glyphorhynchus spirurus</i> (Vieillot, 1819)	1	0

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Dendrocolaptes certhia</i> (Boddaert, 1783)	1	0
PIPRIDAE		
<i>Pipra rubrocapilla</i> Temminck, 1821	1	0
TYRANNIDAE		
Não identificado*	8	2
<i>Myiozetetes similis</i> (Spix, 1825)	7	0
<i>Myiozetetes</i> sp.	0	1
<i>Myiarchus</i> sp.	2	0
<i>Pitangus sulphuratus</i> (Linnaeus, 1766)	3	0
<i>Tyrannus melancholicus</i> Vieillot, 1819	5	1
TURDIDAE		
<i>Turdus leucomelas</i> Vieillot, 1818	2	0
<i>Turdus fumigatus</i> Lichtenstein, 1823	2	0
<i>Turdus albicollis</i> Vieillot, 1818	1	0
<i>Turdus</i> sp.	3	0
MIMIDAE		
<i>Mimus saturninus</i> (Lichtenstein, 1823)	1	0
THRAUPIDAE		
<i>Cissopis leverianus</i> (Gmelin, 1788)	1	0
<i>Saltator maximus</i> (Statius Muller, 1776)	2	1
<i>Saltator grossus</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
<i>Ramphocelus carbo</i> (Pallas, 1764)	1	0
<i>Tachyphonus rufus</i> (Boddaert, 1783)	3	1

Tabela 6 - Espécies de aves atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
<i>Tangara sayaca</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
EMBERIZIDAE		
Não identificado*	0	1
<i>Zonotrichia capensis</i> (Statius Muller, 1776)	2	0
<i>Volatinia jacarina</i> (Linnaeus, 1766)	8	1
<i>Sporophila nigricollis</i> (Vieillot, 1823)	0	1
<i>Tiaris fuliginosus</i> (Wied, 1830)	1	0
<i>Arremon taciturnus</i> (Hermann, 1783)	3	2
PARULIDAE		
<i>Basileuterus flaveolus</i> (Baird, 1865)	1	0
<i>Basileuterus</i> sp.	1	0
FRINGILLIDAE		
<i>Euphonia</i> sp.	1	0
FURNARIIDAE		
<i>Synallaxis</i> sp.	1	0
NÃO IDENTIFICADO	94	20

Legenda: * Indivíduos identificados quanto ao nível taxonômico de família.

Quanto aos mamíferos, verificamos que os indivíduos atropelados pertenciam a 66 espécies distribuídas em 22 famílias e dez ordens (Tabela 7).

Tabela 7 - Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
CHIROPTERA		
Não identificado*	39	2
<i>PHYLLOSTOMIDAE</i>		
Não identificado**	3	0
<i>Lonchorhina aurita</i> Tomes, 1863	1	0
<i>Lophostoma silvicolum</i> D'Orbigny, 1836	1	1
<i>Phyllostomus elongatus</i> (É. geoffroy, 1810)	1	0
<i>Phyllostomus hastatus</i> (Pallas, 1767)	5	0
<i>Phyllostomus</i> sp.	2	0
<i>Carollia perspicillata</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
<i>Sturnira lilium</i> (É. Geoffroy, 1810)	0	1
<i>Artibeus lituratus</i> (Olfers, 1818)	6	0
<i>Artibeus obscurus</i> (Schinz, 1821)	3	0
<i>Artibeus</i> sp.	1	0
<i>Chiroderma villosum</i> Peters, 1860	1	0
MORMOOPIDAE		
<i>Pteronotus davyi</i> Gray, 1838	4	1
<i>Pteronotus parnellii</i> (Gray, 1843)	11	1
<i>Pteronotus</i> sp.	2	0
ARTIODACTYLA		
CERVIDAE		
<i>Mazama americana</i> (Erxleben, 1777)	1	0
CARNIVORA		
CANIDAE		
<i>Canis familiaris</i> Linnaeus, 1758	3	0
<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	23	16
<i>Atelocynus microtes</i> Sclater, 1883	0	1

Tabela 7 - Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	N° de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
FELIDAE		
<i>Leopardus pardalis</i> (Linnaeus, 1758)	9	5
<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821)	4	0
<i>Panthera onca</i> (Linnaeus, 1758)	1	0
<i>Puma concolor</i> (Linnaeus, 1771)	1	0
<i>Puma yagouaroundi</i> (Geoffroy, 1803)	1	0
<i>Felis catus</i> Schreber 1775	17	0
MUSTELIDAE		
<i>Eira barbara</i> (Linnaeus, 1758)	5	2
PROCYONIDAE		
<i>Nasua nasua</i> (Linnaeus, 1766)	18	20
<i>Potos flavus</i> (Schreber, 1774)	1	5
<i>Procyon cancrivorus</i> (G.[Baron] Cuvier, 1798)	4	0
LAGOMORPHA		
LEPORIDAE		
<i>Sylvilagus brasiliensis</i> (Linnaeus, 1758)	141	26
PERISSODACTYLA		
TAPIRIDAE		
<i>Tapirus terrestris</i> Linnaeus, 1758	2	1
CINGULATA		
DASYPODIDAE		
<i>Cabassous unicinctus</i> (Linnaeus, 1758)	2	0
<i>Dasypus novemcinctus</i> Linnaeus, 1758	4	0
<i>Dasypus septemcinctus</i> Linnaeus, 1758	1	0

Tabela 7 - Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	N° de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
PILOSA		
BRADYPODIDAE		
<i>Bradypus variegatus</i> Schinz, 1825	1	1
MEGALONYCHIDAE		
<i>Choloepus didactylus</i> (Linnaeus, 1758)	1	2
MYRMECOPHAGIDAE		
<i>Tamandua tetradactyla</i> (Linnaeus, 1758)	18	7
PRIMATES		
ATELIDAE		
<i>Alouatta belzebul</i> (Linnaeus, 1766)	1	0
CEBIDAE		
<i>Cebus apella</i> (Linnaeus, 1758)	4	1
<i>Saguinus niger</i> (É. Geoffroy, 1806)	27	3
PITHECIIDAE		
<i>Callicebus moloch</i> (Hoffmannsegg, 1807)	5	0
RODENTIA		
Não identificado**	4	0
CAVIIDAE		
<i>Cuniculus paca</i> (Linnaeus, 1758)	43	9
<i>Dasyprocta leporine</i>	1	1
<i>Dasyprocta</i> sp	24	20
ERETHIZONTIDAE		
<i>Coendou prehensilis</i> (Linnaeus, 1758)	6	2
SCIURINAE		
<i>Guerlinguetus gilvicularis</i> (Wagner, 1842)	3	4

Tabela 7 - Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	N° de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
CRICETIDAE		
<i>Akodon cf. cursor</i> (Winge, 1887)	4	3
<i>Euryoryzomys emmonsae</i> (Musser, Carleton, Brothers & Gardner, 1998)	3	0
<i>Nectomys rattus</i> Pelzeln, 1883	16	3
<i>Neacomys aff. paracou</i> Voss, Lunde & Simmons, 2001	1	0
<i>Oecomys bicolor</i> Tomes, 1860	1	0
<i>Oecomys cf. paricola</i> Thomas, 1904	4	0
<i>Oecomys</i> sp.	4	5
<i>Oligoryzomys microtis</i> J.A. Allen, 1916	1	0
<i>Oryzomys</i> sp.	1	0
<i>Oxymycterus amazonicus</i> Hershkovitz, 1994	1	0
<i>Rhipidomys emiliae</i> J.A. Allen, 1916	6	8
ECHIMYIDAE		
Não identificado**	6	3
<i>Dactylomys dactylinus</i> (Desmarest, 1817)	2	0
<i>Echimys chrysurus</i> (Zimmermann, 1780)	3	2
<i>Mesomys stimulax</i> Thomas, 1911	1	0
<i>Proechimys roberti</i> Thomas, 1903	78	29
MURIDAE		
<i>Rattus rattus</i> (Linnaeus, 1758)	4	0
DIDELPHIMORPHIA		
Não identificado**	6	0
DIDELPHIDAE		
<i>Caluromys philander</i> (Linnaeus, 1758)	14	10
<i>Chironectes minimus</i> (Zimmermann, 1780)	1	0

Tabela 7 - Espécies de mamíferos atropeladas nas estradas Raymundo Mascarenhas (ERM) e Manganês do Azul (EMA) no interior da Floresta Nacional de Carajás entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

Táxon (ORDEM, FAMÍLIA, espécie)	Nº de indivíduos atropelados	
	ERM	EMA
DIDELPHIDAE		
<i>Didelphis marsupialis</i> Linnaeus, 1758	139	15
<i>Marmosa murina</i> (Linnaeus, 1758)	20	12
<i>Marmosops pinheiroi</i> Pine, 1981	5	0
<i>Marmosops parvidens</i>	1	0
<i>Metachirus nudicaudatus</i> (É. Geoffroy, 1803)	14	5
<i>Micoureus demerarae</i> (Thomas, 1905)	18	5
<i>Monodelphis</i> “sp. D” (Pine & Handley, 2007)	2	1
<i>Monodelphis glirina</i> Wagner, 1842	4	0
<i>Philander opossum</i> (Linnaeus, 1758)	23	2
NÃO IDENTIFICADOS	94	30

Legenda:

* Indivíduos identificados apenas quanto ao nível taxonômico de ordem.

** Indivíduos identificados apenas quanto ao nível taxonômico de família.

2.3.2. Espécies de animais mais afetadas por atropelamento na Estrada Raymundo Mascarenhas e na Estrada Manganês do Azul

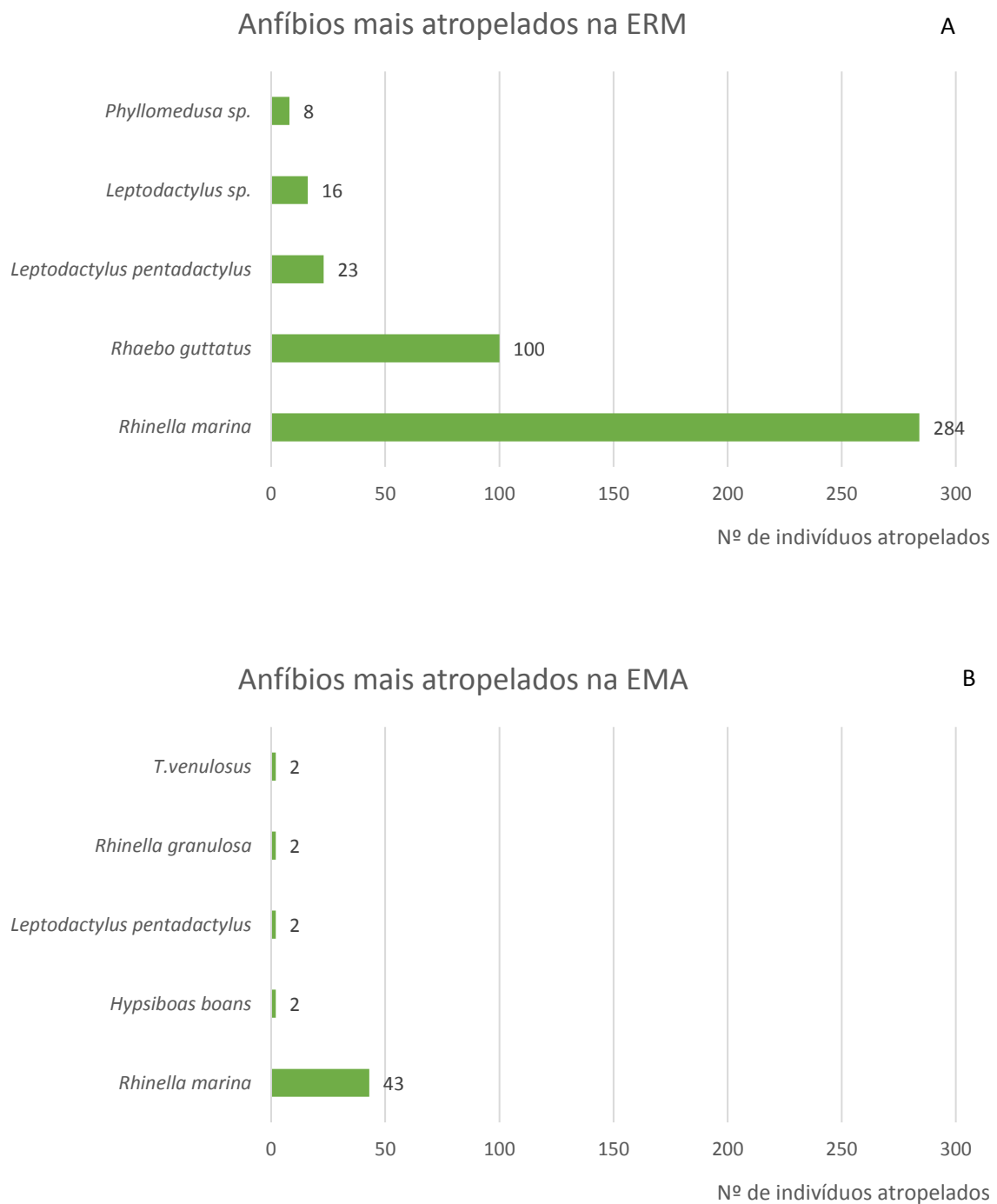
De forma geral, as espécies mais atingidas foram as mesmas nas duas estradas, ERM e EMA. Houve mais variação na abundância dos eventos que na riqueza das espécies registradas.

2.3.2.1. Anfíbios

Dos 590 espécimes de anfíbios que encontramos, 89% tiveram ocorrência na ERM (n=527) enquanto os outros 11% ocorreram na EMA (n= 63) (vide tabela 4). Para os anfíbios, o mais atingido em ambas as estradas foi o sapo-cururu (*Rhinella marina*). *Rhaebo guttatus* foi a segunda espécie mais atropelada (n=100), mas ocorreu apenas em uma das estradas, a ERM. Dentre os cinco anfíbios mais atropelados em cada

uma das estradas (Figura 16 A e B), além dos sapos, também registramos duas espécies de pererecas, *Phyllomedusa* sp (n=8) para a ERM e *Hypsiboas boans* (n=2) para a EMA.

Figura 16 - Espécies de anfíbios mais atropelados na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.2.2. Aves

Dentre as cinco espécies de aves mais atingidas por atropelamento (Figura 17 A e B), três foram registradas na lista de ambas as estradas. São elas: *Crotophaga ani* (Anu-preto), como espécie de ave mais atropelada para as duas estradas, ERM (n=65) e EMA (n=8); *Hydropsalis albicollis* (Bacurau) ERM (n=12) e EMA (n=3) e *Tyto alba*, conhecida como coruja-da-torre ERM (n=10) e EMA (n=3). Todas as outras espécies apresentaram menos de dez indivíduos atropelados para a ERM e menos de dois para a EMA.

Figura 17 - Espécies de aves mais atropeladas na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011. (continua)

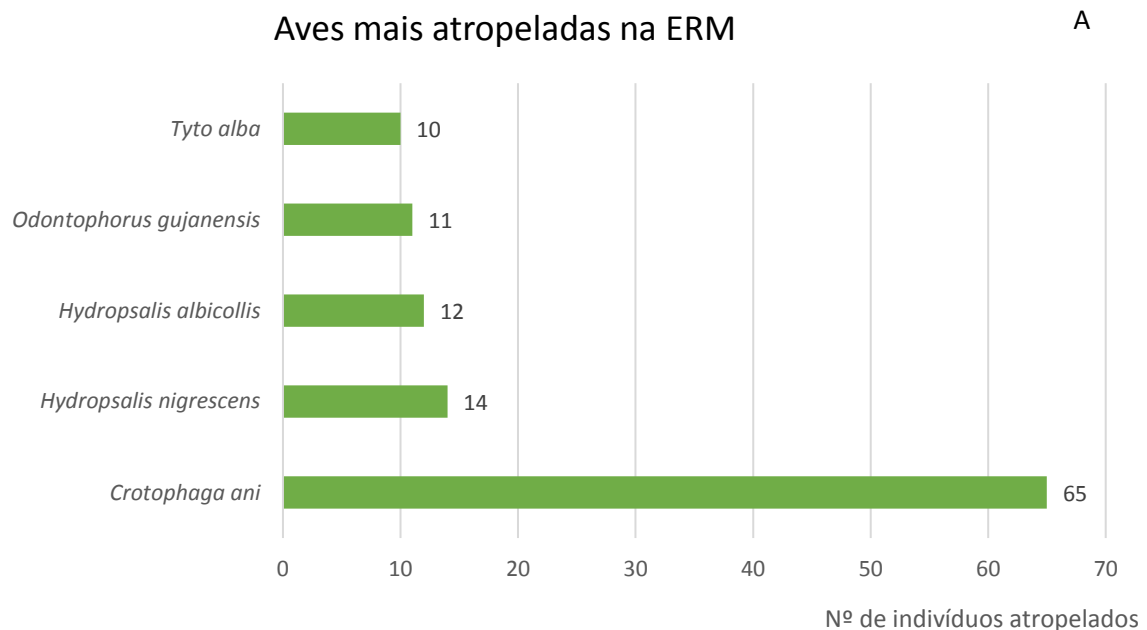
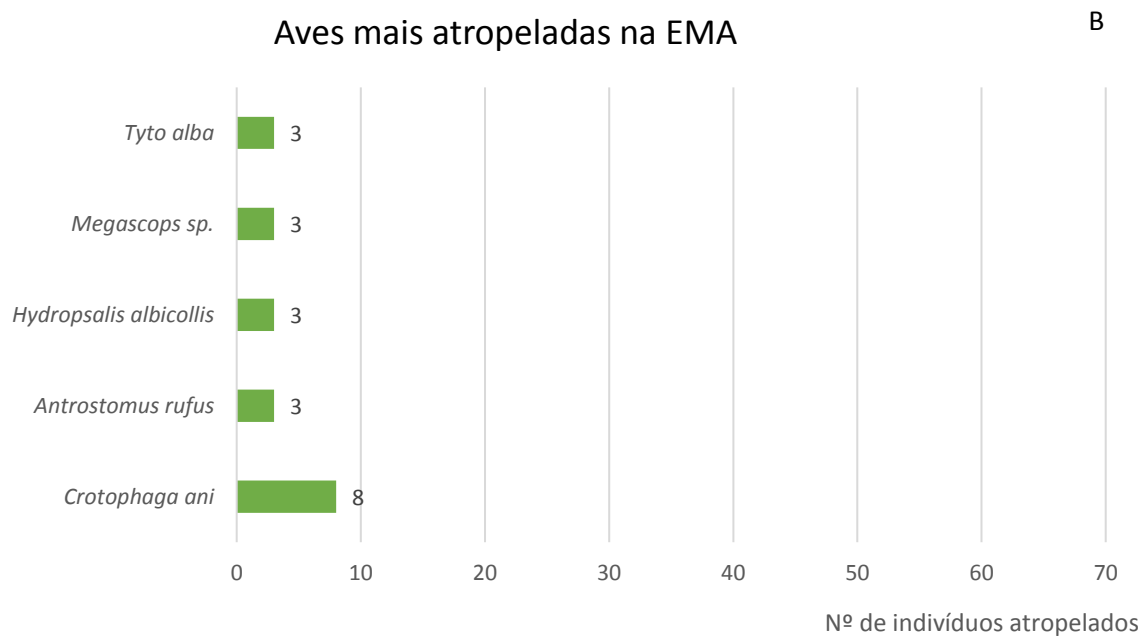


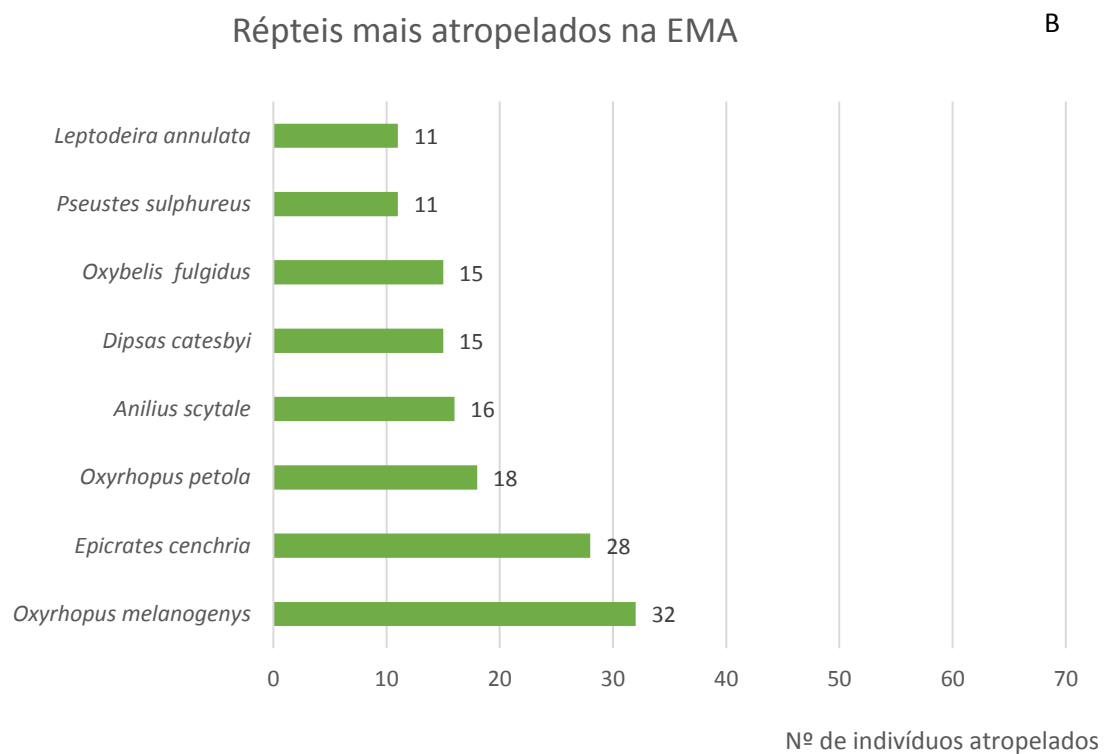
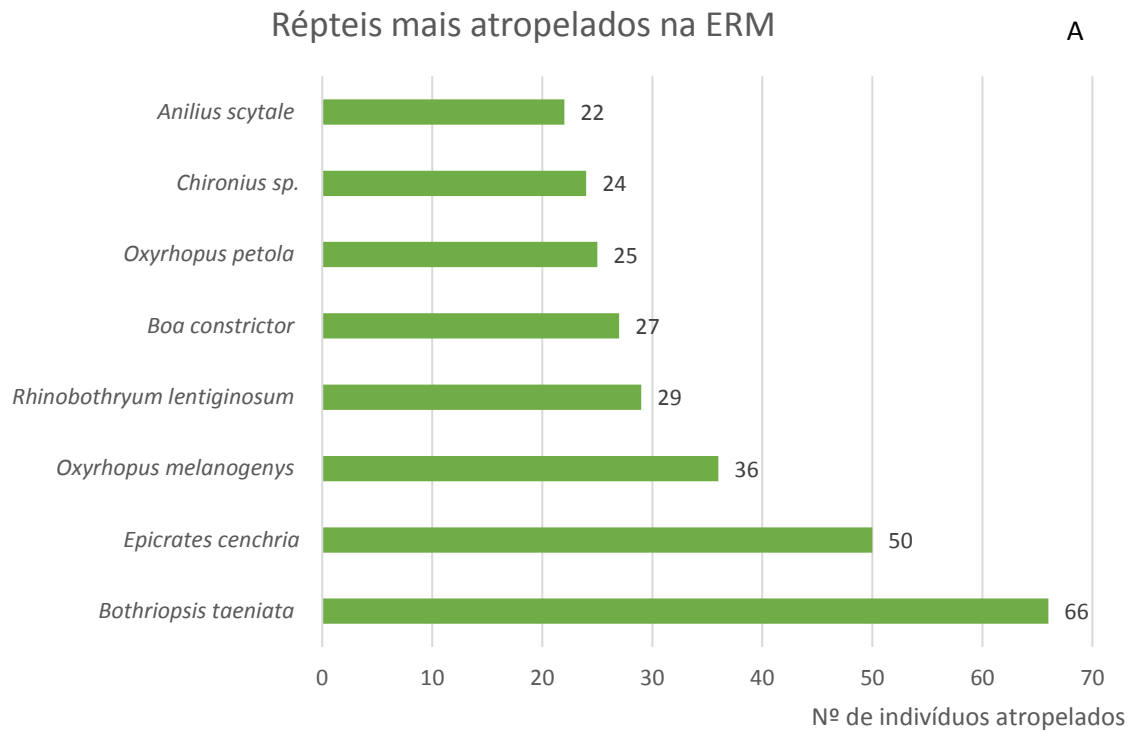
Figura 17 - Espécies de aves mais atropeladas na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011. (conclusão)



2.3.2.3. Répteis

Dentre as oito espécies mais atropeladas em cada uma das estradas, quatro (50%) são comuns. São elas: a *Epicrates cenchria* (Jiboia arco-íris), ERM (n=50) e EMA (n=28); as falsas corais, *Oxyrhopus melanogenys* ERM (n=36) e EMA (n=34) e *Oxyrhopus petola* ERM (n=24) e EMA (n=18); e *Oxybelis fulgidus* (Cobra-cipó) ERM (n=20) e EMA (n=15) (Figura 18).

Figura 18- Espécies de répteis mais atropeladas na ERM (A) e na EMA (B), na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.2.4. Mamíferos

Para os mamíferos, que segue como nosso grupo prioritário para as análises dessa tese, apresentaremos todos aqueles que tiveram mais que cinco indivíduos atropelados (Figura 19 e 20).

Figura 19 - Espécies de mamíferos mais atropeladas na ERM, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.

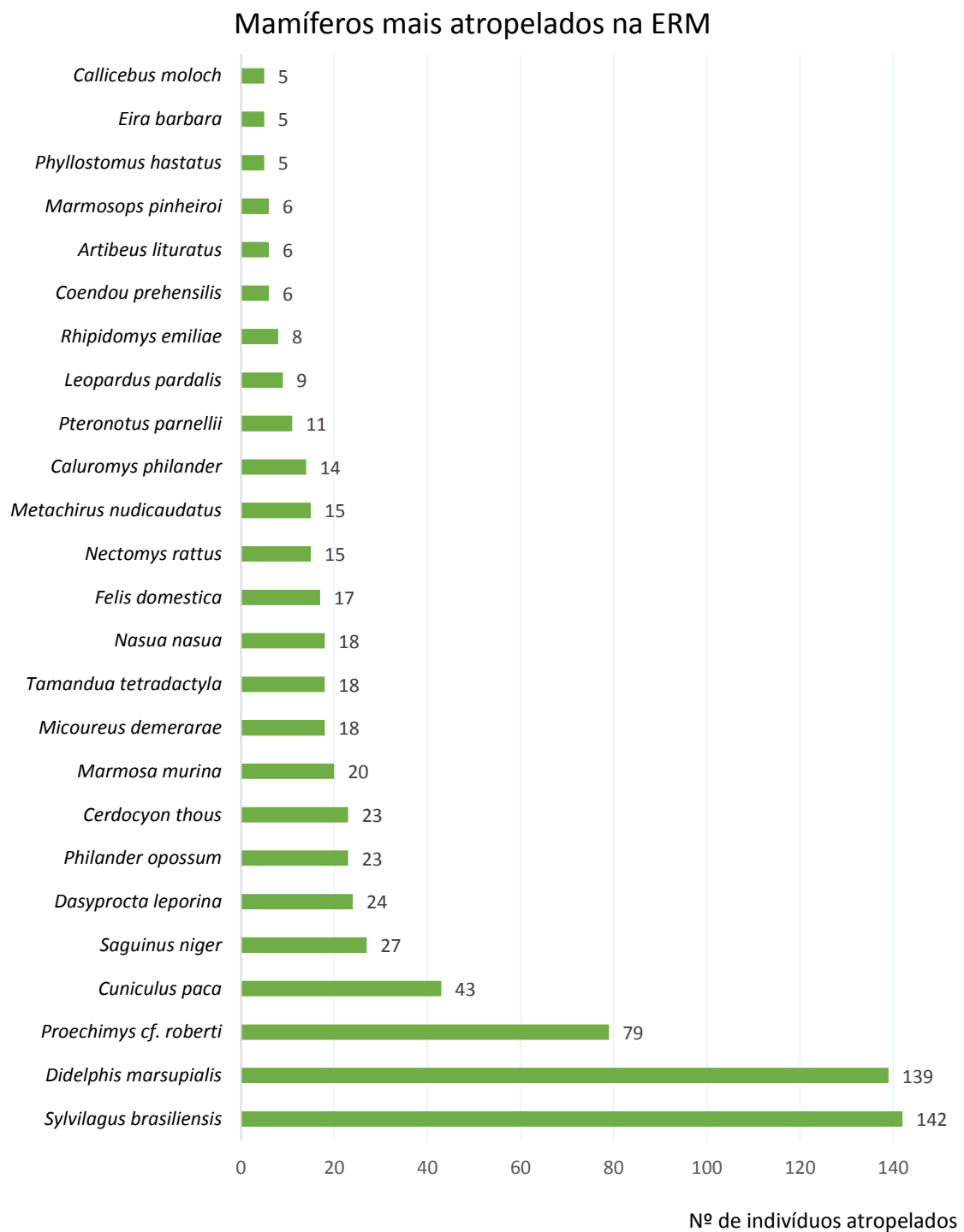
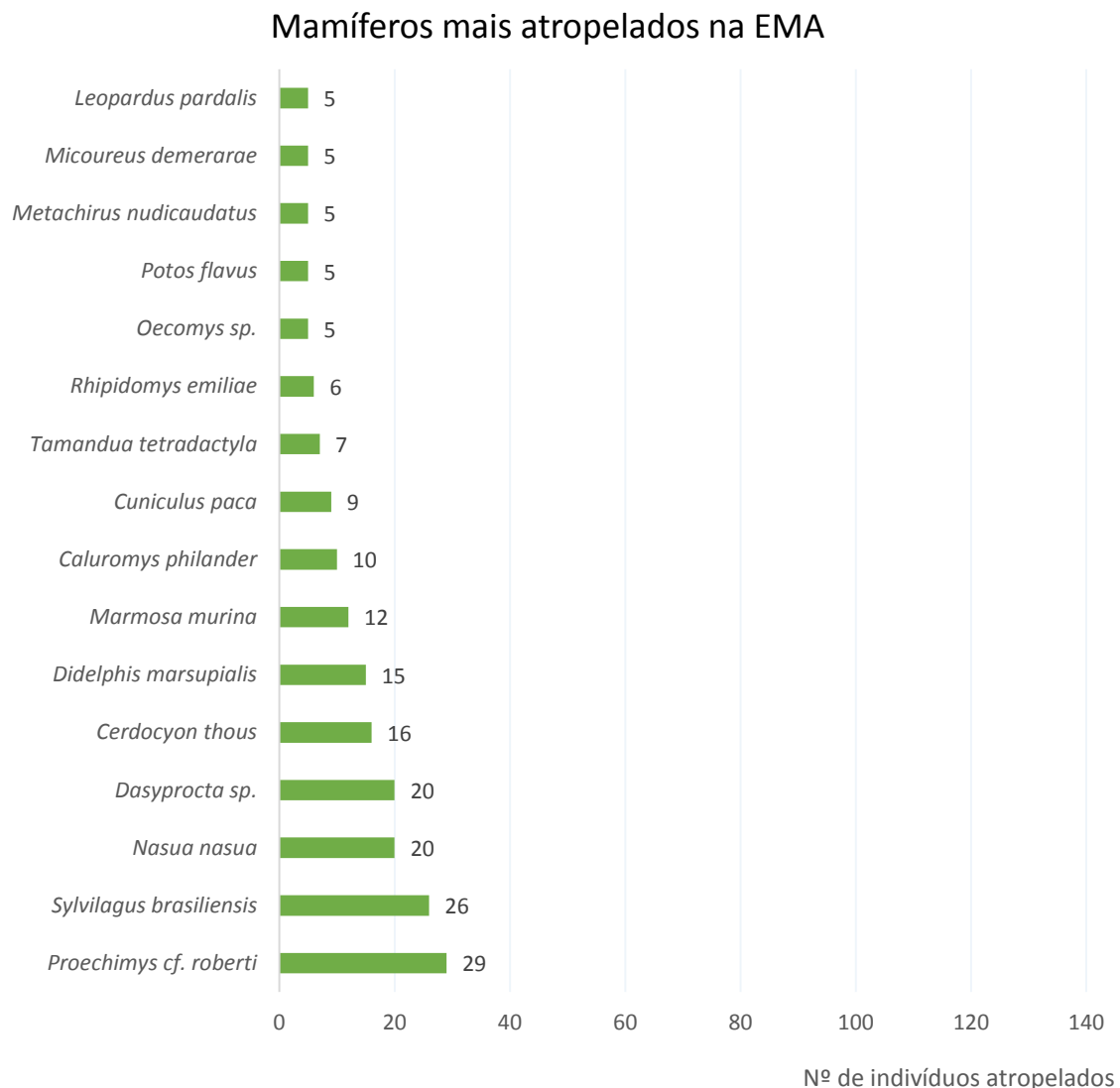


Figura 20 - Espécies de mamíferos mais atropeladas na EMA, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



O coelho (*Sylvilagus brasiliensis*), representante único da ordem Lagomorpha, foi a espécie de mamífero mais atropelada ERM (n=142) e EMA (n=26).

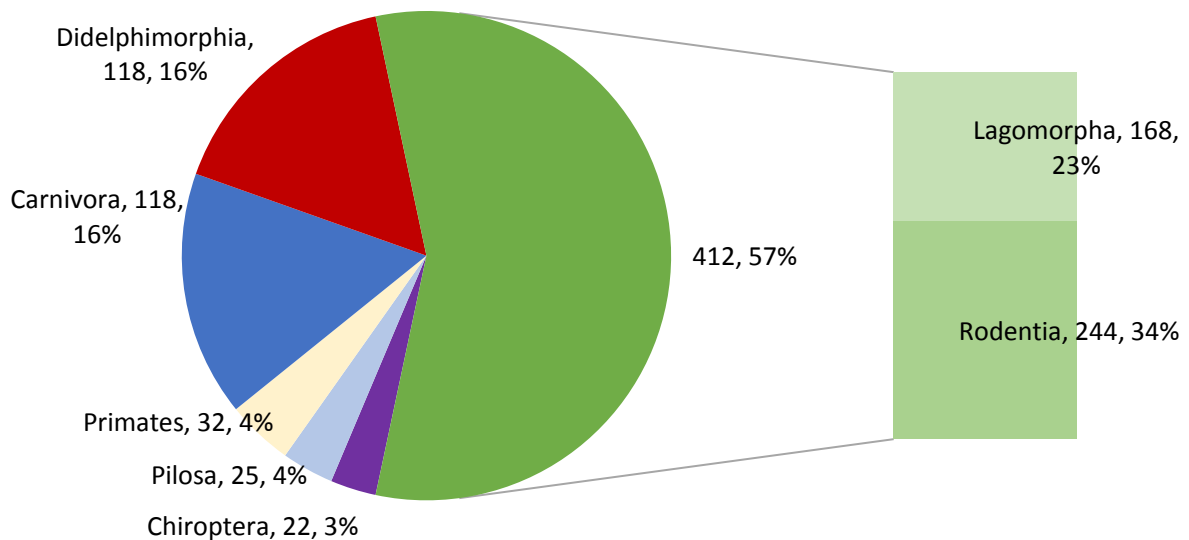
Verificamos grande destaque para os roedores, que juntos corresponderam a 44% dos mamíferos atropelados (Figura 21). Dentre eles, se destacaram *Proechimys cf. roberti* ERM (n=79) e EMA (n=29), a paca (*Cuniculus paca*) ERM (n=43) e EMA (n=9) e a cutia (*Dasyprocta leporina*) ERM (n=24) e EMA (n=20).

Para os carnívoros, a raposinha (*Cerdocyon thous*) ERM (n=23) e EMA (n=16) e o quati (*Nasua nasua*) ERM (n=18) e EMA (n=20) foram as espécies mais atingidas pelo atropelamento. A terceira espécie de carnívoro mais afetada foi o gato doméstico, encontrado apenas na ERM (n=17).

Entre os marsupiais, a mucura ou gambá (*Didelphis marsupialis*) foi o mais atropelado ERM (n=139) e EMA (n=15).

Figura 21 - Distribuição dos mamíferos mais atropelados por ordem, na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.

Distribuição dos mamíferos mais atropelados por ordens



2.3.3. Hábitos predominantes nas espécies de mamíferos atropeladas

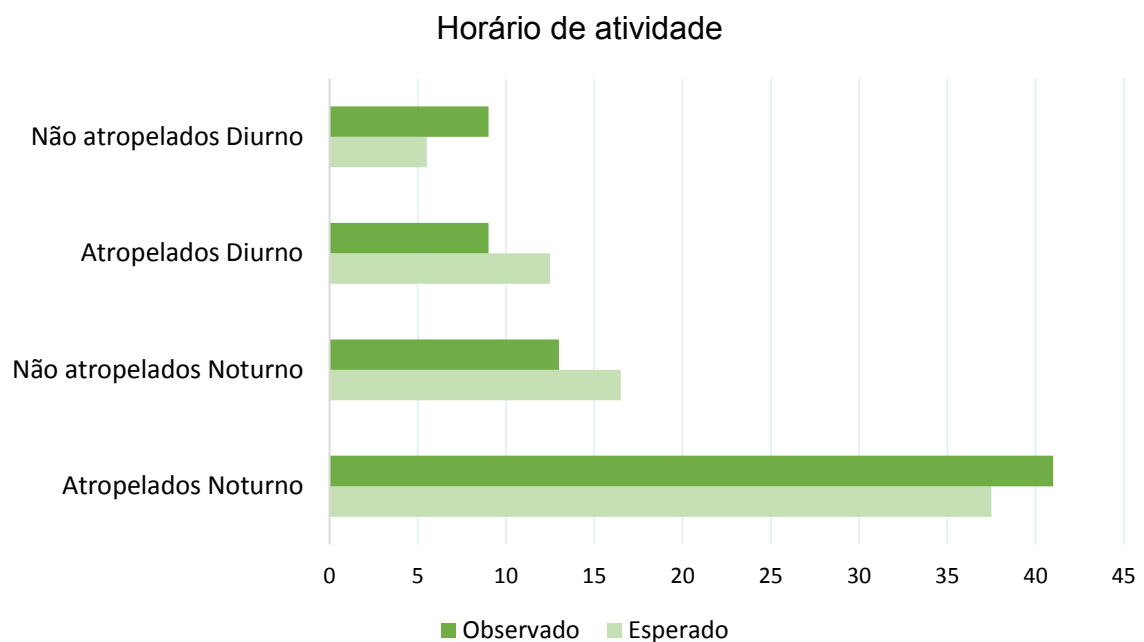
De todos os mamíferos atropelados apenas 7% corresponderam a morcegos. Para os outros 93%, os não voadores, analisamos os hábitos predominantes das diferentes espécies acreditando que uma maior compreensão do comportamento desses animais contribua na construção de propostas de medidas mitigatórias.

As espécies de mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás são de hábito predominantemente noturno e comportamento social solitário. Não foi possível identificar preferência quanto à dieta e o uso de estrato.

2.3.3.1. Horário de Atividade

O comportamento noturno esteve presente na maioria dos mamíferos atropelados. O teste qui-quadrado demonstrou que as espécies de mamíferos com preferência de hábito noturno foram significativamente mais atropeladas do que as de hábito diurno ($\chi^2=4,276$, $gl=1$, $p=0,039$) (Figura 22).

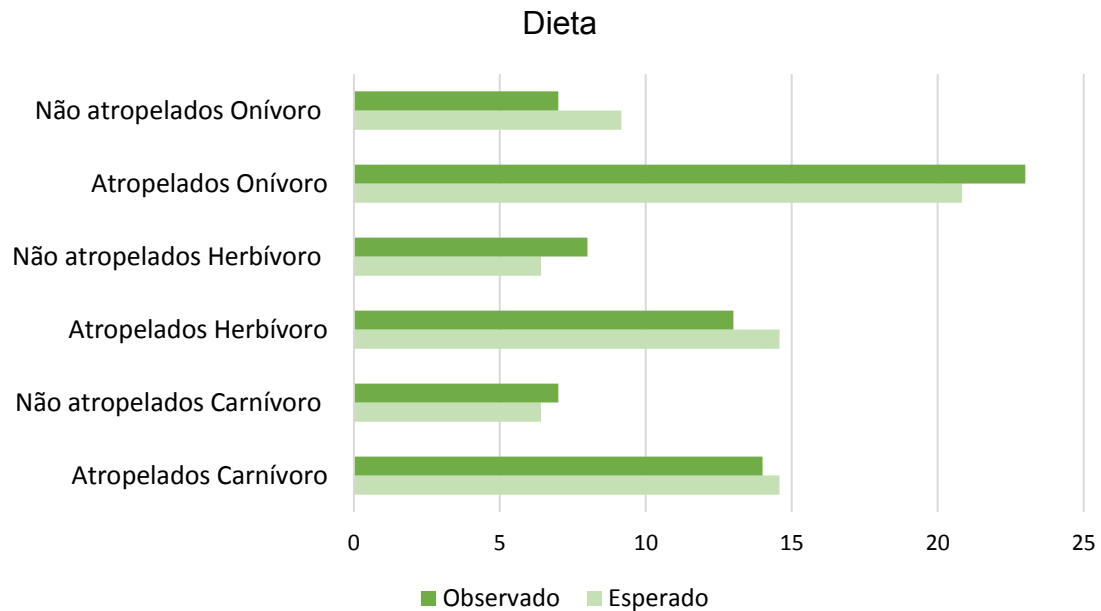
Figura 22 - Horário de atividade das espécies de mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.3.2. Dieta

A dieta onívora foi mais encontrada que a dieta herbívora dentre os mamíferos atropelados. Apenas o Tamanduá-mirim apresentou dieta estritamente carnívora, com seu hábito insetívoro. Contudo, o teste estatístico mostrou que dentre as espécies de mamíferos atropelados não houve predomínio significativo por um tipo de dieta ($\chi^2=1,376$, $gl=2$, $p=0,502$) (Figura 23).

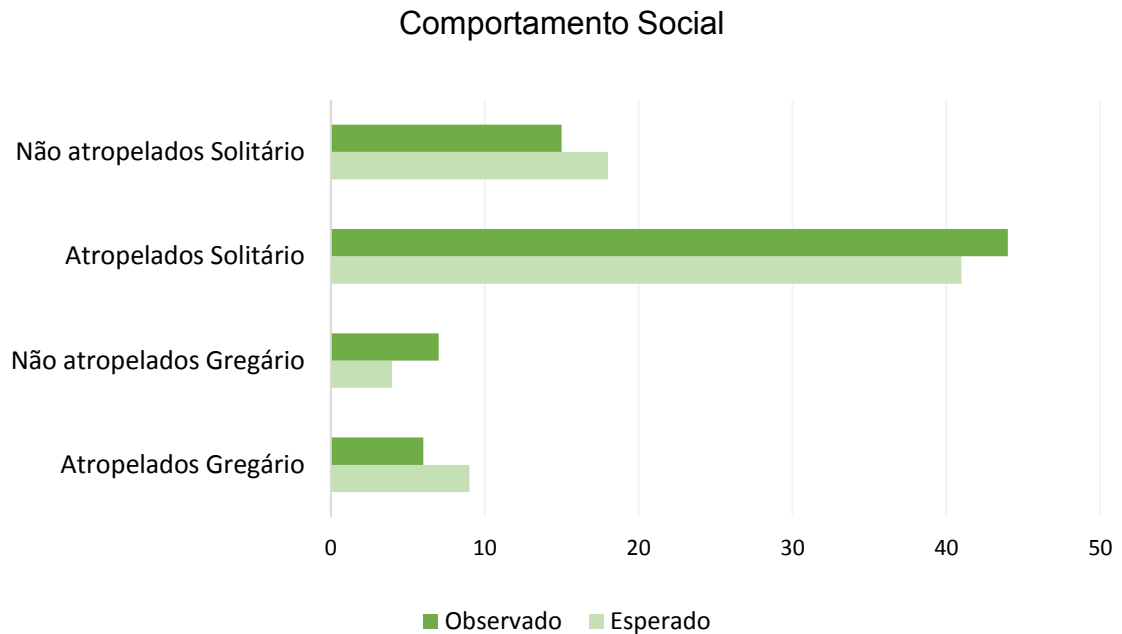
Figura 23 - Dieta dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.3.3. Comportamento Social

A maioria dos mamíferos atropelados (85%) apresentou um comportamento solitário e apenas 15% tinham comportamento gregário. O tipo de hábito social apresentou efeito sobre os atropelamentos. Os animais gregários parecem ser menos atropelados que os solitários ($\chi^2=4,056$, $gl=1$, $p=0,044$) (Figura 24).

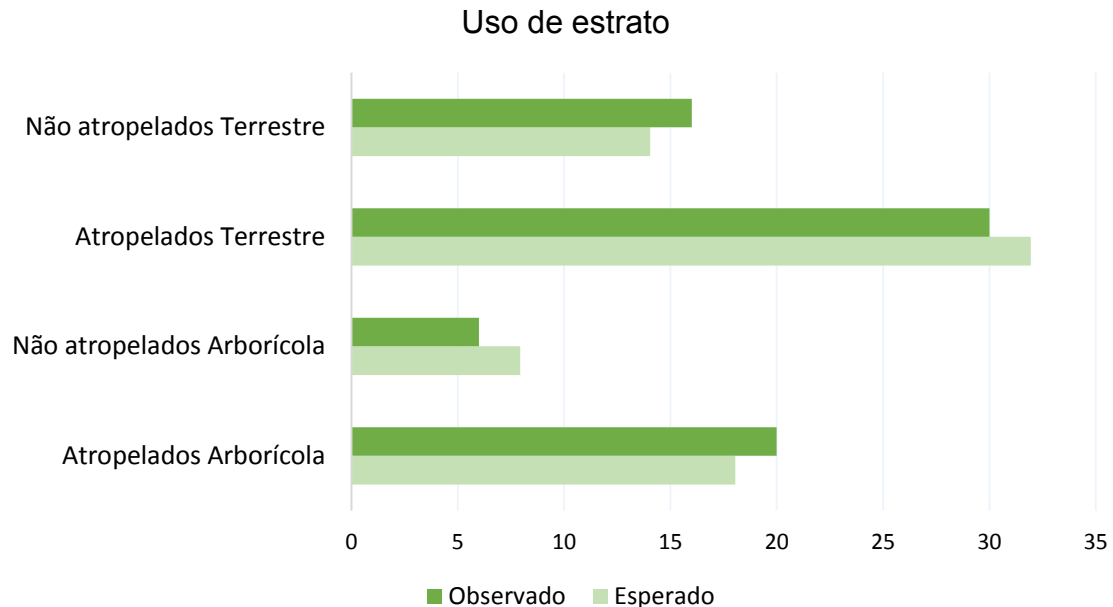
Figura 24 - Tipo de comportamento social dos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.3.4. Uso de Estrato

Alguns animais podem utilizar mais de um estrato, no entanto, todos eles apresentam preferências pelo uso de algum estrato. Constatamos uma grande predominância do uso do estrato terrestre, no entanto quando comparados aos valores esperados para a região, não identificamos influência do tipo de estrato utilizado pelos animais nos atropelamentos ($\chi^2=1,073$, $gl=1$, $p=0,300$) (Figura 25).

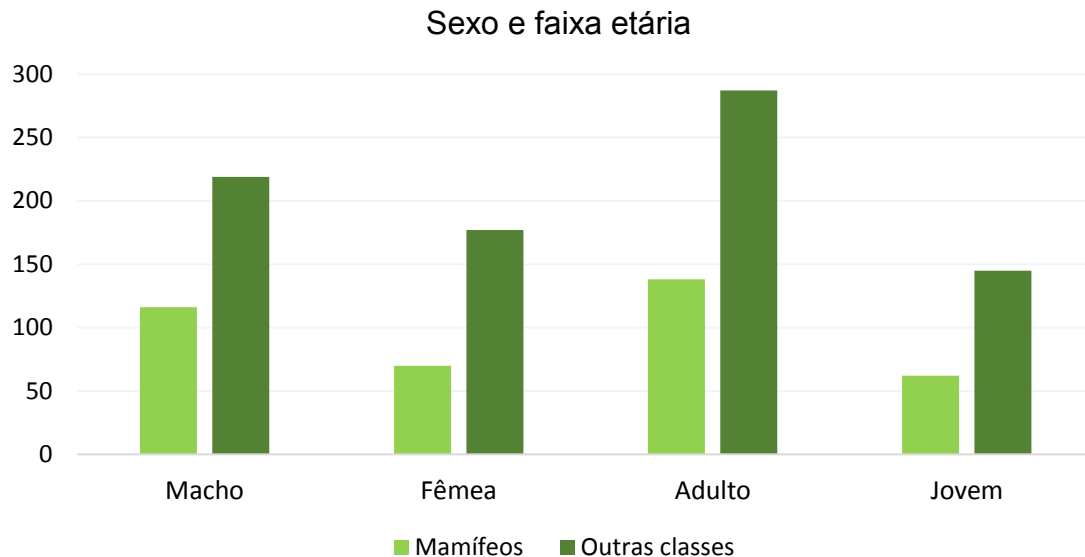
Figura 25 - Uso de estratos pelos mamíferos atropelados na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.4. Sexo e faixa etária

Devido às condições em que geralmente as carcaças são encontradas, é muito difícil fazer a sexagem dos indivíduos e identificar a faixa etária em que os mesmos se encontram. Mesmo com esses entraves, conseguimos determinar sexo e faixa etária para 582 e 632 indivíduos, respectivamente. De acordo com nossos dados, constatamos que morreram mais machos do que fêmeas e que a faixa etária mais atingida foi a correspondente à fase adulta. Analisamos essa relação comparando os dados dos mamíferos e de todas as outras classes juntas (aves, anfíbios e répteis) (Figura 26).

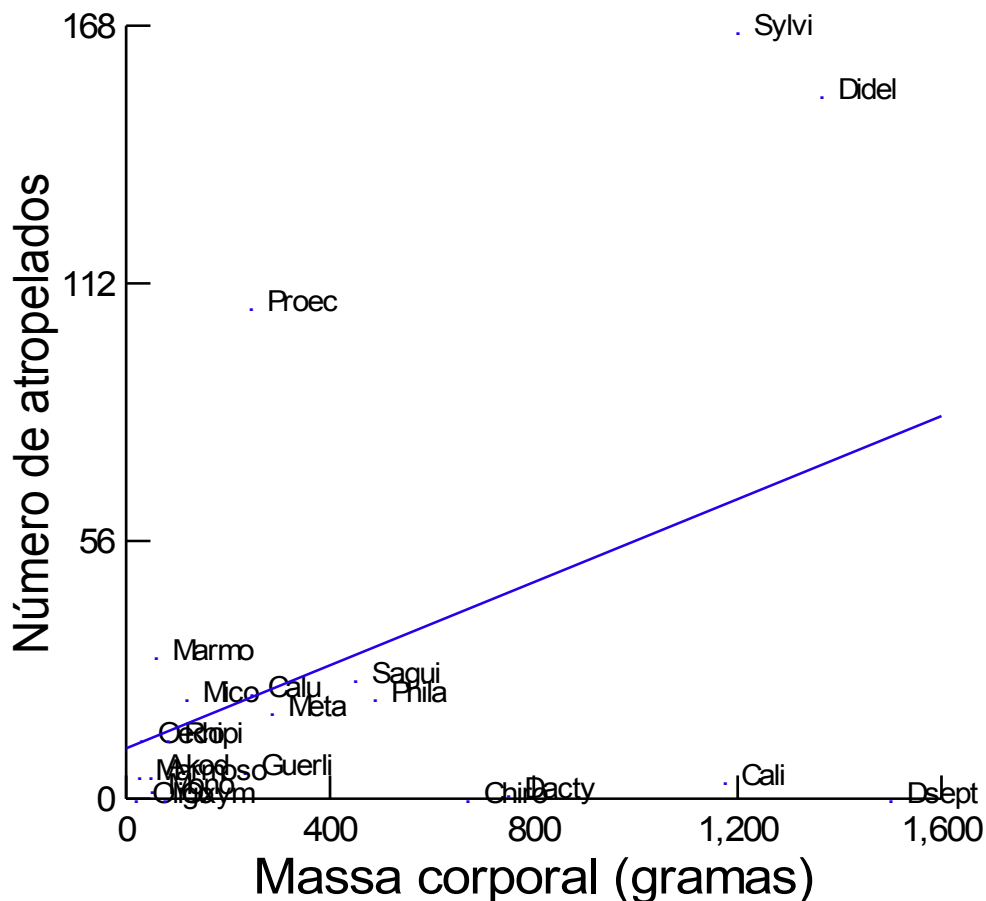
Figura 26 - Distribuição da fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás por sexo e faixa etária, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



2.3.5. Relação entre a massa corporal e os atropelamentos

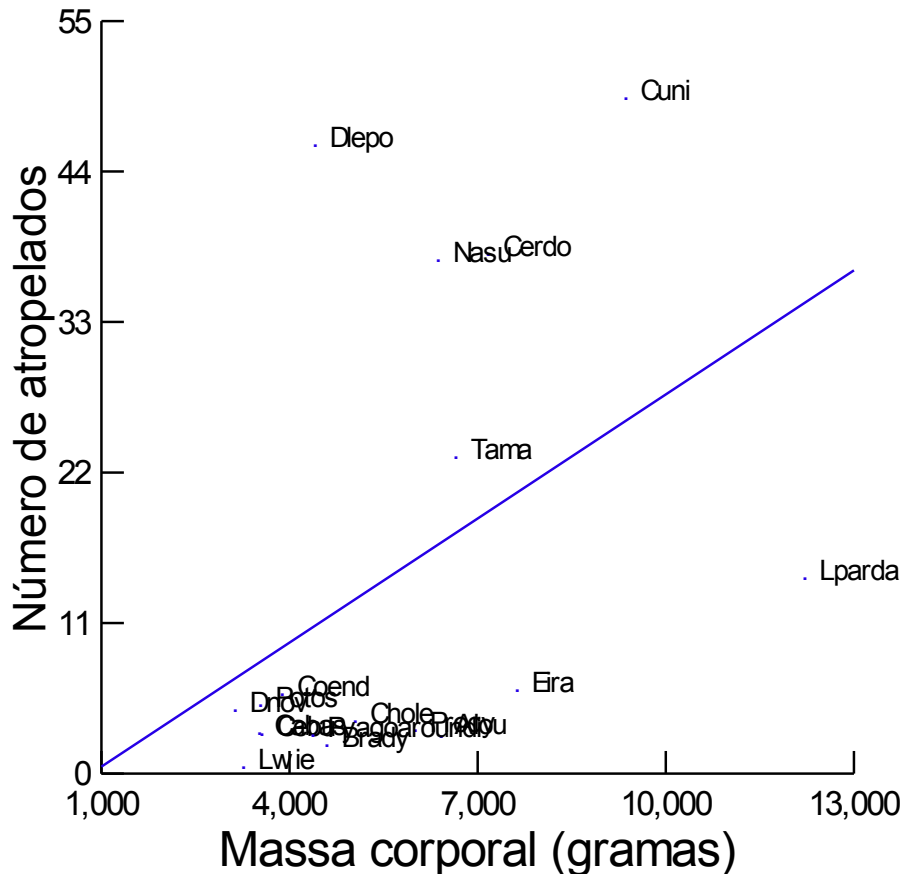
Quando analisados separadamente os grupos dos pequenos e médios mamíferos, verificamos a existência de uma relação significativa entre a massa corporal e o número de atropelamentos para os pequenos mamíferos ($r^2 = 0,157$, $n=21$, $p=0,043$) (Figura 27) e para os médios mamíferos ($r^2 = 0,236$, $n=18$, $p=0,041$) (Figura 28). Os animais maiores foram significativamente mais atropelados.

Figura 27 - Relação entre a massa corporal e o número de atropelamentos para os pequenos mamíferos atropelados ($r^2 = 0,157$, $N = 21$, $p = 0,043$) na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



Legenda: Sylvi (*Sylvilagus brasiliensis*); Sagui (*Saguinus niger*); Rhipi (*Rhipidomys emiliae*); Proec (*Proechimys cf. roberti*); Phila (*Philander opossum*); Oxymyc (*Oxymycterus amazonicus*); Oligory (*Oligoryzomys microtis*); Oeco (*Oecomys bicolor*); Mono (*Monodelphis glirina*); Mico (*Micoureus demerarae*); Meta (*Metachirus nudicaudatus*); Marmoso (*Marmosops pinheiroi*); Marmo (*Marmosa murina*); Guerli (*Guerlinguetus gilvularis*); Dseptem (*Dasypus septemcinctus*); Didel (*Didelphis marsupialis*); Dacty (*Dactylomys dactylinus*); Chiro (*Chironectes minimus*); Calu (*Caluromys philander*), Cali (*Callicebus moloch*); Akod (*Akodon cf. cursor*).

Figura 28 - Relação entre a massa corporal e o número de atropelamentos para os mamíferos de médio porte atropelados ($r^2 = 0,236$, $N = 18$, $p = 0,041$) na Floresta Nacional de Carajás, durante 01 de dezembro de 2008 a 30 de novembro de 2011.



Legenda: Alou (*Alouatta belzebul*); Brady (*Bradypus variegatus*); Caba (*Cabassous unicinctus*); Cebu (*Cebus apella*); Cerdo (*Cerdonyx thous*); Chole (*Choloepus didactylus*); Coend (*Coendou prehensilis*); Cuni (*Cuniculus paca*); Dlepo (*Dasyprocta leporina*); Dasy (*Dasypus novencinctus*); Eira (*Eira barbara*); Lparda (*Leopardus pardalis*); Lwie (*Leopardus wiedii*); Nasu (*Nasua nasua*); Potos (*Potos flavus*); Procy (*Procyon cancrivorus*); Pyago (*Puma yagouaroundi*); Tama (*Tamandua tetradactyla*).

2.4. Discussão

Verificamos que os mamíferos e os répteis foram os grupos mais atingidos e acreditamos que esse fato deve ser também explicado pelo tipo de método empregado para coleta de dados. Os animais desse grupo possuem maior tamanho corporal, facilitando a sua detecção. ROSA et al. (2012) chamaram a atenção para a subestimativa de dados, especialmente para anfíbios, em monitoramentos realizados por veículos. Além de menor porte, os anfíbios se não detectados logo após o

atropelamento, podem ser tão amassados por outros veículos a ponto de ficarem quase que imperceptíveis no asfalto.

Ao compararmos as taxas de atropelamento (MI) da Floresta Nacional de Carajás com outros trabalhos, especialmente aqueles desenvolvidos em unidades de conservação ou áreas adjacentes, constatamos que o atropelamento nessa unidade deve ser tratado com muita atenção, pois aponta para taxas muito elevadas. Em um estudo realizado no mesmo município, na Flona Tapirapé-Aquiri (CARVALHO & PEREIRA, 2014), área vizinha da Flona de Carajás e pertencente ao mesmo mosaico de unidades de conservação, as taxas de atropelamento foram bem menores. Enquanto encontramos no presente estudo como taxa geral (para todos os grupos estudados) um valor de $MI = 0,026$, na Flona Tapirapé-Aquiri, o valor foi de $MI = 0,011$, menos que a metade do total atropelado em Carajás. Para os mamíferos, a diferença foi ainda maior, apresentando $MI = 0,01$ e $MI = 0,002$, respectivamente, para as Flonas de Carajás e Tapirapé-Aquiri. Morrem cinco vezes mais mamíferos na Floresta Nacional de Carajás que em sua unidade vizinha. Essa comparação se faz bastante pertinente, uma vez que a estrada do trabalho citado é usada para atender às necessidades diretas e indiretas da exploração mineral (cobre), assim como as estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul são usadas para apoio à exploração de minério de ferro e manganês, respectivamente.

Quanto ao esforço empregado, para ambas as estradas estudadas, verificamos que a curva do coletor começou a se estabilizar-se em períodos diferentes para as classes estudadas. Houve um início de estabilização com aproximadamente um ano de coleta de dados, mas para de crescer para répteis e mamíferos após dois anos. A curva de aves não parou de crescer em ambas as estradas. Para os anfíbios, a estabilização ocorreu em seis meses, o que reforça a ideia de subestimativa para esse grupo. Esse período necessário para a estabilização para a maioria dos grupos pode ser considerado um importante indicativo para tempo de monitoramento de fauna atropelada.

Os dados que levantamos a partir desse monitoramento de fauna atropelada, corresponderam a consideráveis amostras da comunidade de fauna silvestre da Floresta Nacional de Carajás. As 11 espécies de anfíbios correspondem a 17% da riqueza total de anuros encontrados por NECKEL-OLIVEIRA et al. (2012) a partir da compilação de 14 trabalhos de levantamento que aconteceram entre 1960 e 2010.

MASCHIO et al. (2012) listaram 131 espécies de répteis para a Floresta Nacional de Carajás, com três de jacarés, oito de quelônios e 120 espécies de escamados. Nós identificamos nesse monitoramento 53% desse total, sendo dois jacarés, um quelônio e 60 escamados. Os dados de perda de animais pelo atropelamento apresentados demonstram grande abrangência, apontando a necessidade de se mensurar essa perda da biodiversidade em busca de mitigar tal impacto. Para Carvalho e seus colaboradores (2014-B), a perda de animais silvestres por atropelamento parece ter superado a caça nas últimas três décadas no Brasil.

Quanto às aves, a Floresta Nacional de Carajás possui uma grande riqueza de espécies, chegando a 594 (ALEIXO et al. 2012). A riqueza que encontramos nesse monitoramento corresponde a 11% desse grupo faunístico levantado para a região. É importante ressaltar que o pequeno tamanho corpóreo, especialmente dos passeriformes, consiste em significativo empecilho na identificação desse grupo, uma vez que esse fator contribui para piores condições de chegada da carcaça. Ademais, aqueles que são atropelados durante o voo podem, eventualmente, ficar presos nas estruturas dos veículos.

Para os mamíferos, obtivemos registros para 66 espécies que se distribuíram entre pequenos mamíferos voadores (morcegos) e não voadores (alguns roedores, marsupiais, lagomorphos e alguns primatas) e os médios e grandes mamíferos.

A Floresta Nacional de Carajás consiste em uma das áreas que possui mais espécies de morcego registradas por localidade na Amazônia, sendo encontradas 75 espécies (TAVARES et al. 2012). Nesse monitoramento, nós encontramos 11 espécies a partir da identificação de 89 carcaças de morcegos atropelados, o que corresponde a 15% da riqueza local.

Para os pequenos mamíferos não voadores, GETTINGER et al. (2012) encontraram uma riqueza de 31 espécies, sendo 12 marsupiais e 19 roedores para a Floresta Nacional de Carajás. Registramos atropelados dez espécies de marsupiais e 13 espécies de roedores, correspondendo a 83% e 68% da riqueza local, respectivamente. Apenas duas espécies de marsupiais não foram registradas (*Monodelphis aff kunsi* e *Glironia venusta*). Contudo, o único registro da cuíca-d'água, *Chironectes minimus*, para a região, foi feito através de carcaça encontrada na ERM (Ardente et al. 2013).

Para os médios e grandes mamíferos, houve registro de 29 espécies atropeladas, o equivalente a 65% da riqueza proposta por CARVALHO et al. (2014-A) para a região. O registro de atropelamento de mamíferos de médio e grande porte é um fato que merece atenção especial, uma vez que estes possuem tamanho corporal relativamente maior que os demais grupos, não estando relacionado seu atropelamento à dificuldade de visualização, o que sugere que a imprudência e excesso de velocidade podem ser fatores relevantes para a alta mortalidade desses animais. Além do fato de que muitas dessas espécies de maior porte requerem maiores áreas de vidas e têm populações menores, podendo estar ameaçadas de extinção.

Além das espécies nativas, registramos dentre os mamíferos, a presença de três espécies exóticas no interior da unidade de conservação. Registramos quatro indivíduos de *Rattus rattus*, sendo dois deles nas imediações do Núcleo Urbano (Km 24) e os outros dois nas proximidades da mina de ferro (Km 40), ambos na Estrada Raymundo Mascarenhas. Registramos também a presença de cachorro e gato domésticos, *Canis familiaris* (n=3) e *Felis catus* (n=17). Os registros das espécies exóticas se concentraram em áreas de influência antrópica, tais como mina e núcleo urbano (vila de moradores) para os ratos e próximos à portaria de acesso à Flona, onde nos seis primeiros quilômetros foram reunidas todas as ocorrências para cachorro e 60% dos registros de gatos (n=10). Espécies exóticas no interior de uma unidade de conservação consiste em um fato que requer atenção, pois representa ameaça à estabilidade da fauna e flora local. A exposição da fauna nativa às relações como predação, competição por recursos e transmissão de doenças que não são comuns fazem com que algumas espécies exóticas sejam consideradas pragas cosmopolitas (LINDBERGH, 1998; PRIMACK, 1998; ARTOIS, 1997), como por exemplo gatos e cachorros, ambos encontrados em nosso trabalho.

Quanto às espécies mais afetadas pelo atropelamento na Floresta Nacional de Carajás, a espécie *Rhinella marina* se destacou entre os anfíbios. Encontramos o sapo-cururu como o mais abundante em ambas as estradas estudadas, representando 68% e 53% dos registros obtidos nas estradas EMA (n=43) e ERM (n=285), respectivamente. Essa espécie correspondeu a 56% de todos os anfíbios atropelados durante esse monitoramento. Segundo BERNARDE (2007) e LIMA et al. (2006), *R. marina* é uma espécie terrícola, noturna e encontrada também em áreas de pastagens.

Escondem-se em pequenas cavidades ou embaixo de troncos caídos durante o dia. Os machos vocalizam nas margens de poças grandes e permanentes durante todo o ano, mas a reprodução ocorre principalmente durante a estação chuvosa. Espécies do gênero *Rhinella* estão entre as mais atropeladas em vários estudos (RODRIGUES et al., 2002; SILVA et al., 2007; TURCI & BERNARDE, 2009). Por apresentarem grandes áreas de vida, que podem ser fragmentadas por rodovias, os indivíduos dessa espécie se expõem a várias travessias na estrada ao longo do dia (MICHALSKI & PERES, 2005).

Para o grupo das aves, encontramos o anu-preto, *Crotophaga ani* como a espécie mais atingida em ambas as estradas estudadas. Essa espécie correspondeu a 31% de todas as aves atropeladas durante esse monitoramento. O anu-preto apresenta um voo baixo e lento, além disso, por voar nas margens de rodovias com vegetação herbácea, torna-se mais vulneráveis aos atropelamentos (SICK, 2001). Verificamos que a maioria dos registros para essa espécie foram na Estrada Raymundo Mascarenhas, que possui maior extensão de trechos de vegetação baixa corroborando SICK (2001).

Os répteis constituem uma classe muito susceptível ao atropelamento, principalmente devido ao hábito de exposição ao sol para regulação da temperatura corporal e por serem de difícil visualização na estrada, especialmente as espécies de menor porte (TSUNOKAWA, 1997; NOSS, 2001; SHINE et al. 2004; PRADA, 2004). As serpentes corresponderam a 96% dos indivíduos atropelados, sendo o grupo mais atingido. No entanto, é importante ressaltar que alguns atropelamentos de serpentes são de caráter intencional, inclusive com casos de motoristas direcionarem o veículo ao acostamento para atingirem o animal. Isso se deve ao fato de muitas pessoas apresentarem reação de repulsa ou medo desses animais (RODRIGUES et al., 2002).

Para o grupo de mamíferos, os animais mais atingidos são praticamente os mesmos nas duas estradas. A espécie de mamífero mais afetada pelo atropelamento foi o coelho (*Sylvilagus brasiliensis*) em ambas as estradas estudadas, correspondendo a 14% dos registros de todos os mamíferos. O coelho é um animal típico de vegetação de transição entre florestas e áreas abertas. Possui um pequeno tamanho corporal, variando seu comprimento entre 20 e 40 cm e com um peso corporal de até 1,2 kg (REIS, 2006). A combinação de seu pequeno porte com hábitos crepusculares e noturnos e o fato de habitarem áreas abertas (a estrada pode não ser

considerada como um ambiente a ser evitado pela espécie) tendem a dificultar a visualização do mesmo na estrada e contribuir com seu alto índice de atropelamento.

GUMIER-COSTA & SPERBER (2009) em monitoramento de fauna atropelada, na ERM, registrou a espécie com baixa frequência de atropelamento, com apenas 0,25 indivíduo/ano. Comparando os dados de GUMIER-COSTA & SPERBER (2009), para o mesmo trecho da ERM, no presente trabalho detectamos atropelados 10,7 indivíduos/ano. Para todo o trecho estudado neste trabalho, registramos a perda de 56 indivíduos/ano. O esforço amostral de GUMIER-COSTA & SPERBER foi 70% menor que o empregado nesse trabalho e o trecho 65% menor. Tal resultado, evidencia a importância de um esforço amostral mais robusto para detectar melhor a realidade.

Didelphis marsupialis foi o segundo mamífero mais atropelado. A mucura apresenta peso corporal médio próximo a 1,4 kg e possui ampla área de distribuição (Reis, 2006). Seus hábitos são bastante generalistas quanto à escolha do habitat, bem como na alimentação. O alto número de atropelamentos para essa espécie deve ter causa semelhante ao atribuída aos coelhos, uma vez que o pequeno tamanho corporal e os hábitos noturnos também estão presentes no comportamento da mucura.

Verificamos que, para todos os grupos, existe maior número de atropelamentos para algumas espécies. Em relação aos mamíferos, quase 60% do total de indivíduos atropelados (n=687) concentrou-se em dez espécies: o coelho (*Sylvilagus brasiliensis*), a mucura (*Didelphis marsupialis*), o rato de espinho (*Proechimys cf. roberti*), a paca (*Cuniculus paca*), a cutia (*Dasyprocta leporina*), a raposinha, (*Cerdocyon thous*), o quati (*Nasua nasua*), a cuíca (*Marmosa murina*), o guaribinha, (*Saguinus niger*) e o tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*). Esta constatação deve servir de importante ferramenta para a conservação, apontando espécies potenciais para o desenvolvimento de estudos de mitigação do impacto dos atropelamentos nas populações.

A análise da influência dos hábitos predominantes para as espécies de mamíferos atropelados na Flona sugeriu que não deve existir um padrão dentre os animais atropelados que justifique proposições de medidas mitigatórias específicas. Apenas os testes para hábito noturno e solitário foram significativos, sendo que a maioria das espécies de mamíferos apresentam estas preferências. Isto nos leva a

pensar que outros fatores, que não o comportamento dos mesmos, devem estar influenciando o atropelamento de animais na Flona Carajás.

Ao analisarmos a distribuição do sexo e da faixa etária dentre os mamíferos, verificamos que os indivíduos machos e adultos são os mais afetados pelo atropelamento. A área de vida pode ter influenciado, uma vez que os machos adultos tendem a apresentar maiores áreas de vida. Além disso, ao compararmos os dados dos mamíferos com o total dos outros grupos atropelados (anfíbios, répteis e aves), verificamos que a classe dos mamíferos variou de forma semelhante ao montante total dos outros grupos amostrados.

Nossos resultados evidenciaram que existe uma relação direta entre o tamanho corporal do animal e o número de atropelamentos, demonstrando que animais maiores são mais vulneráveis ao atropelamento, em acordo com os resultados encontrados por Cook & Blumstein (2013) em trabalho de revisão. Apesar de carcaças menores serem de mais difícil visualização, podendo ser menos registradas devido à sua baixa detectabilidade, acreditamos que animais maiores possuem características que favorecem o atropelamento, como maiores áreas de vida, o que aumenta a probabilidade do animal se encontrar com a estrada.

Os dados levantados nesse capítulo, de forma descritiva, nos apresentam muitas informações relevantes para a conservação. Inicia uma discussão sobre o impacto à fauna, sob a perspectiva do atropelamento dentro de uma unidade de conservação, de forma quantitativa e qualitativa. Ao detectar as espécies mais atingidas, para cada umas das classes estudadas, levantamos espécies potenciais para o desenvolvimento de pesquisas que verifiquem o efeito real do atropelamento sobre essas populações. Esse capítulo também concentra informações importantes para o subsídio de futuros estudos sobre avaliação de viabilidade populacional ao apresentar dados de remoção de indivíduos da natureza por atropelamento.

Nosso estudo mostrou altos índices de atropelamento de vertebrados dentro da Floresta Nacional de Carajás, devido ao forte tráfego de carros e caminhões que se dirigem às minas. Embora os atropelamentos pareçam ter ocorrido de forma homogênea ao longo das duas estradas, os aspectos estruturais da estrada, da vegetação no entorno, climáticos, do fluxo de veículos e do limite de velocidade

estabelecido podem influenciar em um maior atropelamento de determinadas espécies. Trataremos desse assunto no próximo capítulo.

REFERÊNCIAS

- ALEIXO, A.; CARNEIRO, L.S.; DANTAS, S.M. 2012. Aves. In: *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. MARTINS et al. (Orgs.) São Paulo: Nitro, 2012.
- ARDENTE, N.C.; FONSECA, R.; BERGALLO, H.G.; HATANO, F. M.; *Mammalia, Didelphimorphia, Didelphidae, Glironia venusta Thomas, 1912 and Chironectes minimus (Zimmermann, 1780): Distribution extension for eastern Amazonia*. Check List (São Paulo. Online), v. 9, p. 1104-1107, 2013.
- ARTOIS, M. 1997. *Managing problem wildlife in the 'Old World': a veterinary perspective*. Reprod. Fertili. Dev. 9:17-25.
- BAGER, A. & ROSA, C. A. *Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill*. Biota Neotropica, Campinas, v. 10, n. 4, p. 150-153, 2010.
- BAGER, A. & ROSA, C. A. *Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife*. Environmental Management, New York, v. 47, p. 851-858, 2011.
- BARTLETT, R. D. & BARTLETT, P. P. 2003. Reptiles and Amphibians of the Amazon: and Ecotourist's Guide. Gainesville: UFP.
- BRASIL. Sistema Nacional de Unidades de Conservação 2000. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Brasília. 2000.
- BERNARDE, P. S. 2007. Ambiente e temporada de vocalização de anurofauna no município de Espigão do oeste, Rondônia, Sudoeste da Amazônia – Brasil (Amphibia: Anura). Biota Neotropica. v.07. nº 2. Maio.
- CÁCERES, N.; HANNIBAL, W.; FREITAS, D.; SILVA, E. L.; ROMAN, C.; CASELLA, J. *Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in southwestern Brazil*. Zoologia, Curitiba, v. 27 p. 709-717, 2010.
- CARVALHO, A.S.; MARTINS, F. D.; DUTRA, F. M.; Gettinger, D.; MARTINS-HATANO, F.; BERGALLO, H. G. 2014-A. *Mammals of Large and Medium Body Size in the Carajás National*. CheckList. 10(1): 1–9.
- CARVALHO, N.C.; BORDIGNON, M.O.; SHAPIRO, J.T. 2014-B. Fast and furious: a look at the death of animals on the highway MS-080, Southwestern Brazil. Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre, 104(1):43-49.
- CARVALHO, A. & PEREIRA, L.G. 2014. *Análise espaço-temporal da distribuição de hotspots de atropelamento de fauna em uma rodovia localizada na região Amazônica brasileira*. Road Ecology Brazil, 2014.
- CUNHA, O. R. & NASCIMENTO, P. 1993. *Ofídios da Amazônia: As cobras da região do Pará*. Boletim Museu Paraense Emílio Goeldi, 9: 1-191.

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

EISENBERG, J. F. & REDFORD, K. H. 1999. Mammals of the Neotropics. Vol. 3. *The Central Neotropics: Ecuador, Peru, Bolivia, Brazil*. The University of Chicago Press. Chicago.

FERREIRA, A.A. et al. 2004. *Levantamento de animais silvestres atropelados na BR-153/GO-060 nas imediações do Parque Altamiro de Moura Pacheco*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 25., Brasília. Anais... Brasília, 2004. p. 434.

GETTINGER, D.; ARDENTE, N.; HATANO, F.M. 2012. *Pequenos Mamíferos*. In: *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. MARTINS et al. (Orgs.) São Paulo: Nitro, 2012.

GURMIER-COSTA, F., SPERBER, C. F. 2009. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. Acta Amazonica 39 (2) 459-466.

IBRAM-Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. 2012. *Relatório Rodofauna: 12 meses: fevereiro de 2010 a março de 2011*/Gerência de Monitoramento da Qualidade Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos. Brasília, DF.

LIMA, A. P. MAGNUSSON, W. E.; MENIN, M.; ERDTMANN, L. K.; RODRIGUES, D. J.; KELLER, C.; HÖDL, W. 2006. *Guia de Sapos da Reserva Adolpho Ducke: Amazônia Central*. Manaus: Áttema Design Editorial.

LIMA, V. M.; REZENDE, A. L. S.; FERREIRA, J. R.; PEREIRA, K. F. 2010. *Distribution of mesenteric cranial artery in the small intestine of Procyon cancrivorus (Cuvier, 1798) (Mammalia, Procyonidae)*. Acta Scientiarum. Biological Sciences. 32 (2): 175-179.

LINDBERGH, S. M. 1998. Cães ferais do Parque Nacional de Brasília: Uma séria ameaça a fauna. In: IBAMA/FUNATURA. Plano de Manejo do Parque Nacional de Brasília. IBAMA, Brasília.

MARTINS, M. & OLIVEIRA, M. E. 1998. *Natural history of snakes in forests in the Manaus region, Central Amazonia, Brazil*. Herpetological Natural History. 6 (20): 78-150.

MASCHIO, G.; GALATTI, U.; NECKEL-OLIVEIRA, S.; GORDO, M.; BITAR, Y.O. 2012. *Répteis*. In: *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. MARTINS et al. (Orgs.) São Paulo: Nitro, 2012.

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

NECKEL-OLIVEIRA, S.; GALATTI, U.; GORDO, M.; PINHEIRO, L.C.; MASCHIO, G. 2012. *Anfíbios*. In: *Fauna da Floresta Nacional de Carajás: estudos sobre vertebrados terrestres*. MARTINS et al. (Orgs.) São Paulo: Nitro, 2012.

NOSS, R.F. 2001. *The ecological effects of roads*. In: *Managing roads for wildlife*. Proceedings of the 2001 International Conference on Ecology and Transportation. Alberta: Crowest Passp.7-24.

PLANO DE MANEJO- *Plano de Manejo para Uso Múltiplo da Floresta Nacional de Carajás*, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, CVRD - Companhia Vale do Rio Doce & STCP - STCP Engenharia de Projetos LTDA. 2003. Impresso.

PEÑA, A.P. & DRUMOND, M.E. *Levantamento de vertebrados mortos por atropelamento na rodovia GO-244 – Área de influência do projeto de irrigação “Luiz Alves do Araguaia”*. Relatório apresentado ao Ibama, não publicado. 1999.

PETERS, J. A. & OREJAS-MIRANDA, B. 1970. *Catalogue of the Neotropical Squamata*. Part I. Snakes. Bull. U. S. Natl. Mus. 297:1-347.

PRADA, C.S. 2004. *Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos*. 129 p.Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de São Carlos, São Carlos - SP.

PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A.; GUIMARÃES, Z. F. S., 2006. *Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados*. Acta Scientiarum Biological Sciences. 28 (3) 237-241.

PRIMACK, R.B. 1998. *Essentials of conservation biology*. 2 ed. Sunauer. Associates, Sunderland, 564 p.

REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A. & LIMA, I.P.2006. *Mamíferos do Brasil*. Londrina, 437 p.

RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; REZENDE, L. M.; PEREIRA, C. S.; FIGUEIREDO, C. F.; LEITE, B. F.; FRANÇA, F. G. R. 2002. *Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Água Emendadas, DF*. Anais do III Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Fortaleza, Brasil, p.585-593.

RODRIGUES, M.T. 2005. *Conservação de Répteis Brasileiros: Os desafios para um país megadiverso*. Belo Horizonte: Megadiversidade. v. 1, n. 1, p. 87-94.

RODRIGUEZ, L.O.; W.E. DUELLMAN. 1994. *Guide to the Frogs of the Iquitos Region, Amazonian Peru*. Kansas: Asociación de Ecología y Conservación, Amazon Center for Environmental Education and Research, and Natural History Museum. 80p

ROSA, C. A., CARDOSO, T. R., TEIXEIRA, F. Z., BAGER, A. 2012. *Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas*. In:

Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas. Ed. A. Bager, Ed. UFLA, Lavras, p.167-178.

SANTOS, L. R.; CAVALCANTI, R. B. 2004. *Revisão de estudos sobre a dispersão de fauna em paisagens fragmentadas de Cerrado para modelos de simulação*. Anais do XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, 1761, 445p.

SEILER, A.; HELLDIN, J. *Mortality in wildlife due to transportation*. In: DAVENPORT, J.; DAVENPORT, J. L. (Eds.). *The ecology of transportation: managing mobility for the environments*. Ireland: University College Cork, 2006. p. 165-190.

SHINE R.; LEMASTER, M.; WALL, M.; LANGKILDE, T.; MARSON, R. 2004. *Why did snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (Thamnophis sirtalis parietalis)*. Ecology and Society 9(1): 9. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss1/art9/>.

SICK, H. 2001. *Ornitologia brasileira*. Nova Fronteira. Rio de Janeiro, Brasil, 863pp.

SIGRIST, T. 2006. *Aves do Brasil: Uma visão artística*. São Paulo: Editora Avis Brasilis. 2 ed.672p.

SIGRIST T. 2008. *Aves da Amazônia Brasileira/Brazilian Amazon Birds*. São Paulo: Editora Avis Brasilis.

SIGRIST T. 2009. *Aves da Amazônia Brasileira /Brazilian Amazon Birds*. São Paulo: Editora Avis Brasilis.

SILVA, M. O.; OLIVEIRA, I. S.; CARDOSO, M. W.; Graf, V. 2007. *Impacto dos atropelamentos sobre a herpetofauna da Floresta Atlântica (PR-340, Antonina, Paraná)*. Acta Biológica Paranaense, 36 (1-2): 103-112.

TSUNOKAWA, K. 1997. *Roads and the environment: a handbook*. World Technical paper, n. 376, p. 240.

TURCI, L. C. B. & BERNARDE, P. S. 2009. *Vertebrados Atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil*. Biotemas 22(1):121-127.

VIEIRA, E. M. 1996. *Highway mortality of mammals in central Brazil*. Ciência e cultura Journal of the Brazilian Association for the Advancement of Science, 48(4):270-272.

VITT, L. J.; MAGNUSSON, W. E.; AVILA-PIRES, T. C. S.; LIMA, A. P. 2008. *Guia de Lagartos da Reserva Adolpho Ducke, Amazônia Central*. Manaus: Attema, v. 1. 176 p.

VOSS, R.S. & EMMONS, L.H. 1996. *Mammalian Diversity In Neotropical Lowland Rainforests; A Preliminary Assessment*. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 230: 1-115. Voss & Emmons (1996).

WILSON, D. E. & REEDER, D. M. (Eds.). 2005. *Mammal species of the World, a taxonomic and geographic reference*. 3ra edición. Smithsonian Institution Press. American Society of Mammalogists. Washington D.C.

CONHECENDO OS FATORES DE INFLUÊNCIA NO ATROPELAMENTO DA FAUNA SILVESTRE NA FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS

INTRODUÇÃO

A quantificação da perda de fauna silvestre consiste em importante etapa de reconhecimento do impacto, mas apenas quantificar essa perda não resolve o problema dos impactos causados aos animais silvestres. Ainda que o estudo de fauna atropelada no Brasil tenha crescido muito, como constatamos no primeiro capítulo desta tese, verificamos na atualidade um cenário parecido com sete anos atrás, quando BAGER et al. (2007) verificaram uma predominância de trabalhos descritivos que apenas apresentavam listas das espécies atropeladas. Mas quais fatores ambientais e estruturais aumentam os índices de atropelamento em estradas? Reconhecendo tais fatores, podemos propor medidas mitigadoras para, senão interromper, diminuir o número de atropelamentos em estradas.

Dentre esses fatores, os mais estudados estão associados à distribuição espacial da cobertura vegetal e do uso do solo. Para alguns autores, os atropelamentos podem ser explicados pela vegetação da paisagem de entorno (JÁCOMO et al. 1996; ROMIN & BISSONETE, 1996; BENCKE & BENCKE, 1999; CLEVENGER, 2003; BAGER et al. 2007; FOUND & BOYCE, 2011; BUENO et al. 2012). FISHER (1997) e PRADA (2004) relacionam os atropelamentos aos cursos d'água. Outros fatores relevantes para o atropelamento parecem ser o *status* de proteção das áreas (BAGER & ROSA 2012, COELHO et al. 2012, COLINO-RABANAL et al. 2012, DORNAS et al. 2012, GARRIGA et al. 2012) e a intensidade de tráfego associado ao controle de limites de velocidade (COLINO-RABANAL et al. 2011, SNOW et al. 2011, COLINO-RABANAL et al. 2012, SEIJAS et al. 2013, HUSBY & HUSBY, 2014, BARTHELMESS, 2014).

Os impactos causados pelas estradas são intensos e graves, ficando clara a necessidade de urgentes tomadas de decisão que envolvam a implantação de medidas de mitigação. Para a execução destas, dois aspectos são fundamentais: conhecer melhor os fatores de influência e os pontos de agregação dos atropelamentos. Nosso objetivo nesse capítulo foi compreender melhor os fatores que influenciaram os atropelamentos.

Testamos duas hipóteses nesse capítulo:

1. A pluviosidade afeta diretamente o número de atropelamentos; acreditamos que a chuva contribui para o aumento do efeito surpresa e diminui a capacidade de frenagem do motorista na pista.

2. Tanto o fluxo de veículos como o limite de velocidade não apenas influenciam os atropelamentos, como devem ter uma relação significativa com o número de animais atropelados. Acreditamos que o fluxo de veículos deva ser um fator bastante relevante, especialmente por se tratar de uma unidade de conservação onde o fluxo de veículos é bastante intenso devido às atividades minerárias realizadas no interior da Flona.

3.1. Objetivos

Os objetivos específicos deste capítulo são:

- a. Avaliar a influência da pluviosidade sobre o atropelamento das diferentes classes de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás;
- b. Avaliar a influência do fluxo de veículos sobre o número de atropelamentos na Floresta Nacional de Carajás;
- c. Avaliar a influência das variáveis físicas e ambientais da estrada sobre o número de animais atropelados na Floresta Nacional de Carajás;
- d. Avaliar a influência do limite de velocidade sobre o número de animais atropelados na Floresta Nacional de Carajás;

3.2. Material e métodos

Nós analisamos a influência da pluviosidade, do fluxo de veículos, do limite de velocidade e dos fatores ambientais e estruturais da estrada sobre os atropelamentos, considerando os dados das duas estradas em conjunto. Em uma escala espacial, existe uma tendência de continuidade desses fatores ao longo das duas estradas, uma vez que as mesmas são contínuas, sendo interrompidas apenas pela mina de ferro.

Para avaliar a influência da pluviosidade sobre o atropelamento, nós usamos os dados pluviométricos da Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar e

Meteorologia da Mina de Ferro da empresa Vale. A mesma localiza-se no interior da Floresta Nacional de Carajás nas proximidades da Mina de Ferro N4 (coordenada em UTM SAD - latitude 593.559 e longitude 9.327.114, fuso UTC-3(-2DT)). Essa estação opera continuamente, 24 horas por dia, mensurando direção e velocidade do vento, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa do ar e evaporação.

Os dados de fluxo de veículos foram obtidos a partir do controle de acesso à Floresta Nacional de Carajás realizado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade em parceria com a empresa Vale. Os mesmos realizam monitoramento de entrada de veículos leves e pesados por meio de uma portaria, durante 24 horas em todos os dias do ano, ininterruptamente. Esses dados são da portaria principal de entrada na Flona e a única de acesso à estrada Raymundo Mascarenhas.

Percorremos todo o trecho estudado das duas estradas quantificando o número de curvas existentes e verificando o limite de velocidade estabelecido em cada um dos quilômetros, a partir dos dados presentes nas placas de sinalização (Figura 29 A e B).

Figura 29 - Placa de sinalização indicando limite de velocidade (A) e presença de curva para a direita (B) localizadas no Km 20 da estrada Raymundo Mascarenhas no interior da Floresta Nacional de Carajás.



Para a medição dos parâmetros ambientais e estruturais das estradas, consideramos o quilômetro como unidade amostral ($n=67$). O ponto exato do local da amostragem foi determinado pela presença da placa de sinalização informativa com o número do quilômetro. Em cada uma dessas localidades foram estabelecidas duas parcelas de 10 x 10 metros, uma em cada um dos lados da estrada, garantido

amostragem das características ambientais e estruturais da estrada, ebm como da vegetação nos dois sentidos da estrada. Consideramos como parâmetros estruturais, além do número de curvas presentes em cada quilômetro, a largura da estrada e a presença de canaletas de escoamento de água. Quanto aos parâmetros ambientais, verificamos a existência de corpo d'água e fizemos uma caracterização da vegetação estabelecida em cada uma das unidades amostrais. Nós coletamos os dados de caracterização da vegetação numa área de 200 m². Para cada um dos 67 pontos, coletamos dados nos dois lados da estrada. Nesta área amostral, detectamos a árvore mais alta e estimamos sua altura, medimos o DAP (diâmetro na altura do peito) para as cinco maiores árvores e medimos a distância do limite da estrada à vegetação herbácea, ao arbusto e à árvore mais próxima da estrada. Todos os pontos foram amostrados pela mesma equipe, evitando uma variação na tomada das medidas por parte de diferentes observadores. A influência dos fatores ambientais e estruturais da estrada foi analisada a partir da Análise de Componentes Principais (PCA) através do programa Statistica. Para cada quilômetro foi atribuído um único valor de altura de árvore, DAP, distância da herbácea, do arbusto e da árvore obtidos a partir da média encontrada para as respectivas variáveis considerando os dois lados da estrada.

A regressão linear foi usada para verificar se o número de atropelamentos foi afetado tanto pela pluviosidade como pelo fluxo de veículos. Para testarmos a influência da pluviosidade, nós relacionamos o número de atropelamentos mensal e os valores de precipitação atribuídos aos respectivos meses. Os valores de precipitação consistiram no somatório da precipitação diária do referido mês. Para as análises da influência do fluxo de veículos, consideramos a média mensal do fluxo, considerando entrada e saída e o somatório de veículos leves e pesados.

Posteriormente, utilizamos uma regressão múltipla para analisar a influência da pluviosidade e do fluxo de veículos (leves e pesados) em conjunto. Para essa análise consideramos os dados do fluxo de entrada de veículos.

Usamos a análise de variância (ANOVA) para testar a influência do limite de velocidade sobre o número de atropelamentos. As análises de regressão e ANOVA foram feitas no programa Systat 13.0.

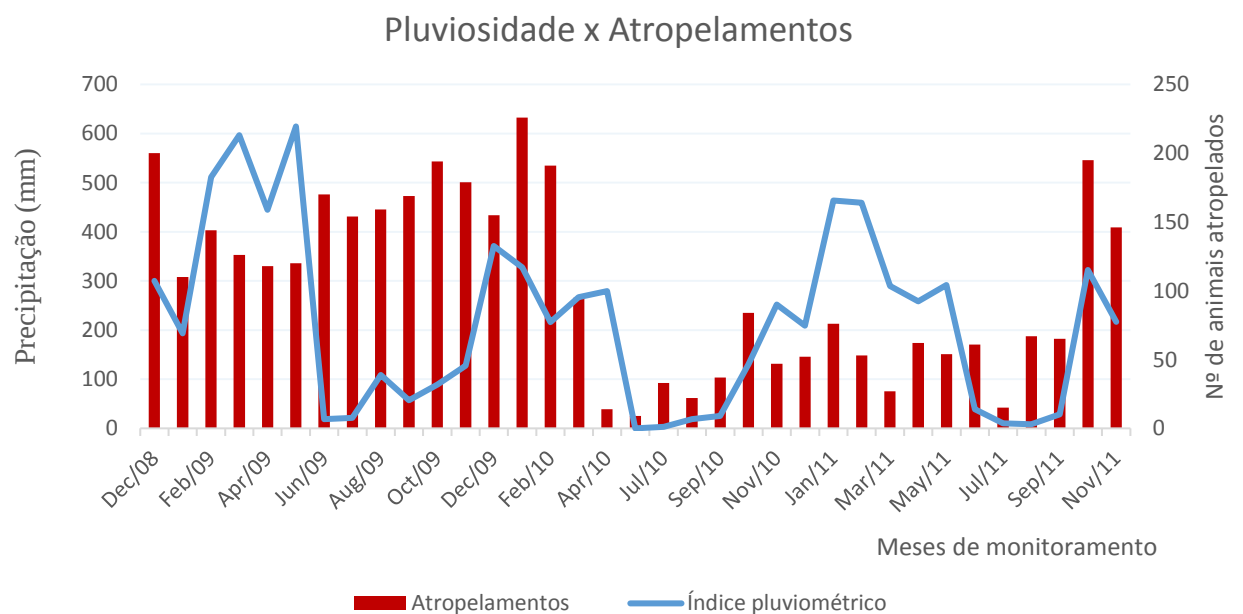
3.3. Resultados

Para analisarmos a influência da pluviosidade, fluxo de veículos, limite de velocidade e fatores ambientais e estruturais da estrada sobre os atropelamentos consideramos os dados das duas estradas em conjunto.

3.3.1. Atropelamentos x pluviosidade

O número de atropelamentos da Floresta Nacional de Carajás não foi influenciado pela pluviosidade ($r^2 = 0,046$, $N = 35$, $p = 0,219$) quando analisamos os dados totais de animais atropelados (Figura 30).

Figura 30 - Relação entre a pluviosidade e o número total de atropelamentos da fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



No entanto, quando realizamos a mesma análise por classe, verificamos que para anfíbios ($r^2 = 0,128$ $N = 35$, $p = 0,035$) e répteis ($r^2 = 0,136$ $N = 35$, $p = 0,030$) houve uma influência estatisticamente significativa da pluviosidade no número de atropelamentos, enquanto que para mamíferos ($r^2 = 0,008$ $N = 35$, $p = 0,609$) e aves ($r^2 = 0,044$ $N = 35$, $p = 0,229$) não existiu (Figura 31 A, B, C e D).

Figura 31 - Relação entre a pluviosidade e o número de atropelamento para (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

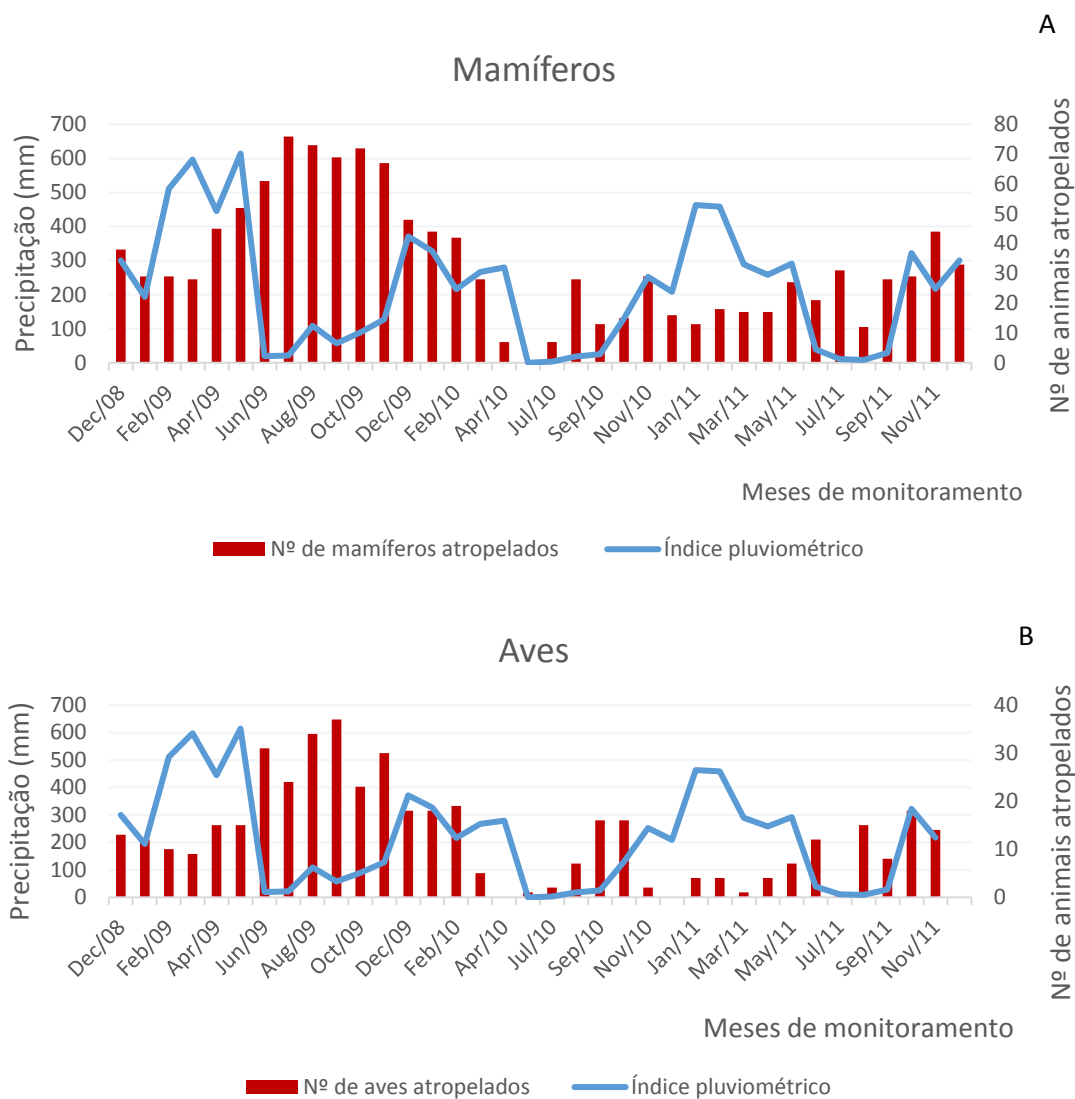
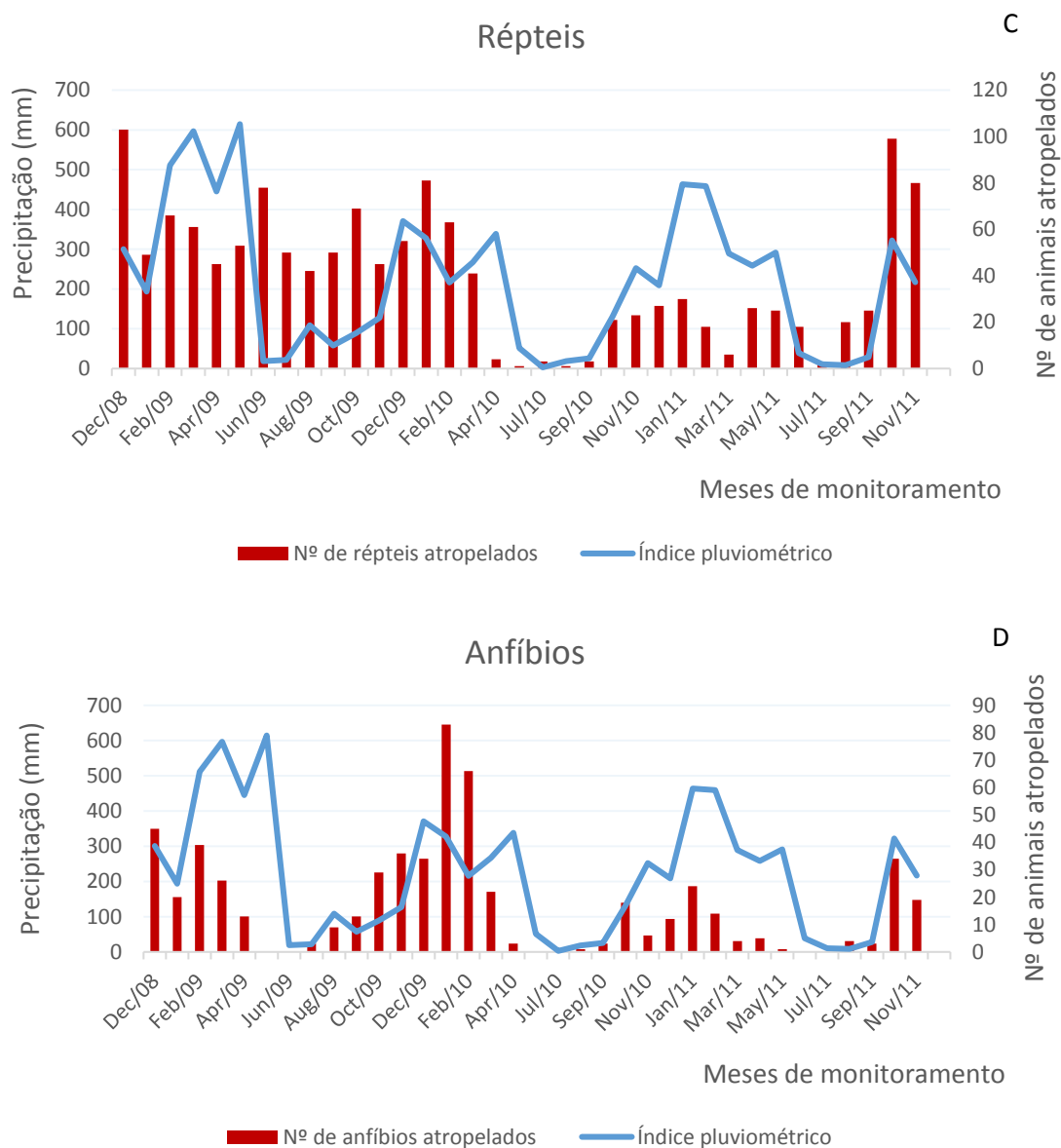


Figura 31 - Relação entre a pluviosidade e o número de atropelamento para (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

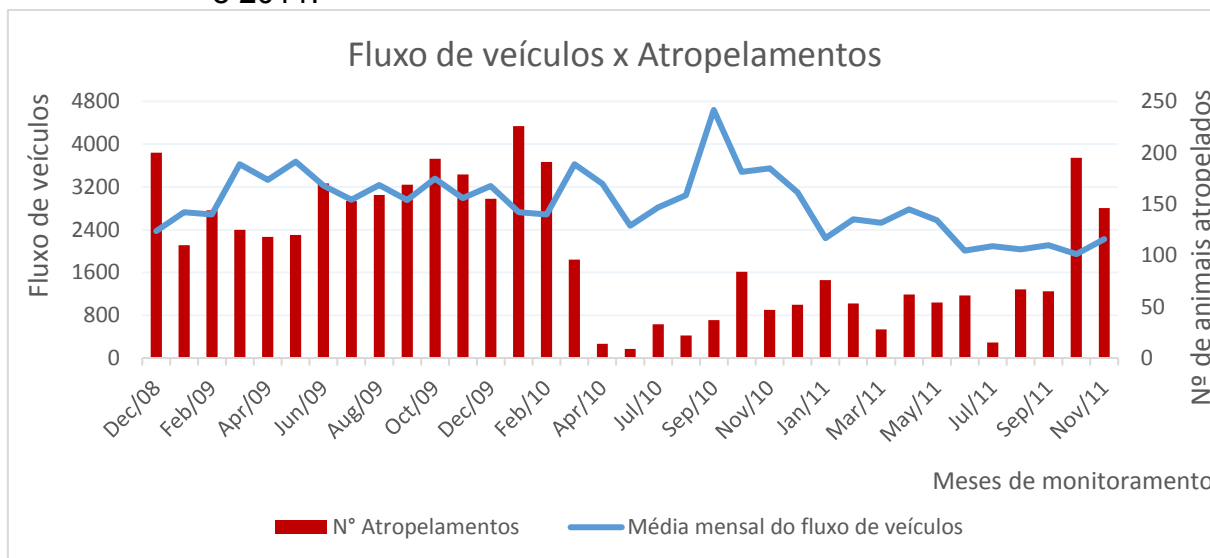


3.3.2. Atropelamentos x fluxo de veículos

Verificamos que o número de atropelamentos das Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul na Floresta Nacional de Carajás não foi influenciado pelo fluxo de carros (somatório de veículos leves e pesados) ($r^2 = 0,002$,

N= 35, $p = 0,981$) quando analisados os dados totais de animais atropelados numa regressão simples (Figura 32).

Figura 32 - Relação entre o fluxo de veículos e o número total de atropelamento de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

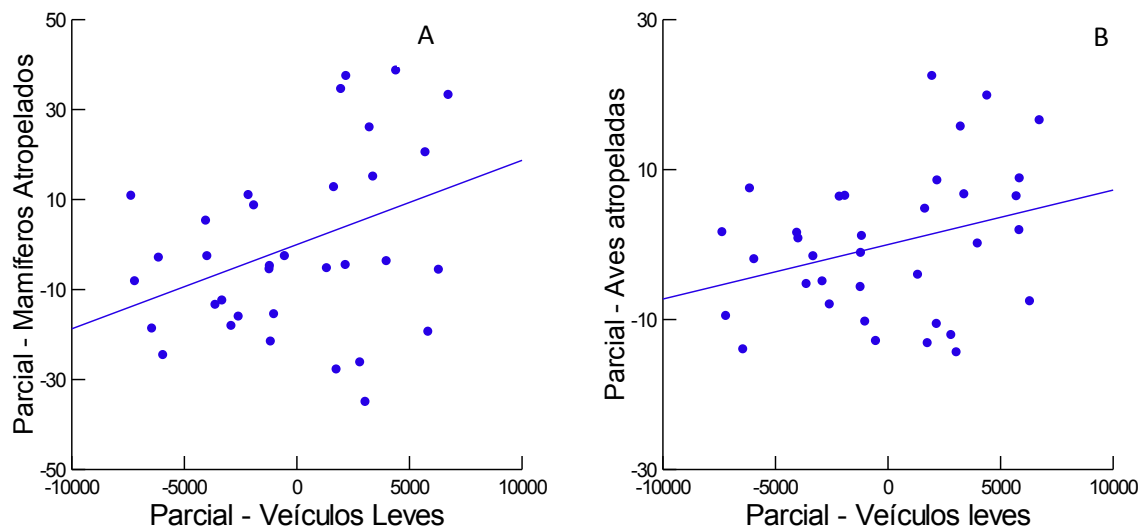


3.3.3. Atropelamentos x pluviosidade e fluxo de veículos

Analisando o número de atropelamentos com os dados de pluviosidade, o fluxo de veículos leves e o fluxo de veículos pesados, verificamos que o modelo não foi significativo para quaisquer dos grupos estudados: mamíferos ($R^2=0,145$; $F_{3,31}=1,752$ $p=0,177$); aves ($R^2=0,142$; $F_{3,31}=1,709$ $p=0,186$); répteis ($R^2=0,131$; $F_{3,31}=1,558$ $p=0,219$) e anfíbios ($R^2=0,145$; $F_{3,31}=1,754$ $p=0,177$).

No entanto, após retirar o efeito das outras variáveis, identificamos que o fluxo de veículos leves explicou parte da variação encontrada para os mamíferos ($p = 0,031$) e marginalmente para as aves ($p=0,081$) (Figura 33-A e B).

Figura 33 - Relação entre o fluxo de veículos leves e o número de animais atropelados para (A) mamíferos ($p= 0,031$) e (B) aves ($p=0,081$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



3.3.4. Relação entre os atropelamentos e as estruturas ambiental e da estrada

Através da análise de componentes principais (PCA) verificamos quais variáveis são mais importantes na variação das características ambientais e físicas ao longo da estrada a partir da análise de dez diferentes fatores sobre o número total de atropelamentos. Consideramos como componentes: a largura da estrada, a presença de canaletas de escoamento de água pluvial, a presença de curso d'água, o DAP das 5 maiores árvores, a altura da maior árvore, a distância da primeira herbácea, arbusto e árvores mais próximos da estrada, número de curvas e limite de velocidade do trecho.

Os autovalores encontrados, bem como a porcentagem de variância explicada por cada componente e a variância acumulada pelas mesmas podem ser observados na tabela 8. Os três primeiros autovalores da PCA explicaram 71% da variância, sendo que o primeiro explicou 46,20%, o segundo 13,83% e o terceiro, 10,92% da variância total.

Para a escolha do número de componentes principais usamos os critérios de incluir na análise os componentes que conseguem sintetizar uma variância acumulada em torno de 70% (VICINI, 2005) e aqueles que os autovalores foram maiores que 1 (KAISER, 1960) (destacados em negrito na Tabela 8).

Tabela 8 - Autovalores e percentual da variância explicada de cada componente a partir de análise de componente principal avaliando a influência de fatores ambientais e estruturais da estrada no número de atropelamentos de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás.

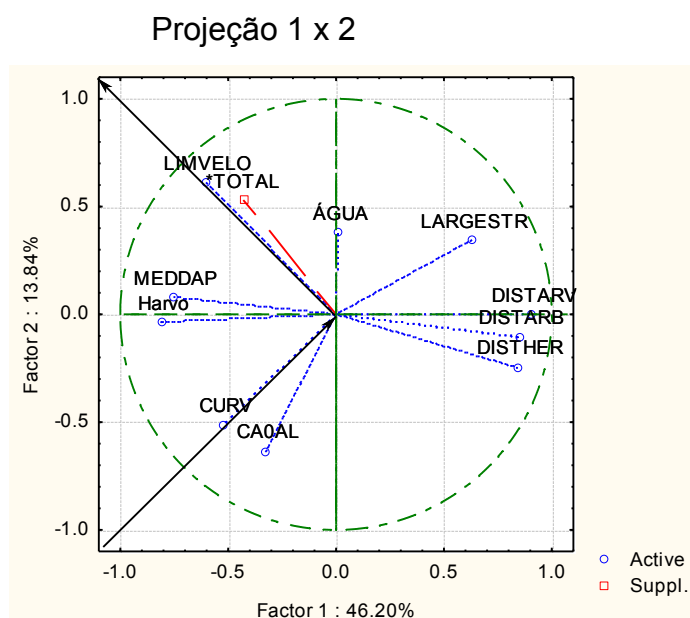
Autovalores				
Extração dos componentes principais				
Número de componentes	Autovalores	% variância explicada	Autovalores acumulados	% da variância explicada acumulada
1	4,620	46,201	4,620	46,201
2	1,383	13,838	6,004	60,040
3	1,092	10,920	7,096	70,960
4	0,859	8,591	7,955	79,551
5	0,650	6,500	8,605	86,052
6	0,455	4,558	9,061	90,610
7	0,346	3,465	9,407	94,076
8	0,280	2,807	9,688	96,884
9	0,194	1,945	9,883	98,830
10	0,116	1,169	10,000	100,000

As variáveis que melhor explicam o primeiro fator dizem respeito à composição da vegetação (tais como, altura da árvore, DAP's e distância da vegetação à estrada). O segundo fator foi mais bem explicado pela estrutura da estrada com a presença de canaletas para escoamento de chuva, o limite de velocidade e o número de curvas. O terceiro fator é explicado predominantemente pela presença de curso de água (Tabela 9, Figura 34).

Tabela 9 - Matriz de correlação entre as variáveis originais e os componentes principais, demonstrando a contribuição de cada variável a cada fator (1, 2 e 3).

Variável usada	Fator 1	Fator 2	Fator 3
Altura árvore	-0,811	0,036	0,189
Média dos DAP's	-0,755	-0,078	-0,055
Distância Herbácea	0,841	0,244	0,121
Distância Arbusto	0,848	0,104	0,115
Distância árvore	0,908	0,001	0,111
Largura da estrada	0,628	-0,345	0,026
Presença de canaleta	-0,326	0,634	0,440
Número de curvas	-0,522	0,513	0,088
Presença de curso d'água	0,009	-0,382	0,900
Limite de Velocidade	-0,607	-0,613	0,039

Figura 34 - Círculo de correlação: Projeção das variáveis suplementares para o primeiro e segundo Fatores.



Legenda das variáveis avaliadas: TOTAL (Total de indivíduos atropelados); LIMVELO (Limite de velocidade); ÁGUA (Presença de curso d'água); LARGESTR (Largura da estrada); DISTARV (Distância da primeira árvore da estrada); DISTARB (Distância do primeiro arbusto da estrada); DISTHER (Distância da primeira herbácea da estrada); CANAL (Presença de canaleta de escoamento de água pluvial); CURV (Número de curvas); HARVO (Altura da maior árvore); MEDDAP (Média do diâmetro na altura do peito das cinco maiores árvores).

O modelo proposto de regressão múltipla relacionando o número de atropelamentos com os três primeiros fatores da PCA foi significativo para os quatro grupos (Tabela 10). A maior proporção de animais atropelados explicado pelo modelo foi de mamíferos e répteis ($R^2= 0,413$ e $R^2= 0,405$, respectivamente)

ANFÍBIOS

A estrutura do ambiente (caracterizada pelo Fator 1 – $p=0,030$) e da estrada (caracterizada pelo Fator 2 – $p<0,001$) explicaram significativamente o número de atropelamentos de anfíbios após retirado o efeito das outras variáveis (Tabela 10). O Fator 3, caracterizado predominantemente pela presença de curso d'água não influenciou o atropelamento (Figura 35 A, B e C).

RÉPTEIS

A estrutura do ambiente (Fator 1 – $p<0,001$) explicou significativamente o número de atropelamentos de répteis (Tabela 10), enquanto a estrutura da estrada teve um efeito marginal (Fator 2 – $p=0,063$) após retirado o efeito das outras variáveis (Figura 36 A, B e C).

AVES

Apenas a estrutura da estrada (Fator 2 – $p=0,002$) explicou significativamente o número de atropelamentos de aves após retirado o efeito das outras variáveis (Figura 37 A, B e C; Tabela 10).

MAMÍFEROS

A estrutura do hábitat (Fator 1 – $p<0,001$) e da estrada (Fator 2 – $p<0,001$) explicaram significativamente o número de atropelamentos de mamíferos após retirado o efeito das outras variáveis (Figura 38 A, B e C; Tabela 10).

Tabela 10 - Resultados da regressão múltipla entre o número de atropelados de anfíbios, répteis, aves e mamíferos com os três primeiros fatores da PCA, onde β é o coeficiente da regressão e padronizado, R^2 é a variação total que foi explicada pelo modelo, F o valor do teste e p o nível de significância.

	β	β padronizado	R^2	F	p
Anfíbios			0,387	13,250	<0,001
Constante	8,806				
Fator 1	-1,578	-0,220			0,030
Fator 2	-4,180	-0,582			<0,001
Fator 3	0,078	0,011			0,913
Répteis			0,405	14,267	<0,001
Constante	20,552				
Fator 1	-5,850	-0,609			<0,001
Fator 2	-1,767	-0,184			0,063
Fator 3	-0,018	-0,002			0,984
Aves			0,196	5,122	0,003
Constante	6,657				
Fator 1	0,774	0,141			0,218
Fator 2	-2,044	-0,371			0,002
Fator 3	-1,079	-0,196			0,088
Mamíferos			0,413	14,778	<0,001
Constante	17,970				
Fator 1	-3,781	-0,393			<0,001
Fator 2	-4,884	-0,508			<0,001
Fator 3	0,007	0,001			0,994

Figura 35 - Relação entre a parcial do número de anfíbios atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p=0,030$), (B) Fator 2 ($p<0,001$) e (C) Fator 3 ($p=0,913$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

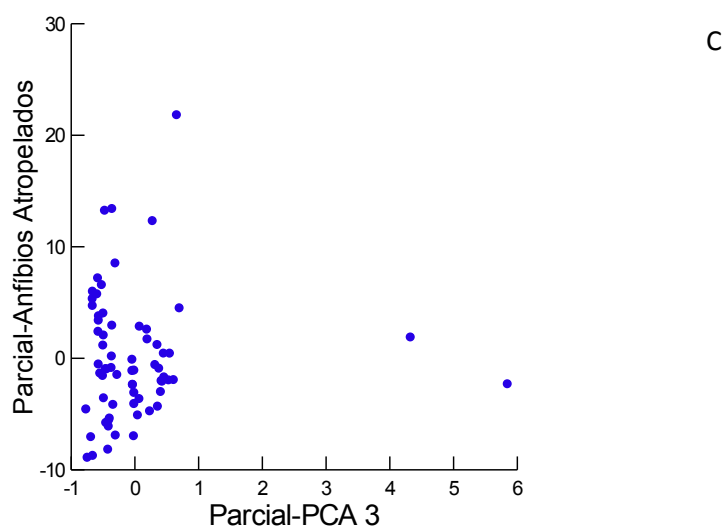
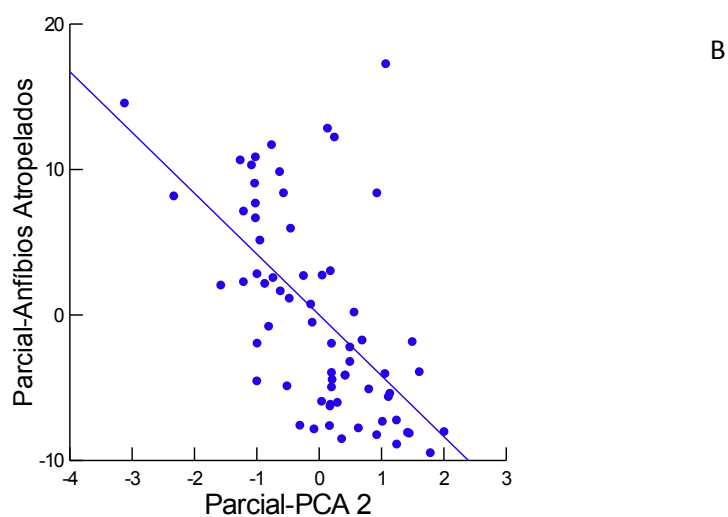
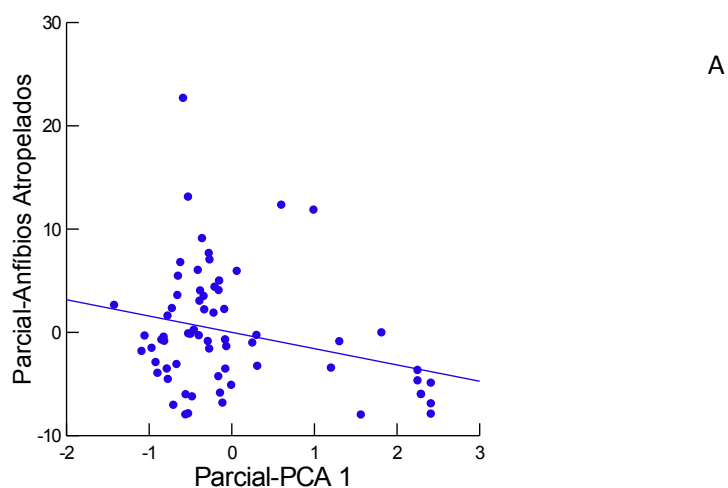


Figura 36 - Relação entre a parcial o número de répteis atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p < 0,001$), (B) Fator 2 ($p = 0,063$) e (C) Fator 3 ($p = 0,984$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

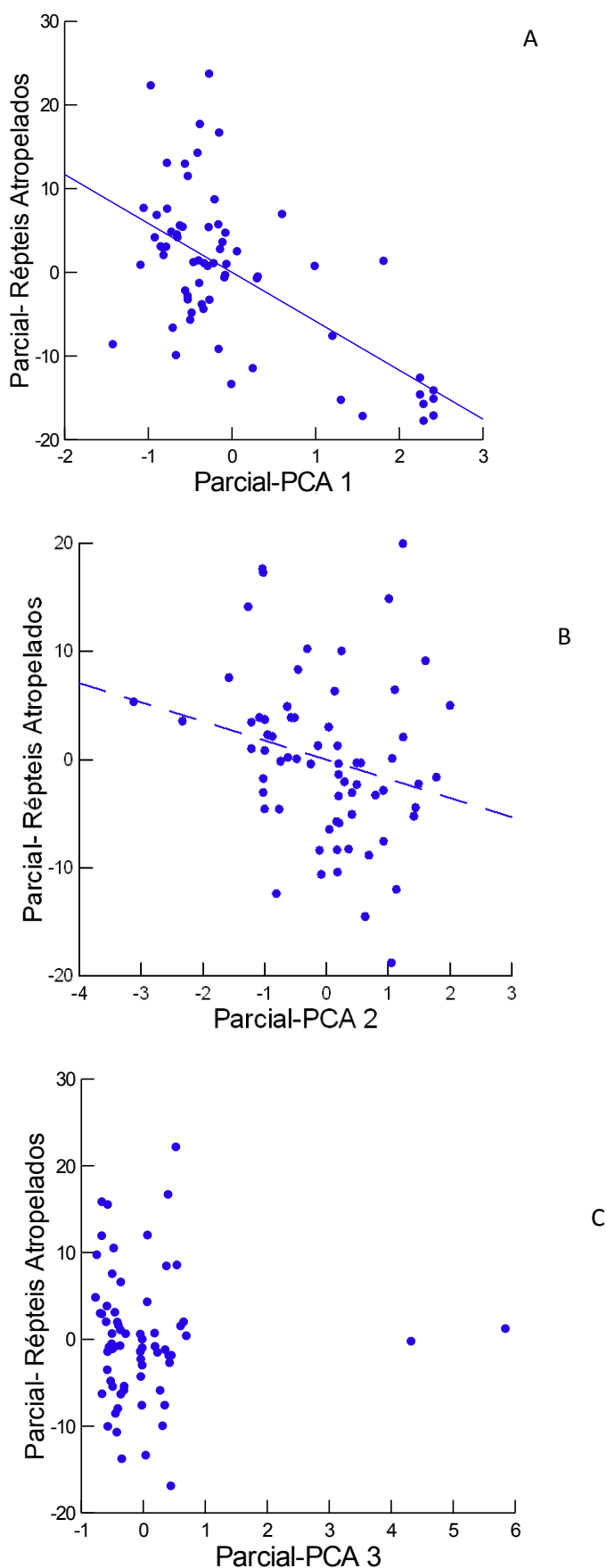


Figura 37 - Relação entre a parcial do número de aves atropeladas e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p=0,218$), (B) Fator 2 ($p=0,002$) e (C) Fator 3 ($p=0,088$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

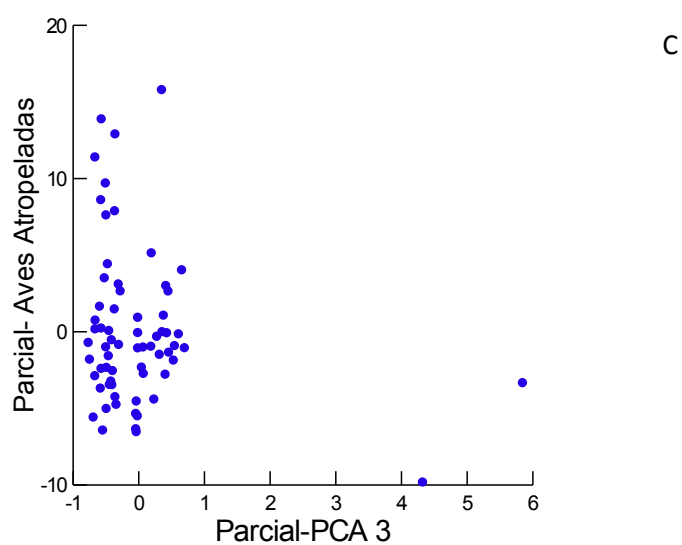
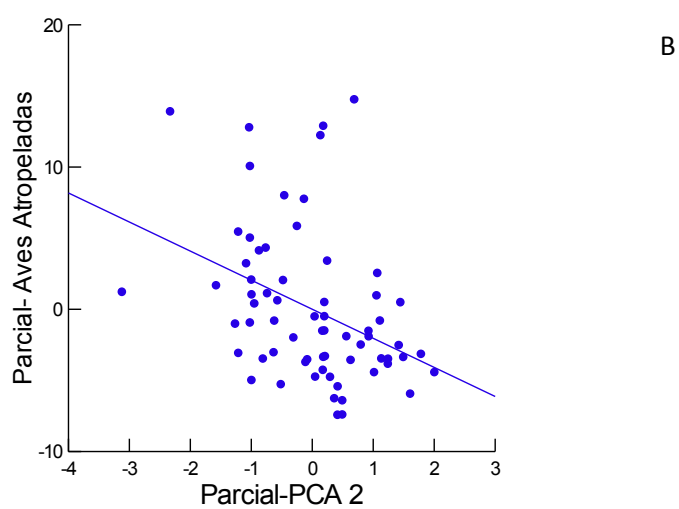
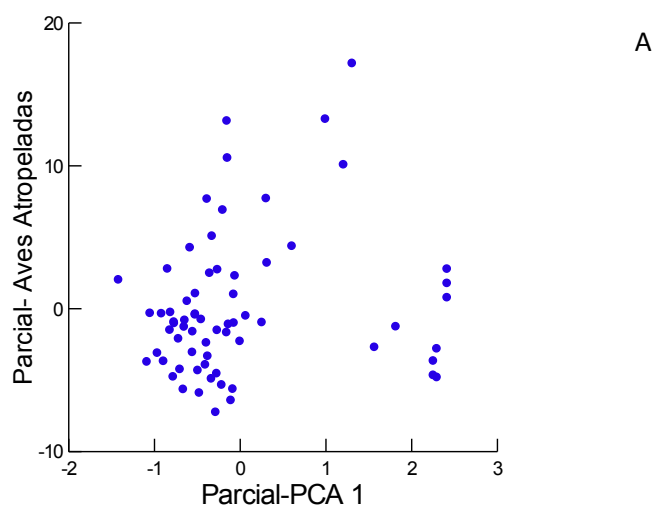
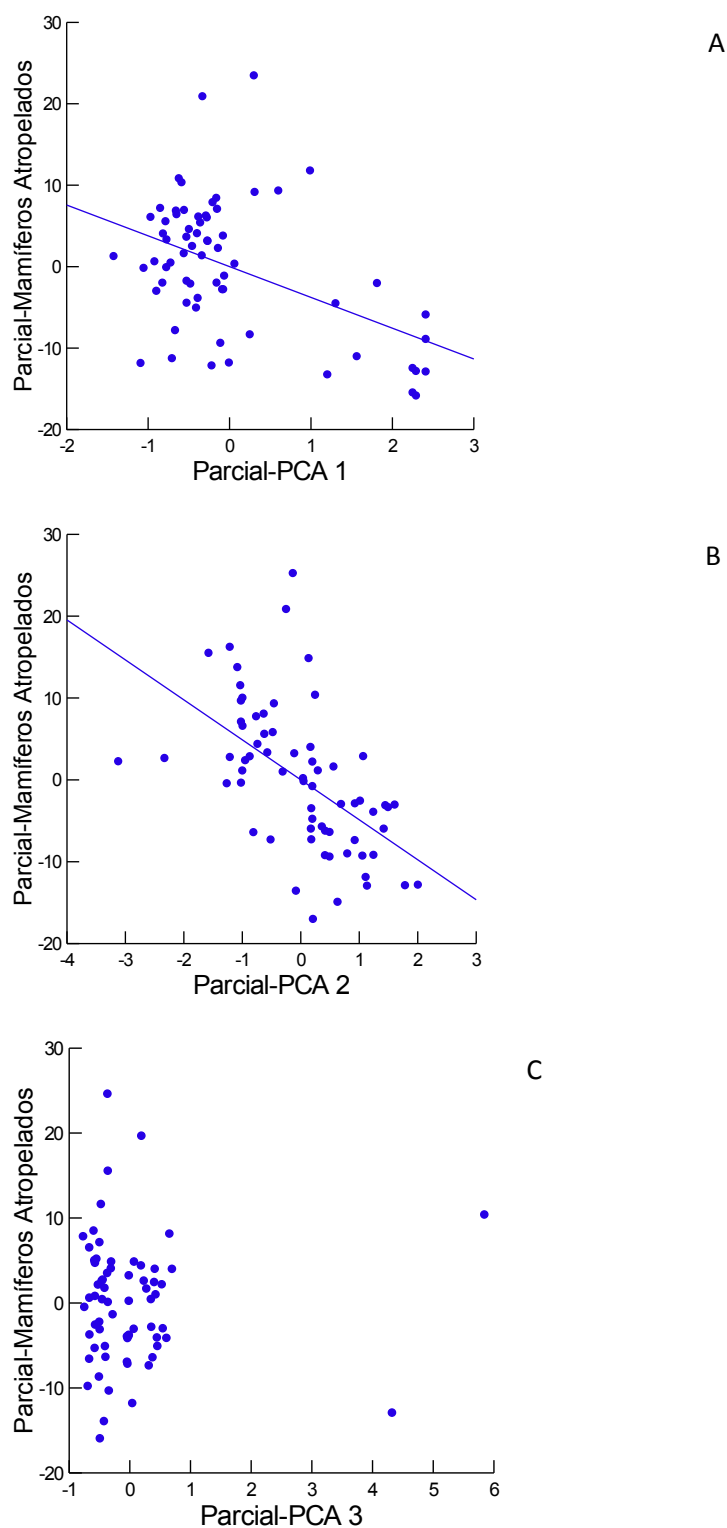


Figura 38 - Relação entre a parcial do número de mamíferos atropelados e a parcial da PCA para o (A) Fator 1 ($p < 0,001$), (B) Fator 2 ($p < 0,001$) e (C) Fator 3 ($p = 0,994$) na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

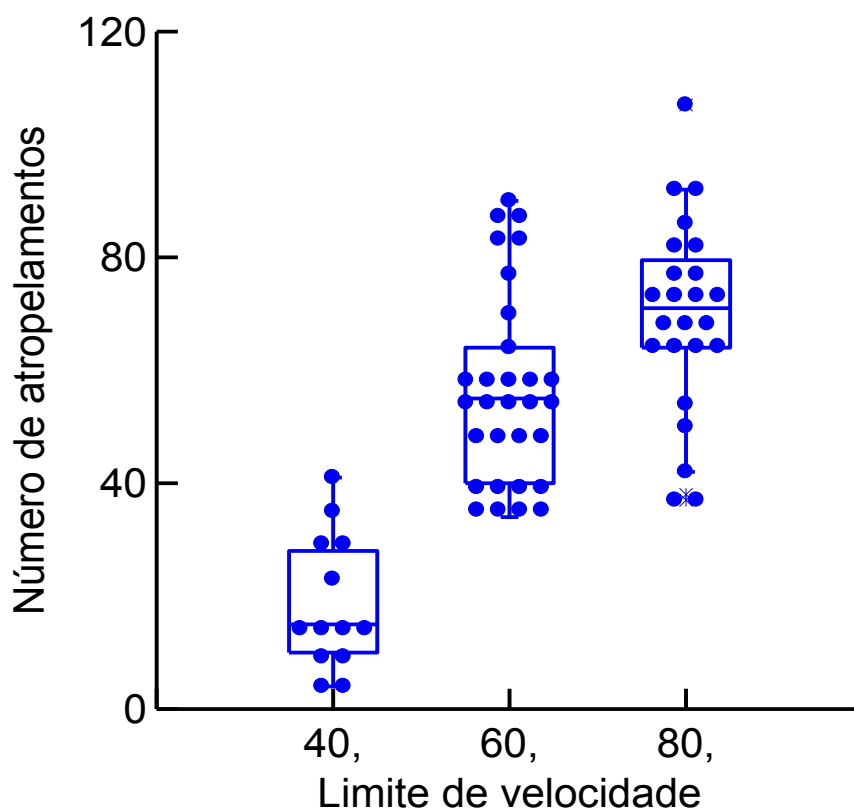


3.3.5. Atropelamentos x limite de velocidade

Encontramos ao longo do trecho estudado 53 e 27 placas de limite de velocidade nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do azul, respectivamente. Essas apresentaram um limite de velocidade que variou entre 40, 60 e 80 Km/h.

Nossas análises demonstraram que o limite de velocidade influenciou significativamente o número de atropelamentos (Figura 39), ($F=42,49$; $r=0,755$; $p<0,001$, ANOVA). Verificamos, através do teste de Tukey que todos os limites de velocidade diferiram significativamente entre si: 40x60 ($p<0,001$), 40x80 ($p<0,001$) e 60x80 ($p=0,013$).

Figura 39 - Influência do limite de velocidade no número de atropelamentos nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul ($F=42,49$; $r=0,755$; $p<0,001$, ANOVA) na FLONA de Carajás, PA. As caixas representam 50% das observações, sendo que a linha central corresponde ao valor da mediana.



3.4. Discussão

Esperávamos que a pluviosidade afetasse diretamente o número de atropelamentos pela contribuição da chuva no efeito surpresa, que ocasiona baixa visibilidade, além da chuva dificultar a agilidade do motorista em parar o carro ou desviar do animal. No entanto, verificamos uma influência significativa da pluviosidade sobre o número de atropelamentos apenas para os répteis e anfíbios, confirmando parcialmente nossa hipótese. A relação do período chuvoso com o número de atropelamentos tende a refletir os padrões reprodutivos para várias espécies da herpetofauna. O período de chuvas ocorre no verão quando serpentes e lagartos estão mais ativos e costumam utilizar beira de estrada para termorregular. As aves e os mamíferos não responderam à pluviosidade, mas ambos os grupos tiveram um aumento no número de atropelamentos no mesmo período de julho a dezembro em todos os anos amostrados, mas especialmente para o ano de 2009. Não foi possível verificar relação entre esses meses e o período reprodutivo das principais espécies atropeladas, tanto para o grupo de mamíferos (REIS, 2006) como para o de aves (SICK, 2001).

Quanto ao fluxo de veículos, considerando o somatório de veículos (leves e pesados) sobre os atropelamentos, não encontramos relação. No entanto, ao analisar separadamente os veículos (leves e pesados), verificamos uma influência, confirmando parcialmente nossa hipótese. Apesar dos veículos pesados terem maior dificuldade em relação à redução de velocidade, verificamos que foram os veículos leves que mais influenciaram no atropelamento, especialmente para os mamíferos. Provavelmente isso se deve, ao fato dos veículos leves poderem atingir maiores velocidades, dificultando uma reação rápida e consequente frenagem, quando o animal entra na pista de repente. Isso corrobora o resultado de que o número de atropelamentos nos trechos onde diminui o limite de velocidade é menor do que nos trechos de maior velocidade.

Considerando os dados de entrada na portaria principal da Flona, os veículos leves correspondem a 77% do fluxo do tráfego na Floresta Nacional de Carajás. Tal fluxo está associado tanto às atividades relacionadas diretamente ao trabalho na mina como a outras atividades de vínculos indiretos com a mineração como, por exemplo, o núcleo dos moradores e o aeroporto local, todos localizados na estrada estudada. A relação significativa dos veículos leves com o atropelamento de

mamíferos, um dos grupos mais atingidos na Flona, deve funcionar como um indicativo, devendo ser levado em consideração para a elaboração de medidas mitigatórias, especialmente para atividades de educação ambiental que envolvam a conscientização no controle da velocidade.

A relação do número de atropelamentos por quilômetro com os três primeiros componentes da PCA nos revelou interessantes resultados. O primeiro fator foi sustentado pelas variáveis relacionadas à proximidade dos componentes vegetais da borda. Esse parece ser um fator importante no estudo das variáveis que influenciam nos atropelamentos, corroborando os autores que ao detectarem esse efeito chegam a sugerir o manejo da vegetação de borda da estrada (LANGEN et al. 2012; SEIJAS et al. 2013). A presença de árvores frutíferas na beira de estradas pode ter relação com o aumento no número de atropelamentos e deve ser verificado em estudos futuros, a fim de que tais árvores sejam evitadas.

A estrutura da estrada, enfocando as curvas, a presença de canaletas de escoamento de água e o limite de velocidade foram os responsáveis pelo segundo fator. As curvas e a presença de estruturas de escoamento de água são muito pouco estudados. Já as curvas parecem ter um efeito indireto, pois obrigam os motoristas a reduzir a velocidade. Já as canaletas devem ter um efeito direto, impedindo ou dificultando a passagem da fauna. A velocidade tem se mostrado um dos principais fatores influenciando no atropelamento (SEILER, 2005; BARRIENTOS & BOLONIO, 2009; DANKS & PORTER, 2010; COLINO-RABANAL et al. 2011).

O terceiro fator foi sustentado principalmente pela presença de água, variável bastante estudada (CLEVENGER et al. 2003; RAMP et al. 2005; KANDA et al. 2006; FARMER & BROOKS, 2012), porém neste estudo com pouco efeito aparente.

Para os anfíbios, os dois primeiros fatores influenciaram no número de animais atropelados. Assim, trechos onde a vegetação estava mais próxima a estrada e onde não tivesse canaletas, o número de atropelamentos foi maior. A proximidade da vegetação com a estrada significa a proximidade do habitat do animal com a estrada, aumentando o risco de atropelamento. Por outro lado, a presença das canaletas de escoamento de água funciona como um *pitfall* impedindo que o animal siga em frente na estrada. Apesar do segundo fator ser também representado pela presença de curvas e limites de velocidade, o efeito dessas na mortalidade dos anfíbios deve se dar de forma indireta, uma vez que

velocidades menores tendem à redução da mortalidade (FARMER & BROOKS, 2012; ZHENGJI et al. 2012). Dificilmente, estes animais são visíveis nos horários noturnos que possa levar um motorista a reduzir a velocidade para não atropelá-los.

O curioso foi a relação não significativa com o terceiro fator (onde predomina a presença de curso d'água). Provavelmente esse resultado foi devido ao grande número de indivíduos da espécie *Rinella marina*, que correspondeu a 56% dos anfíbios atropelados. *Rinella marina* é uma espécie terrícola (BERNARDE, 2007; LIMA et al. 2006) e apresenta grandes áreas de vida (MICHALSKI & PERES, 2005) o que provavelmente faz com que as áreas onde esse animal foi mais atropelado não corresponda necessariamente aos ambientes com água.

Para os répteis, a significância da relação dos fatores da PCA com o atropelamento ocorreu de forma semelhante aos anfíbios. A proximidade da vegetação com a estrada teve um efeito altamente significativo no atropelamento, o número de atropelamentos diminuiu quanto maior a distância de herbáceas, arbustos e árvores. Em relação ao Fator 2, o efeito foi marginal, o que sugere que para os répteis as canaletas não devem ser consideradas um obstáculo tão significativo como para os anfíbios. Tal resultado é esperado, uma vez que os répteis mais atropelados são as serpentes, que são capazes de transpor a canaleta e atravessar a estrada.

Para as aves, o fator 2, relacionado principalmente pela velocidade e presença de canaletas foi o que melhor explicou o número de atropelamentos. A velocidade parece afetar o atropelamento de aves e por isso a proposta de controle da velocidade vem sendo considerado para mitigar tais impactos (SILVA et al. 2012; WANG et al. 2013; CARVALHO et al. 2014). A presença da canaleta, pode representar menor área de forrageamento para as aves nas margens da estrada, o que deve minimizar os atropelamentos nessa área.

Para os mamíferos, tanto o fator 1 como o fator 2 explicaram os atropelamentos. A menor distância da vegetação em relação à estrada aumenta os atropelamentos e assim como os maiores limites de velocidade. A presença de canaletas reduz os atropelamentos, provavelmente por servir como um *pitfall* para os pequenos mamíferos ou de obstáculos aos médios e grandes na travessia da estrada. O número de curvas e os limites de velocidade inferiores fazem com que os motoristas diminuam a velocidade e tenham a possibilidade de enxergar o

animal, diminuindo o efeito surpresa e evitando a colisão. BARTHELMESS (2014) conseguiu relacionar o efeito da velocidade especialmente para o grupo dos mamíferos, corroborando nossos resultados.

Nossa hipótese sobre o limite de velocidade foi confirmada. O efeito da velocidade sobre os atropelamentos aparece tanto na análise de regressão múltipla entre os atropelamentos e o fator 2 da PCA (se relacionando com todos os grupos de forma significativa ou marginalmente significativa, no caso das aves) como quando testada com os três limites de velocidades encontrados ao longo das estradas estudadas. O fluxo de veículos só teve um efeito significativo na mortalidade da fauna, quando consideramos os veículos leves. Novamente, isso indica que o limite de velocidade é um ponto crucial na mitigação de impactos de atropelamento, uma vez que são estes veículos que atingem maiores velocidades.

As análises realizadas nesse capítulo nos apontaram dois caminhos centrais para o trabalho de mitigação dos atropelamentos na Floresta Nacional de Carajás: o manejo da vegetação e de estrutura de borda da estrada e o limite da velocidade. Ambos serão discutidos no próximo capítulo que tratará também de uma proposta mitigadora aos atropelamentos no interior da Floresta Nacional de Carajás.

REFERÊNCIAS

- BAGER, A., PIEDRAS, S.R.N., PEREIRA, T.S.M. & HOBUS, Q. 2007. *Fauna selvagem e atropelamento-diagnóstico do conhecimento científico brasileiro*. In: Áreas Protegidas. Repensando as escalas de atuação (A. Bager, ed.). Armazém Digital, Porto Alegre, p.49-62.
- BAGER, A., ROSA, C.A., 2012. *Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil*. Revista Brasileira de Ornitologia 20, 30-39.
- BARRIENTOS, R. & BOLONIO, L. 2009. *The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality*. Biodiversity and Conservation 18:405–418.
- BARTHELMESS, E. L. 2014. *Spatial distribution of road-kills and factors influencing road mortality for mammals in Northern New York State*. Biodiversity and Conservation (2014) 23:2491–2514.
- BENCKE, G.A. & BENCKE, C.S.C. 1999. *The potential importance of road deaths as a cause of mortality for large forest owls in southern Brazil*. Cotinga, Bedfordshire, v. 11, n. 1, p. 79-80.
- BUENO, C., FREITAS, L.E., COUTINHO, B.H., OSWALDO-CRUZ, J.H., CASTRO-JUNIOR, E. 2012. *A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040*. In: Ecologia de Estradas: Tendências e Pesquisas. Ed. A. Bager, Ed. UFLA, Lavras, p.167-178.
- CLEVENGER, A. P., CHRUSZCZ B., GUNSON, K., 2003. *Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations*. Biological Conservation 109, 15-26.
- COELHO, I.P.; TEIXEIRA, F.Z.; COLOMBO, P.; COELHO, A.V.P.; KINDEL, A. 2012. *Anuran road-kills neighboring a periurban reserve in the Atlantic Forest, Brazil*. Journal of Environmental Management 112, 17-26.
- COLINO-RABANAL, V.J.; LIZANA, M., PERIS, S.J. 2011. *Factors influencing wolf Canis lupus roadkills in Northwest Spain*. European Journal of Wildlife Research, 57: 399-409
- COLINO–RABANAL, V. J., BOSCH, J., MUÑOZ, M^a J., PERIS, S. J., 2012. *Influence of new irrigation croplands on wild boar (Sus scrofa) roadkills in NW Spain*. Animal Biodiversity and Conservation, 35(2): 247–252.

DANKS, Z.D. & PORTER, W.F. 2010. *Temporal, spatial, and landscape habitat characteristics of moose–vehicle collisions in western Maine*. Journal Wildlife Management. 74:1229–1241.

DORNAS, R.A.P., KINDEL, A., BAGER, A., FREITAS, S.R., 2012. *Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil*. In: Ecologia de Estradas: tendências e pesquisas. Ed. A. Bager, pp. 139-152. Ed. UFLA, Lavras, p.139-152.

FARMER, R.G. & BROOKS, R.J. 2012. *Integrated risk factors for vertebrate road kill in Southern Ontario*. The Journal of Wildlife Management 76 (6): 1215-1224.

FISHER, W. *Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para conservação da região do Pantanal, MS*. 1997. 44f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Ecologia), Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande.

FOUND, R., BOYCE M.S. 2011. *Predicting deer-vehicle collisions in an urban area*. Journal of Environmental Management 92: 2486- 2493.

GARRIGA, N., SANTOS, X., MONTORI, A., RICHTER-BOIX, A., FRANCH, M., LLORENTE, G.A. 2012. *Are protected areas truly protected? The impact of road traffic on vertebrate fauna*. Biodiversity and Conservation 21: 2761–2774.

HUSBY, A. & HUSBY, M. *Interspecific analysis of vehicle avoidance behavior in birds*. 2014. Behavioral Ecology 25(3): 504–508.

JÁCOMO, A. T.; SILVEIRA, L.; CRENSHAW, P.G. *Impacto da rodovia estadual GO 341 sobre a fauna do Parque Nacional das Emas, Goiás*. Anais...3º Congresso de Ecologia do Brasil. Brasília, DF, Brasil. P174, 1996.

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.

LANGEN, T.A; GUNSON, K.E.; SCHEINER, C.A.; BOULERICE, J.T. 2012. Road mortality in freshwater turtles: identifying causes of spatial patterns to optimize road planning and mitigation. Biodiversity and Conservation 21:3017–3034.

PRADA, C. S. *Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada no nordeste no estado de São Paulo: Quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos*. São Carlos: (Dissertação: Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos, 147p. 2004.

- RAMP, D.; CALDWELL, J.; EDWARDS, K.A. 2005. *Modelling of wildlife fatality hotspots along the Snowy Mountain Highway in New South Wales, Australia*. *Biology Conservation*. 126:474–490.
- REIS, N. R.; PERACCHI, A. L.; PEDRO, W. A. & LIMA, I.P. 2006. *Mamíferos do Brasil*. Londrina, 437 p.
- ROMIN, L.A. & BISSONETTE, J.A. 1996. *Deer–vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts*. *Wildlife Society Bulletin* 24:276–283.
- SEIJAS, A. E., ARAUJO-QUINTERO, A., VELÁSQUEZ, N. 2013. *Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela*. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 61 (4): 1619-1636.
- SEILER, A. 2005. *Predicting locations of moose–vehicle collisions in Sweden*. *Journal of Applied Ecology* 42:371–382
- SICK, H. 2001. *Ornitologia brasileira*. Nova Fronteira. Rio de Janeiro, Brasil, 863pp.
- SNOW, N. P., ANDELT, W. F., STANLEY, T. R., RESNIK, MUNSON, J. R., L. 2011. *Effects of roads on survival of San Clemente Island foxes*. *Journal of Wildlife Society Bulletin* 35(1):32-39.

PERDENDO BIODIVERSIDADE EM ESTRADAS: QUAIS AS ESTRATÉGIAS PARA MITIGAR ESSE IMPACTO?

INTRODUÇÃO

O objetivo maior dos estudos que envolvem o conhecimento do impacto dos atropelamentos da fauna silvestre é mitigar tal impacto. Para a elaboração de um planejamento de medidas mitigadoras é importante em primeiro lugar verificar se a distribuição dos atropelamentos possui agrupamentos significativos e em que escalas elas ocorrem. A avaliação espacial consiste em um dos mais importantes subsídios à implantação de mitigação (TAYLOR & GOLDINGAY, 2010).

Conhecer os padrões espaciais dos atropelamentos é fundamental para a identificação dos *hotspots*, segmentos da estrada com maior concentração de atropelamentos (SANTOS et al. 2012). Determinar esses trechos tem sido uma preocupação frequente, especialmente por parte dos gestores, para a orientação dos pontos focais da implementação das ações mitigadoras.

A identificação desses *hotspots* é muito importante para a potencialização das medidas mitigadoras. No entanto, se faz necessário refletir sobre o acúmulo de dados necessário para tal determinação. Quanto maior o esforço empregado, mais representativa será a realização da observação (COELHO et al. 2011) e, portanto, refletirá numa avaliação mais próxima da realidade.

As Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul cortam a Floresta Nacional de Carajás em 67 km. Essas estradas são utilizadas para a exploração de minerais na Unidade de Conservação em questão e para outras atividades de vínculos indiretos com a mineração relacionados ao núcleo dos moradores e o aeroporto local. De 2008 a 2011 a fauna atropelada nessas estradas foi monitorada, com um esforço diário de busca ativa, tendo sido registrado uma média de 3,52 carcaças/dia, totalizando 3629 vertebrados terrestres atropelados. Sendo que destes, 38% foram répteis e 33% mamíferos, as classes mais atingidas (veja capítulo 2). A estrutura da vegetação no entorno da estrada, bem como as características estruturais e a velocidade permitida nas estradas afetaram os atropelamentos de forma distinta entre as classes (veja capítulo 3).

Nesse capítulo buscamos identificar quais trechos das Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul podem servir como áreas potenciais de implementação de medidas mitigatórias. Além disso, avaliamos o efeito do esforço e da variação temporal sobre a detecção de hotspots para propor medidas mitigadoras ao atropelamento no interior da Floresta Nacional de Carajás.

Nossas hipóteses nesse capítulo são:

- a. A distribuição espacial dos atropelamentos não será aleatória e sim agrupada tanto para os atropelamentos de todos os grupos juntos como para as diferentes classes separadamente, sendo possível, portanto, o estabelecimento de *hotspots*.
- b. Não haverá variação temporal significativa ao longo dos três anos de monitoramento considerando os dados totais de fauna atropelada, o que assegurará melhor determinação dos *hotspots*, locais potenciais de implementação das medidas mitigatórias.

4.1. Objetivos

- a. Avaliar a distribuição espacial dos atropelamentos de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás;
- b. Identificar os *hotspots* de atropelamento de fauna silvestre na Floresta Nacional de Carajás e avaliar sua variação espaço-temporal;
- c. Testar o efeito de diferentes esforços amostrais sobre a taxa de atropelamento e a detecção de *hotspots*;
- d. Propor medidas mitigatórias para o atropelamento de fauna silvestre nas Estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul na Floresta Nacional de Carajás.

4.2. Material e métodos

Nós plotamos a distribuição espacial dos atropelamentos para os quatro grupos estudados no programa ARCGIS 10.2.1, utilizando como unidade amostral pontos de 500 metros de distância entre si, ao longo dos 67 quilômetros monitorados. Assim,

para cada um dos 134 pontos, nós atribuímos o número de animais atropelados registrados.

Nós usamos o programa Siriema, que funciona como uma ferramenta para a avaliação do atropelamento de fauna em rodovias e suporte ao planejamento de medidas mitigadoras desse impacto (<http://www.ufrgs.br/siriema/>). O Siriema utiliza a estatística K de Ripley para avaliar se a distribuição espacial dos atropelamentos é aleatória ou não, ao longo da rodovia (RIPLEY, 1981; CRESSIE, 1993; LEVINE, 2004). O programa pode avaliar a intensidade de agregação, tanto linearizando o traçado da estrada, quanto mantendo a bi-dimensionalidade. Usamos a estatística 2D K de Ripley que foi modificada por Coelho e seus colaboradores (2008), a fim de considerar a bidimensionalidade do traçado da estrada.

A estatística K de Ripley em 2D gera um círculo de determinado raio centralizado em um evento de atropelamento e a seguir contabiliza o número de eventos dentro dessa área e multiplica por um fator de correção que leva em conta o comprimento da rodovia dentro deste limite. Esse procedimento é feito atropelamento por atropelamento até o término do número de eventos. Após todos os eventos serem avaliados, é feito um somatório geral que corresponde a uma intensidade de agregação para a escala avaliada (o comprimento do raio do círculo). A análise é repetida para dimensões de raio cada vez maiores até o valor do comprimento total da rodovia, avaliando-se, dessa forma, a formação de agrupamentos em diversas escalas espaciais (comprimentos do raio) (COELHO et al. 2011). Para permitir a comparação entre rodovias e táxons diferentes, esse somatório é normalizado, multiplicando-se pelo comprimento da rodovia e dividindo-se pelo quadrado do número de eventos. Para definir as diferentes escalas avaliadas, nós usamos um raio inicial de 200 metros e um incremento de 400 metros. O raio inicial foi escolhido com base na sua correspondência às medidas de mitigação (redutores de velocidade) já existentes no interior da Flona (instalados após a coleta de dados, ano de 2013). Para avaliar a significância das possíveis agregações, nós usamos a função F, que consiste na diferença entre o valor observado de K e um valor de K simulado a partir de 1000 aleatorizações de Monte Carlo (LEVINE, 2000). Consideramos agregações significativas, aquelas com valores superiores ao intervalo de confiança de 95%. Os atropelamentos foram avaliados através do total de dados e depois separadamente para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios).

Para a identificação da localização dos *hotspots* de atropelamentos, usamos o método 2D de identificação de *Hotspot* (CARVALHO et al. 2014; SCHMIDT et al 2014; TEIXEIRA et al. 2014; TEIXEIRA et al. 2013-A; COELHO et al. 2012; COELHO et al. 2008). A análise de Identificação de *Hotspot* 2D compara o padrão espacial observado com aleatorizações dos dados considerando uma distribuição uniforme de probabilidades para determinar a significância estatística dos *hotspots* (TEIXEIRA et al. 2014). Para essa análise, nós dividimos a estrada em 134 segmentos (Road Divisions Number =134), ou seja, em segmentos de 500 metros cada, em acordo com a nossa coleta de dados. Usamos um raio de 250 metros, considerando tanto o valor de significância do teste K de Ripley como a zona de atuação de medidas mitigatórias na Flona. Consideramos *hotspots* significativos, aquelas com intervalo de confiança de 95%, a partir de 1000 simulações.

Para avaliarmos a variação dos *hotspots* numa escala temporal, consideramos um modelo de distribuição espacial dos pontos de concentração de atropelamentos a cada ano, durante o período de 2008 a 2011.

Nós testamos o efeito do esforço sobre os dados de duas formas:

1) Realizamos uma análise comparativa da taxa de atropelamento ao longo dos três anos de monitoramento, comparando quatro amostras: a) o primeiro ano com duas coletas diárias (matutino e vespertina); b) o primeiro ano com uma coleta (somente matutino); c) o segundo ano e d) o terceiro ano, sendo que nos dois últimos houve apenas coletas matutinas. Calculamos a taxa de atropelamento através do índice proposto pela Internacional Conference of Ecology and Transport – ICOET, sendo $MI = n/d/t$, onde n = número total de indivíduos; d = distância do trecho monitorado em Km; t = tempo de monitoramento em dias.

2) Comparamos os diferentes cenários de *hotspots* gerados pelo 2D Hotspot Identification, para o primeiro ano de coleta de dados, considerando os dados totais (coletas matutinas e vespertinas) e apenas os dados das coletas matutinas.

Para verificar se houve diferença significativa entre os quilômetros selecionados, para o uso dos dois diferentes esforços empregados no primeiro ano de monitoramento (uma ou duas coletas ao dia), nós usamos o teste não –paramétrico Wilcoxon.

Para avaliar a variação temporal sobre o estabelecimento de *hotspots*, nós identificamos os *hotspots*, através do 2D Hotspot Identification, para cada um dos três

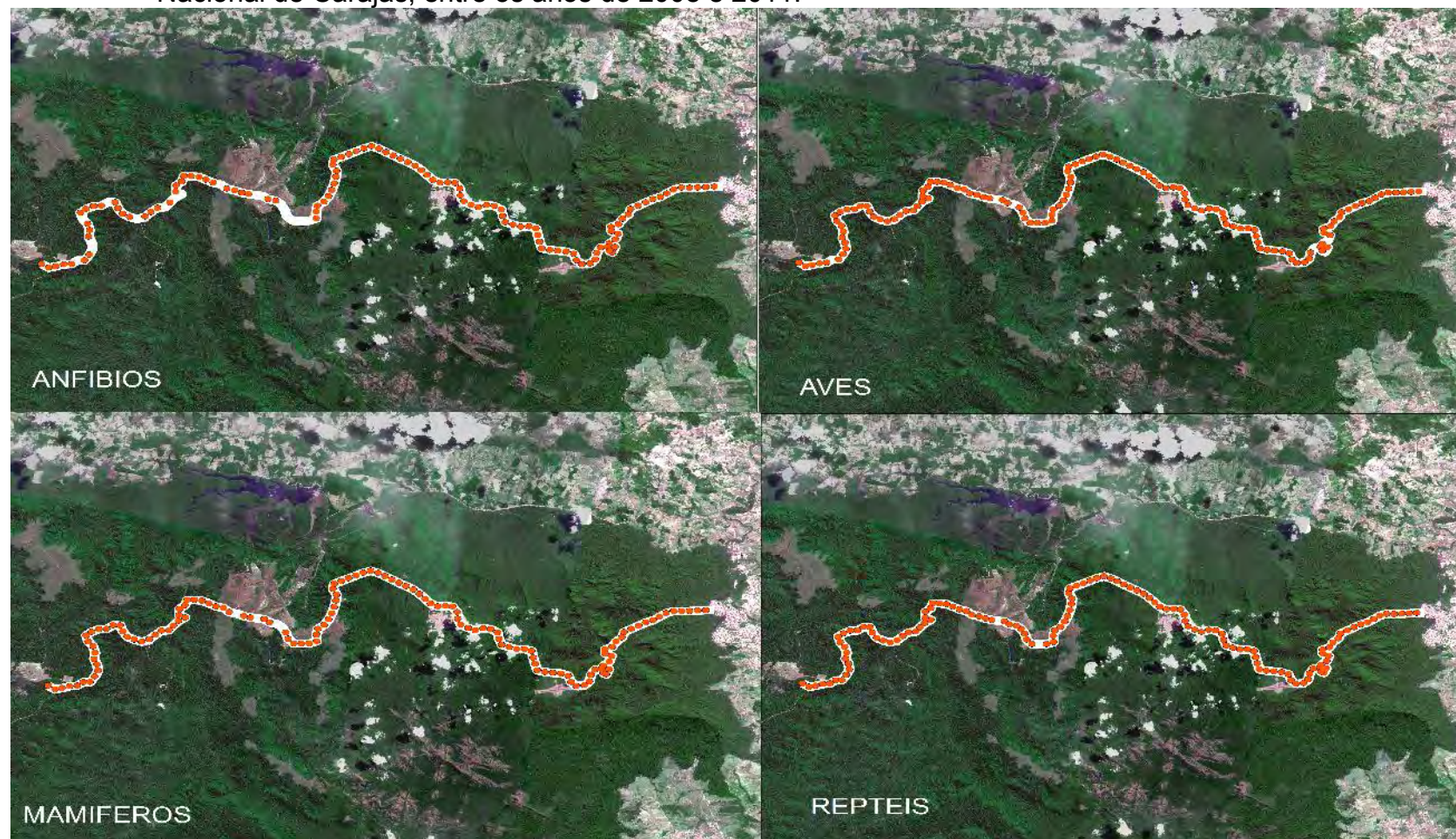
anos de monitoramento e comparamos se houve diferença significativa entre os quilômetros selecionados ao longo dos diferentes anos através do teste não – paramétrico de Wilcoxon.

4.3. Resultados

4.3.1. Distribuição espacial e agrupamentos dos atropelamentos

Em uma primeira análise espacial, observamos que houve eventos de atropelamentos para todos os grupos ao longo de praticamente toda a extensão das duas estradas estudadas (Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul) (Figura 40).

Figura 40 - Distribuição dos eventos de atropelamento nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul para as quatro classes estudadas durante trabalho de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



Legenda: As duas estradas estão representadas em linha branca como um contínuo e os locais onde tiveram eventos de atropelamento em pontos vermelhos.

No entanto, a distribuição dos atropelamentos não aconteceu de forma homogênea, podendo ser observado trechos com maior intensidade de atropelamentos (Figura 41 A e B). Também verificamos locais com diminuição da intensidade da frequência dos eventos, especialmente, nos últimos cinco quilômetros da Estrada Raymundo Mascarenhas e os quatro primeiros da Estrada Manganês do Azul, locais de diminuição drástica de atropelamentos que correspondem ao intervalo da estrada que cortam a mina de ferro. O baixo índice de atropelamentos provavelmente se deve à ausência de vegetação (um dos fatores mais relevantes levantado no capítulo anterior). E ainda vale ressaltar, que o limite de velocidade ao longo desse trecho é de 40 km/h.

Para melhor compreensão, representamos toda a extensão com distribuição do número de eventos em células de 500 metros ao longo da estrada. Considerando os 134 pontos ao longo dos 67 quilômetros monitorados, tivemos células que concentraram entre 2 e 70 eventos de atropelamentos. As quatro categorias criadas definiram células com 2 a 17, 17 a 33, 33 a 46 e 46 a 70 eventos, reunindo respectivamente, 25%, 50%, 75% e 100% do máximo de atropelamentos ocorridos em um único ponto (Figura 42).

Figura 41 - Distribuição do número de animais atropelados nas estradas Raymundo Mascarenhas (A) e Manganês do Azul (B) para mamíferos, aves, répteis e anfíbios na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

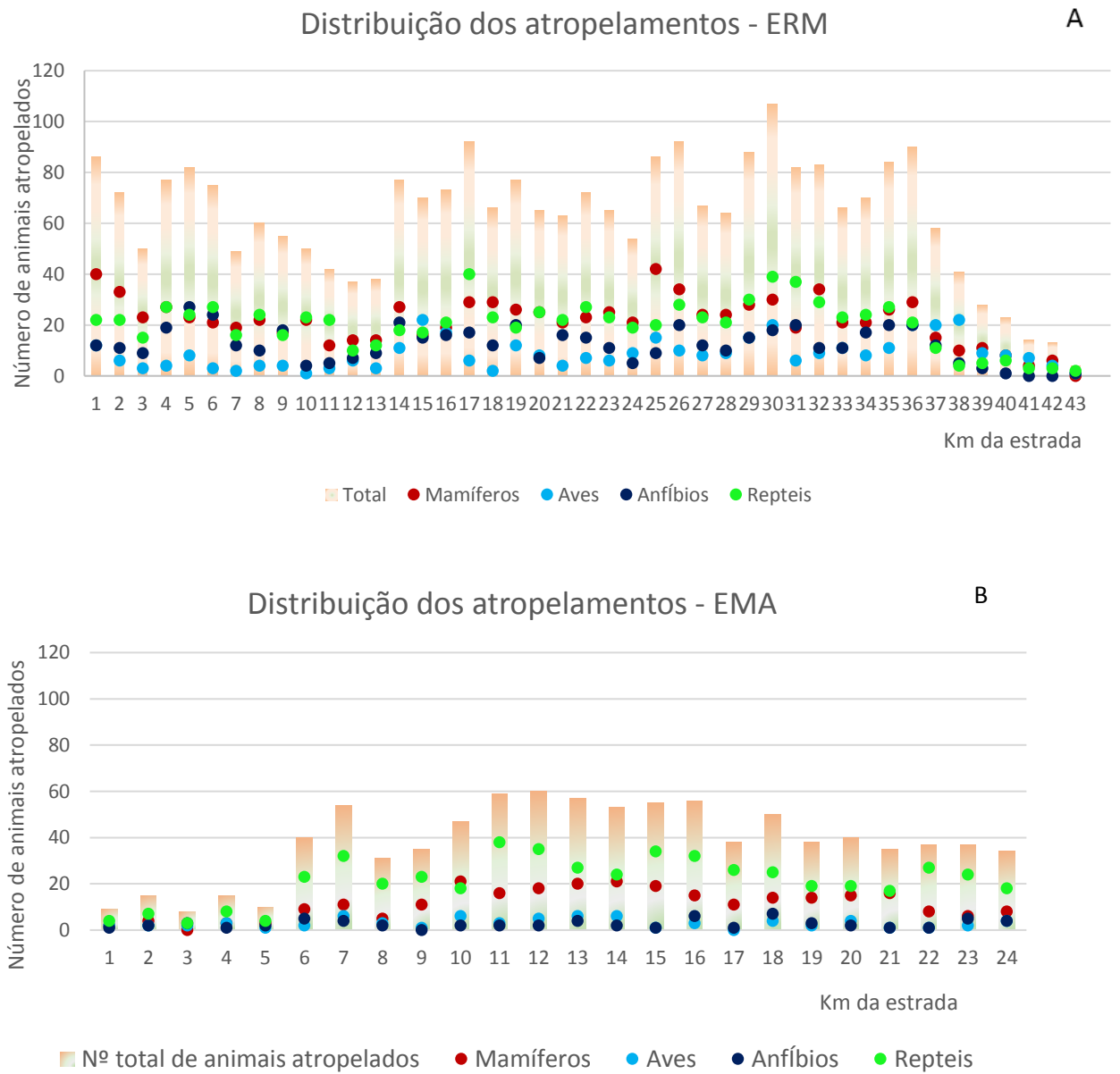
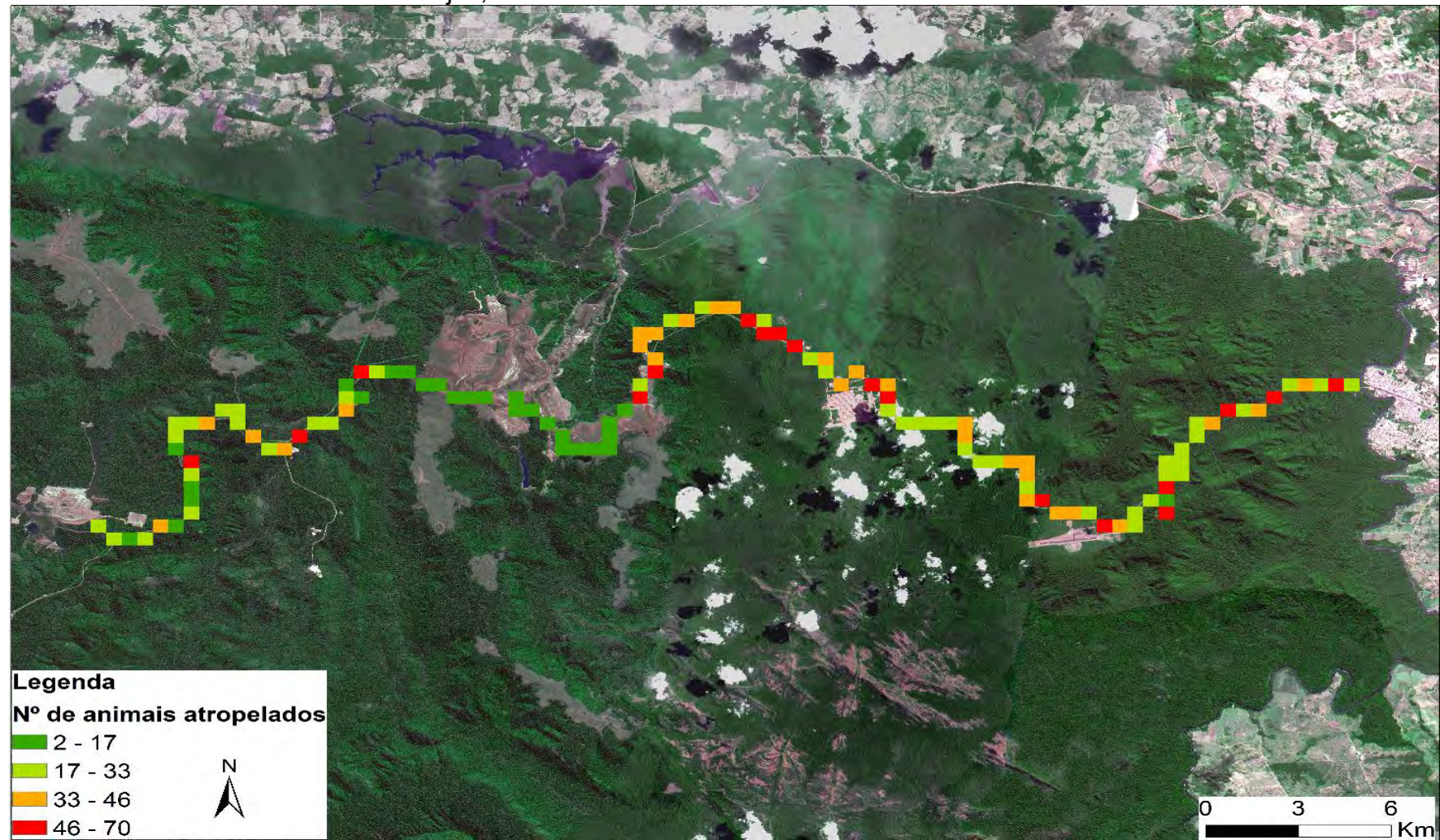


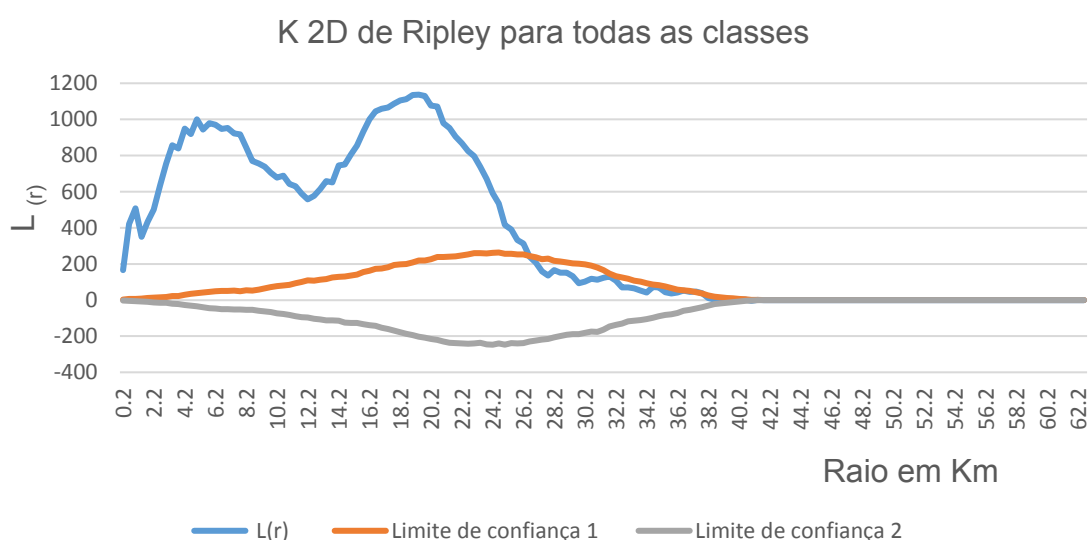
Figura 42 - Distribuição do número de eventos de atropelamento nas estradas Raymundo Mascarenhas e Manganês do Azul concentrando os dados das quatro classes estudadas durante trabalho de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



Os eventos de atropelamentos mostraram distribuição espacial não-aleatória significativa tanto quando analisamos para todos os grupos juntos quanto para cada um dos grupos separadamente: mamíferos, aves, répteis e anfíbios.

Para os dados gerais, observamos agrupamentos significativos entre 0,2 e 26 Km de tamanho de raio (Figura 43). A partir de um raio de 40 Km os valores de K observados são iguais aos K simulados ($L(r)=0$), pois os círculos a partir dessas dimensões, centrado em qualquer ponto de atropelamento abrangem todos os outros atropelamentos.

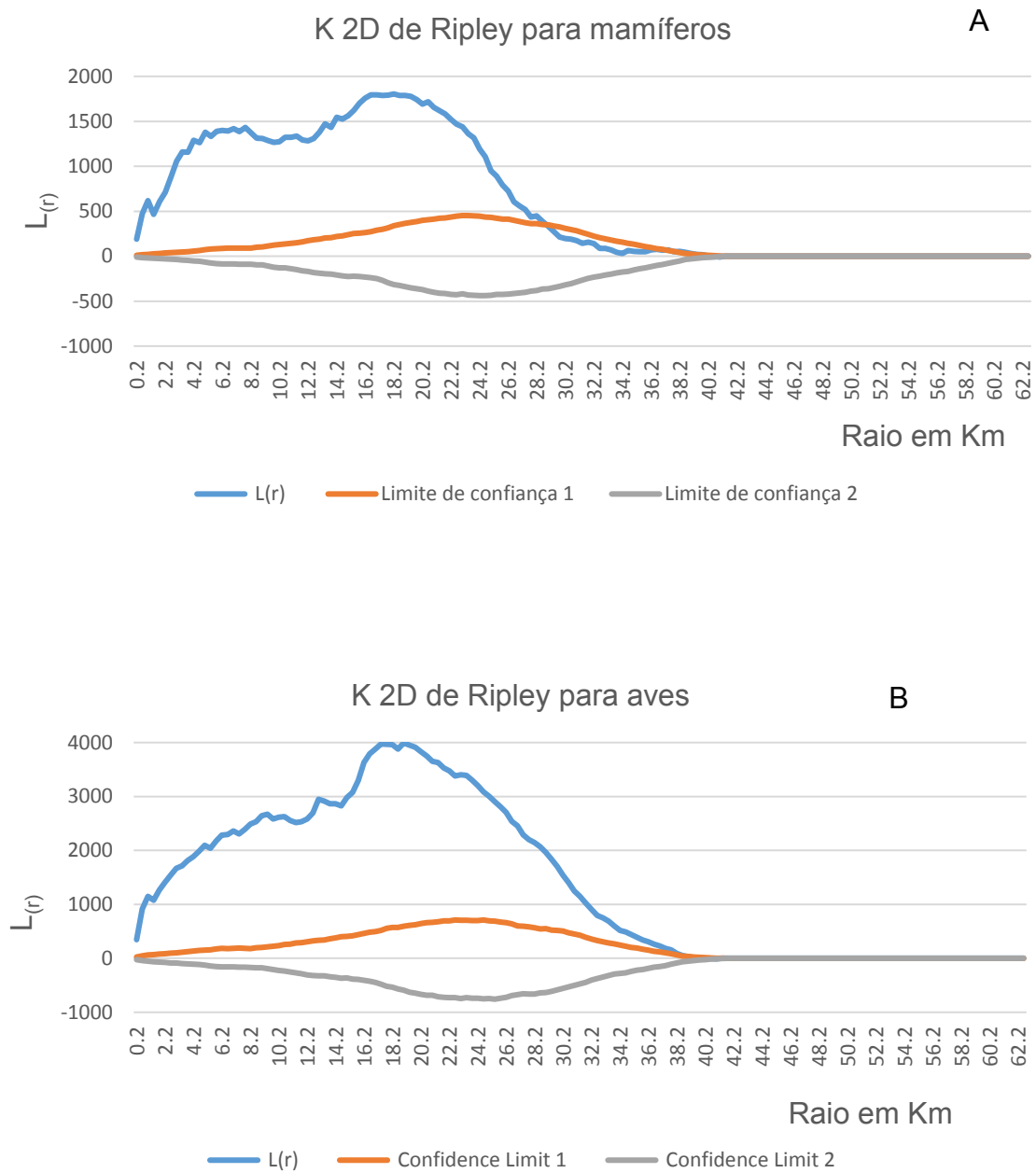
Figura 43 - Análise com a estatística K 2D de Ripley para todas as classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) atropelados na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



Legenda: A função $L(r)$ é a linha azul e as linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente.

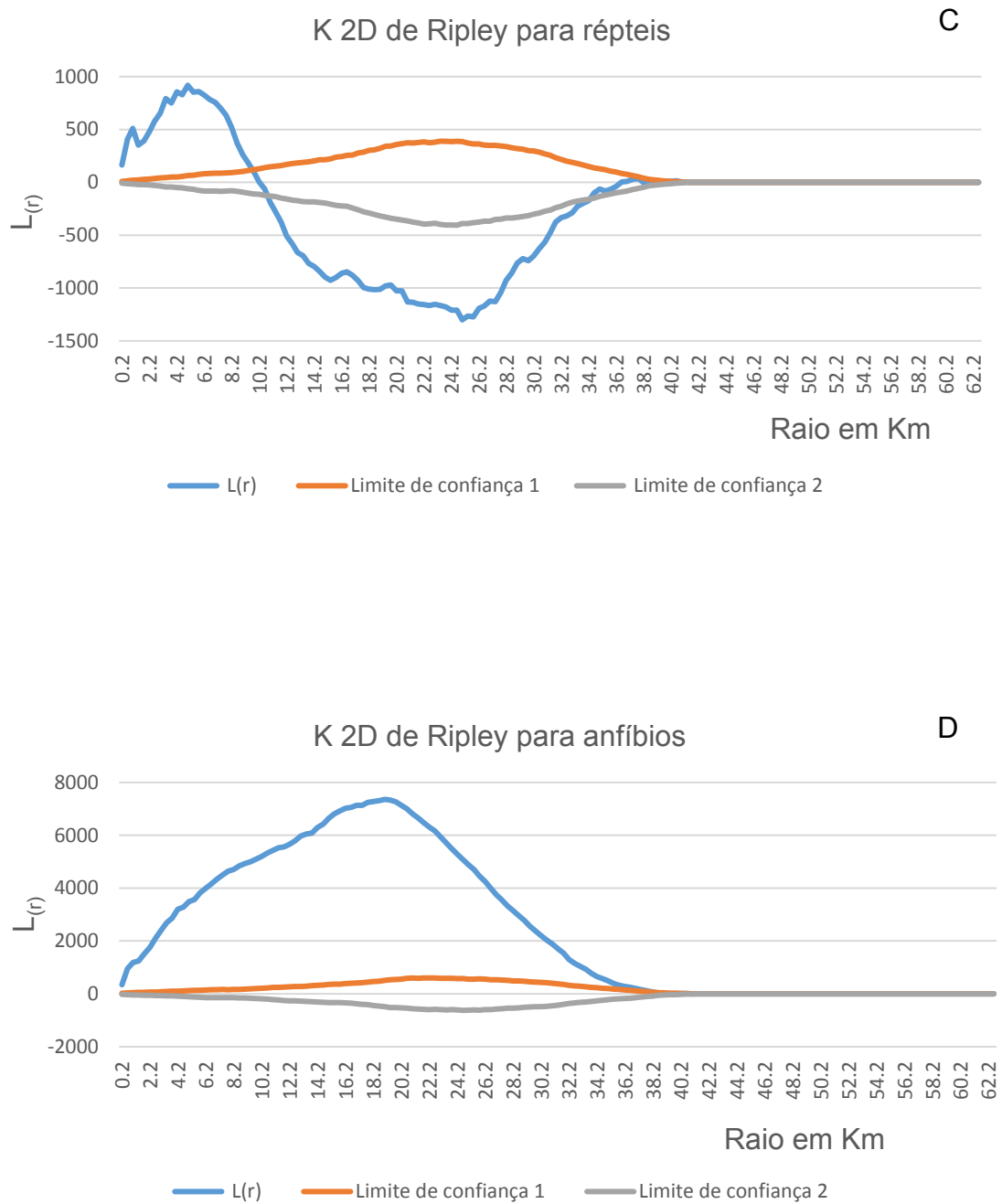
As agregações significativas ocorreram com raio semelhante para três dos quatro grupos estudados (Figura 44 A, B, C e D): foram eles os mamíferos (A) que o raio variou entre 0,2 e 28 Km e as aves (B) e os anfíbios (D) que apresentaram significância para o mesmo tamanho de raio, ambos com uma variação entre 0,2 e 38 Km. Os répteis (C) apresentaram um raio que variou significativamente entre 0,2 e 10 Km para agregações e entre 10 Km a 36 Km para dispersões.

Figura 44 - Análise com a estatística K 2D de Ripley para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)



Legenda: A função $L(r)$ é a linha azul e as linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente.

Figura 44 - Análise com a estatística K 2D de Ripley para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)

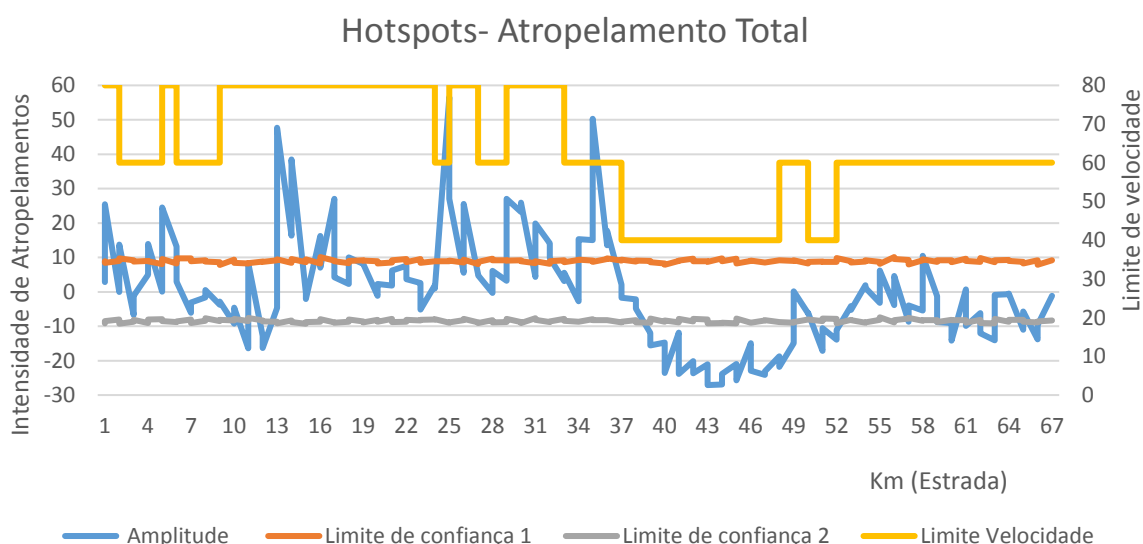


Legenda: A função $L(r)$ é a linha azul e as linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente.

4.3.2. Os *hotspots* de atropelamento de fauna na Floresta Nacional de Carajás

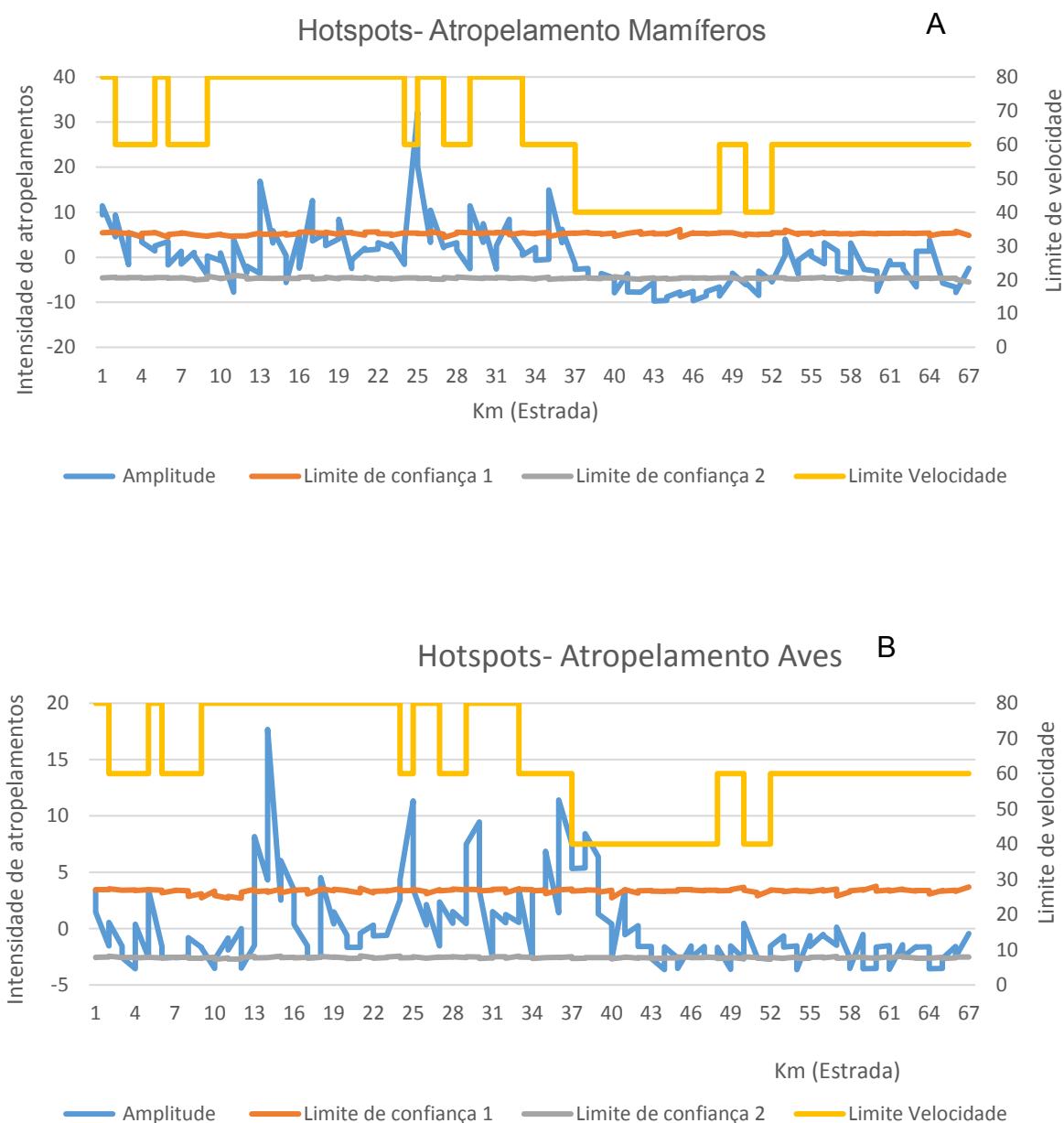
Através da análise 2D Hotspot Identification plotamos os hotspots para nosso conjunto de dados incluindo todas as classes (Figura 45) e para as quatro classes estudadas (Figura 46 A, B, C e D), sendo (A) para mamíferos, (B) para aves, (C) para répteis e (D) para anfíbios.

Figura 45 - Análise 2D Hotspot Identification para todos as classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) de animais atropelados, acompanhada do limite de velocidade ao longo da estrada, na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



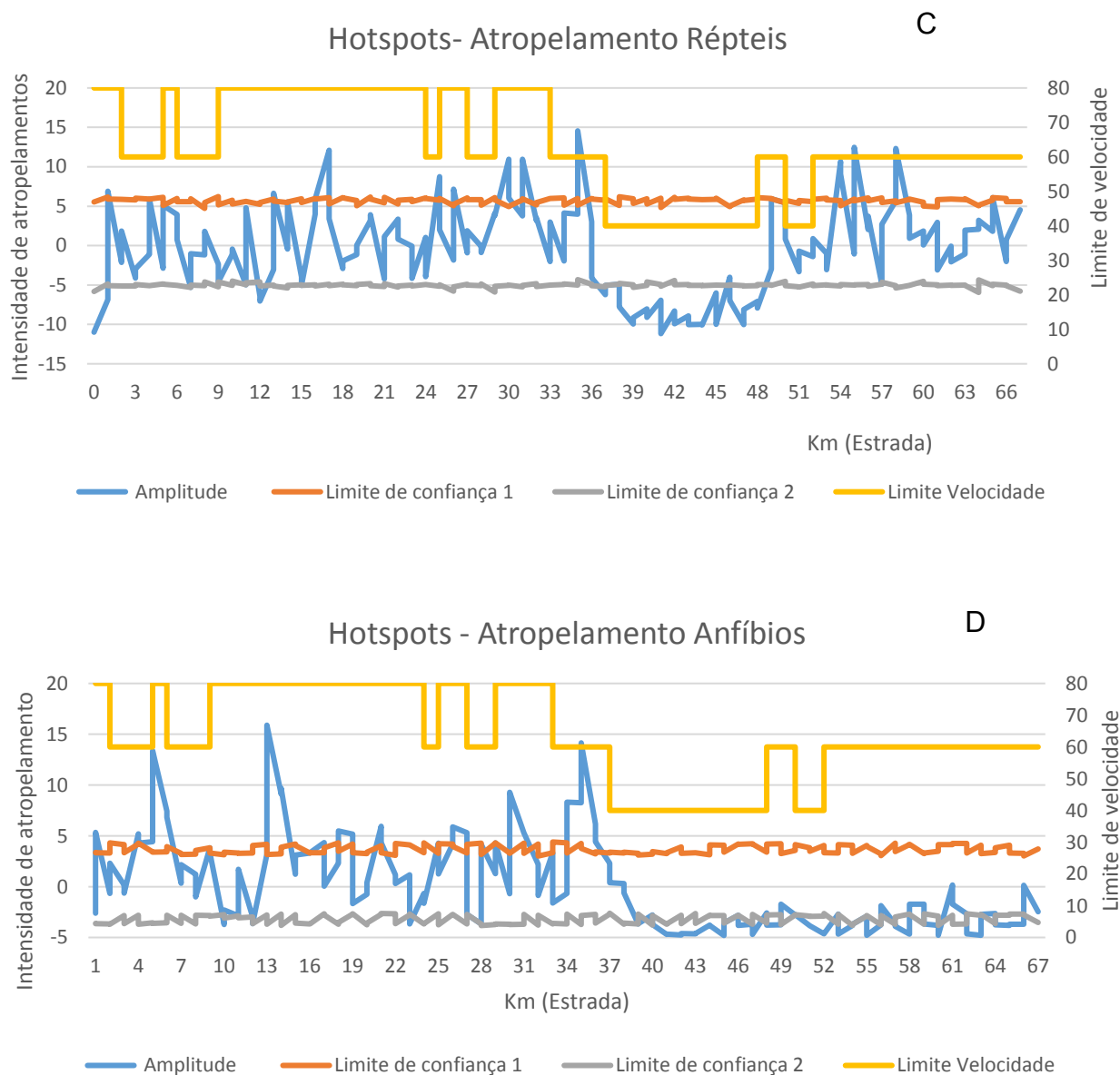
Legenda: A linha azul (intensidade dos atropelamentos) é dada pela função $N_{\text{eventos}} - N_{\text{simulados}}$. As linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente. A linha laranja corresponde ao limite de velocidade estabelecido pelas placas ao longo da estrada.

Figura 46 - Análise 2D Hotspot Identification para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados, acompanhada do limite de velocidade ao longo da estrada, na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)



Legenda: A linha azul (intensidade dos atropelamentos) é dada pela função $N_{\text{eventos}} - N_{\text{simulados}}$. As linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente. A linha laranja corresponde ao limite de velocidade estabelecido pelas placas ao longo da estrada.

Figura 46 - Análise 2D Hotspot Identification para os (A) mamíferos, (B) aves, (C) répteis e (D) anfíbios atropelados, acompanhada do limite de velocidade ao longo da estrada, na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)



Legenda: A linha azul (intensidade dos atropelamentos) é dada pela função $N_{\text{eventos}} - N_{\text{simulados}}$. As linhas vermelha e cinza correspondem aos intervalos de confiança superior e inferior, respectivamente. A linha laranja corresponde ao limite de velocidade estabelecido pelas placas ao longo da estrada.

4.3.3. O efeito da variação do esforço amostral na taxa de atropelamento (MI)

A partir do registro de carcaças recolhidas durante os três anos de monitoramento de fauna atropelada no interior da Floresta Nacional de Carajás (Tabela 11), verificamos uma variação da taxa de atropelamentos (MI) ao longo desse período em função da mudança de esforço empregado (Tabela 12).

Tabela 11 - Número de registros de carcaças para todas as classes estudadas, com seus respectivos anos de coleta e turno de ocorrência do atropelamento entre os anos 2008 e 2011 na Floresta Nacional de Carajás.

Ano	Turno do atropelamento	Mamíferos	Aves	Répteis	Anfíbios	NI	Total
1	Diurno/Noturno	640	254	710	234	5	1843
1	Noturno	430	119	388	181	3	1121
2	Noturno	276	104	296	236	1	913
3	Noturno	289	88	376	120	0	873

Tabela 12 - Taxa de atropelamento sob diferentes esforços ao longo dos três anos de estudo de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 a 2011.

Ano	Turno de coleta	Taxa de atropelamento (MI)
1, 2 e 3	Diurno/Noturno	0,026
1, 2 e 3	Diurno	0.021
1	Diurno/Noturno	0,038
1	Diurno	0,023
2	Diurno	0,023
3	Diurno	0,018

4.3.4. O efeito do esforço e da variação temporal na detecção de *hotspots*

Através da análise 2D Hotspot Identification plotamos hotspots em uma sequência temporal (anualmente) para os três anos de monitoramento para as quatro classes estudadas. Para todas as classes o primeiro ano apresenta representação gráfica para dados completos (com realização de coleta duas vezes ao dia, uma matutina e uma vespertina) e dados parciais (apenas coleta uma ao dia, sempre no período matutino),

Na figura 47 podemos ver a intensidade de atropelamento dos mamíferos, quilômetro a quilômetro em (A) para dados completos do primeiro ano de monitoramento, (B) para dados parciais do primeiro ano de monitoramento, (C) para o segundo ano de monitoramento e (D) para o terceiro ano de monitoramento.

Figura 47 - Análise 2D Hotspot Identification para os mamíferos em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

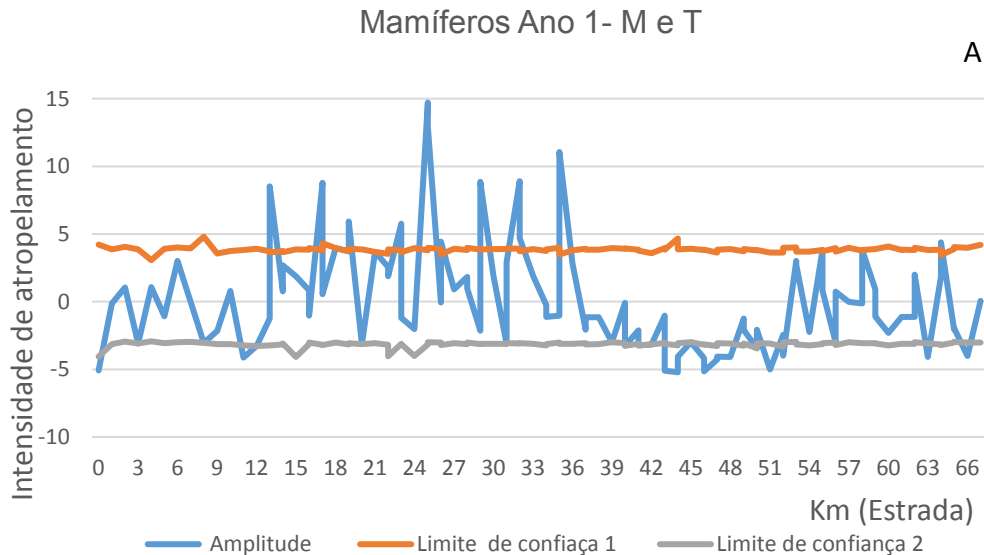


Figura 47 - Análise 2D Hotspot Identification para os mamíferos em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continuação)

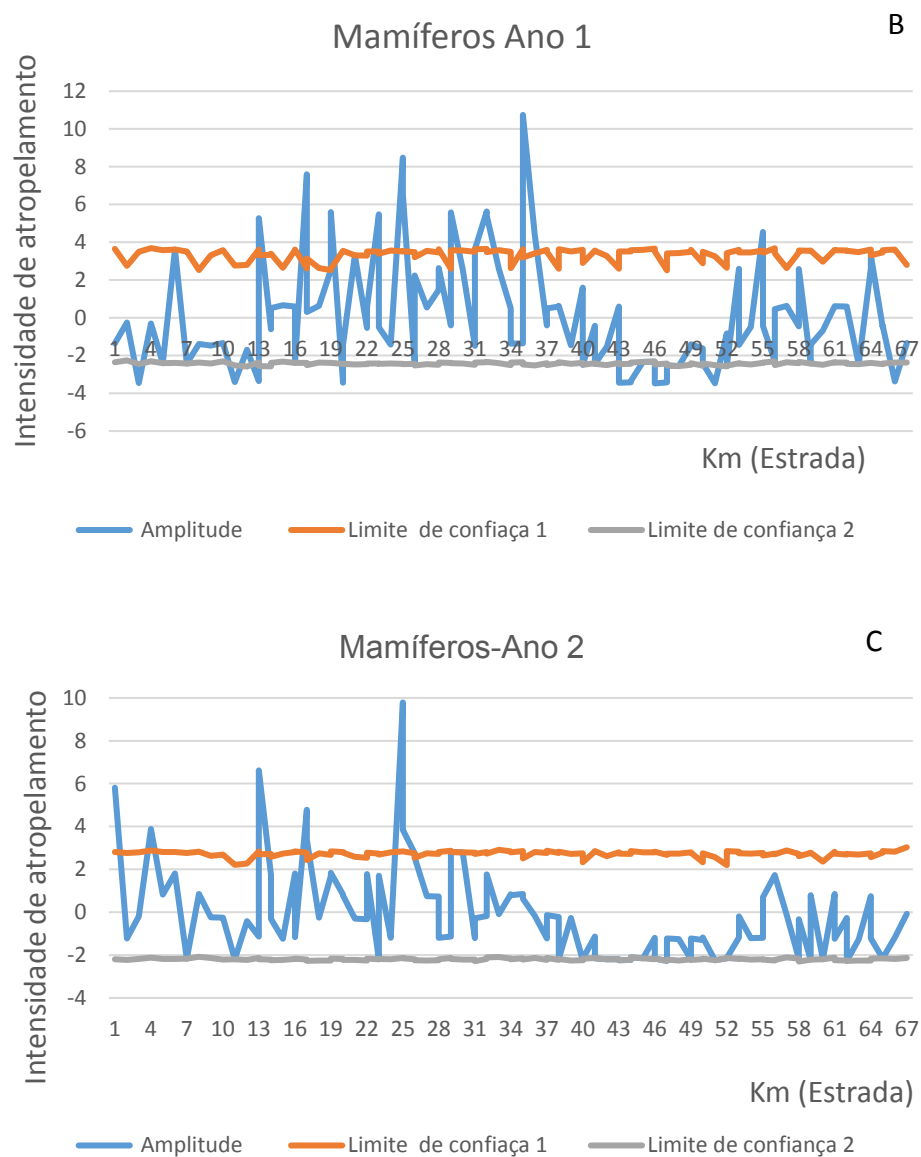
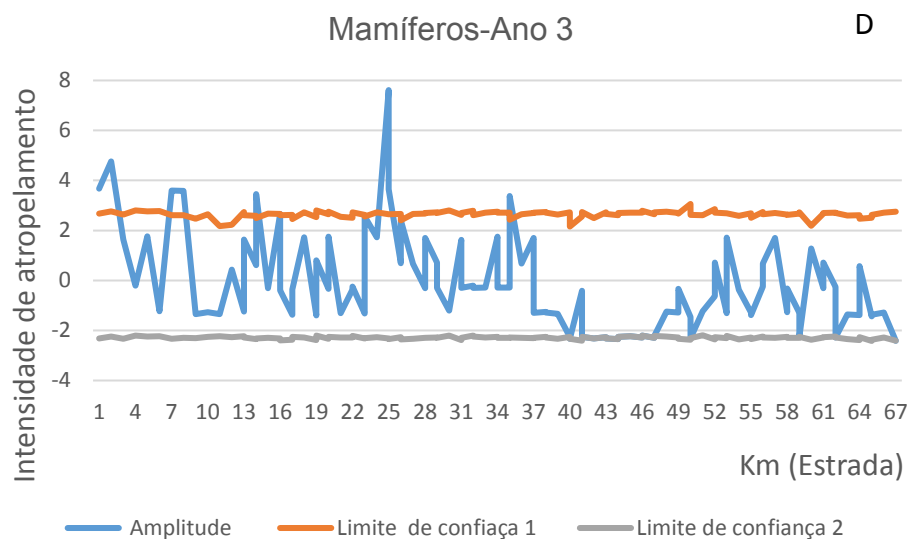


Figura 47 - Análise 2D Hotspot Identification para os mamíferos em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)



Na figura 48 vemos as aves em (A) para dados completos do primeiro ano de monitoramento, (B) para dados parciais do primeiro ano de monitoramento, (C) para o segundo ano de monitoramento e (D) para o terceiro ano de monitoramento.

Figura 48 - Análise 2D Hotspot Identification para as aves em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

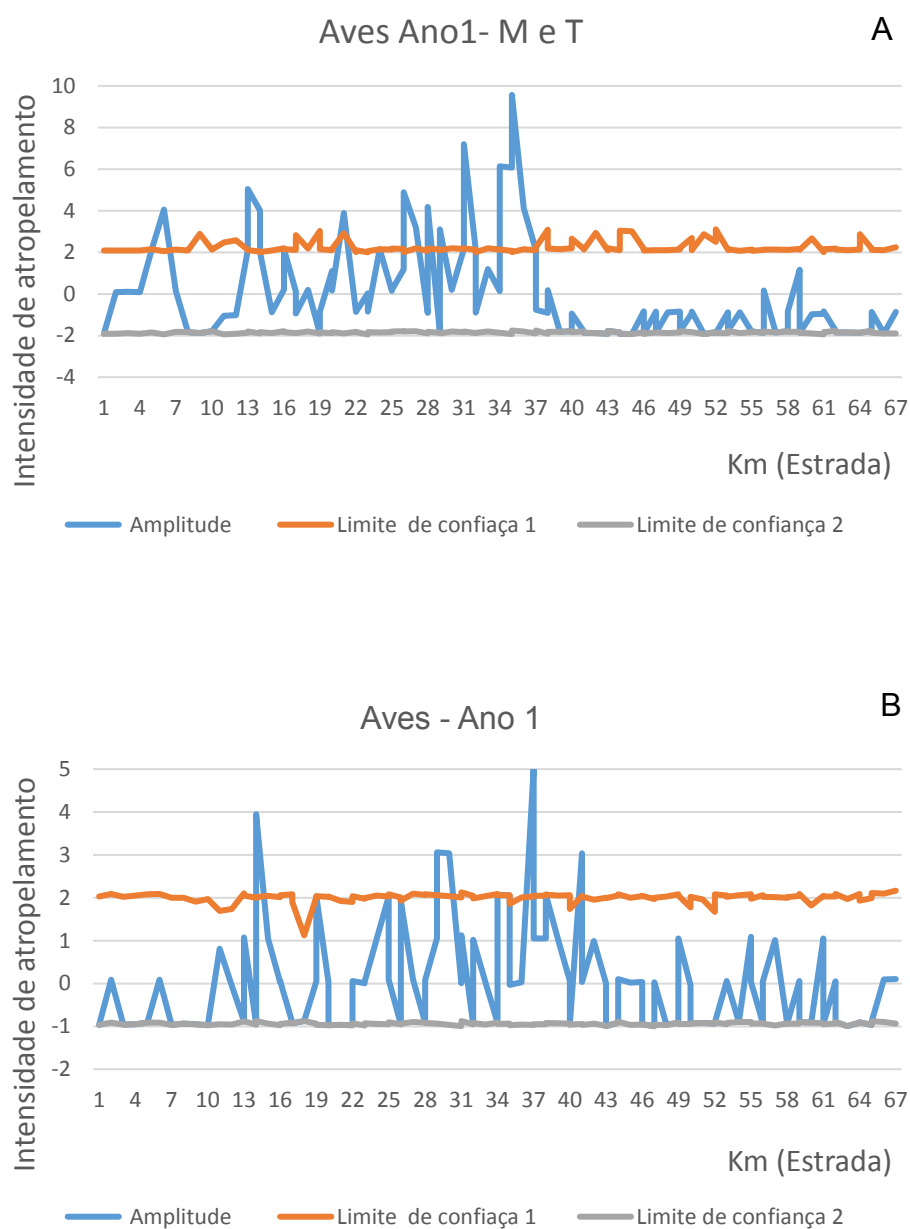
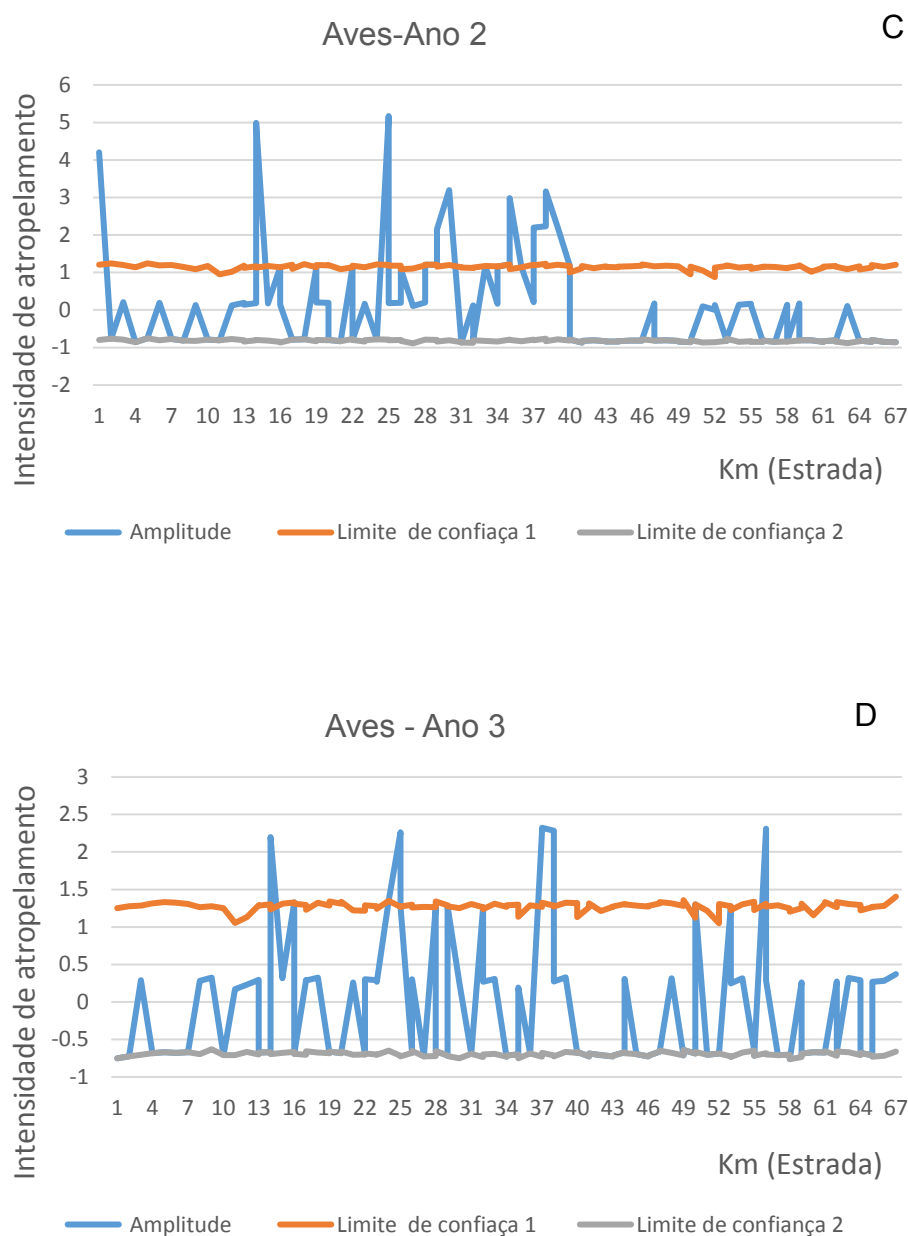


Figura 48 - Análise 2D Hotspot Identification para as aves em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)



Na figura 49 vemos os répteis em (A) para dados completos do primeiro ano de monitoramento, (B) para dados parciais do primeiro ano de monitoramento, (C) para o segundo ano de monitoramento e (D) para o terceiro ano de monitoramento.

Figura 49 - Análise 2D Hotspot Identification para os répteis em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

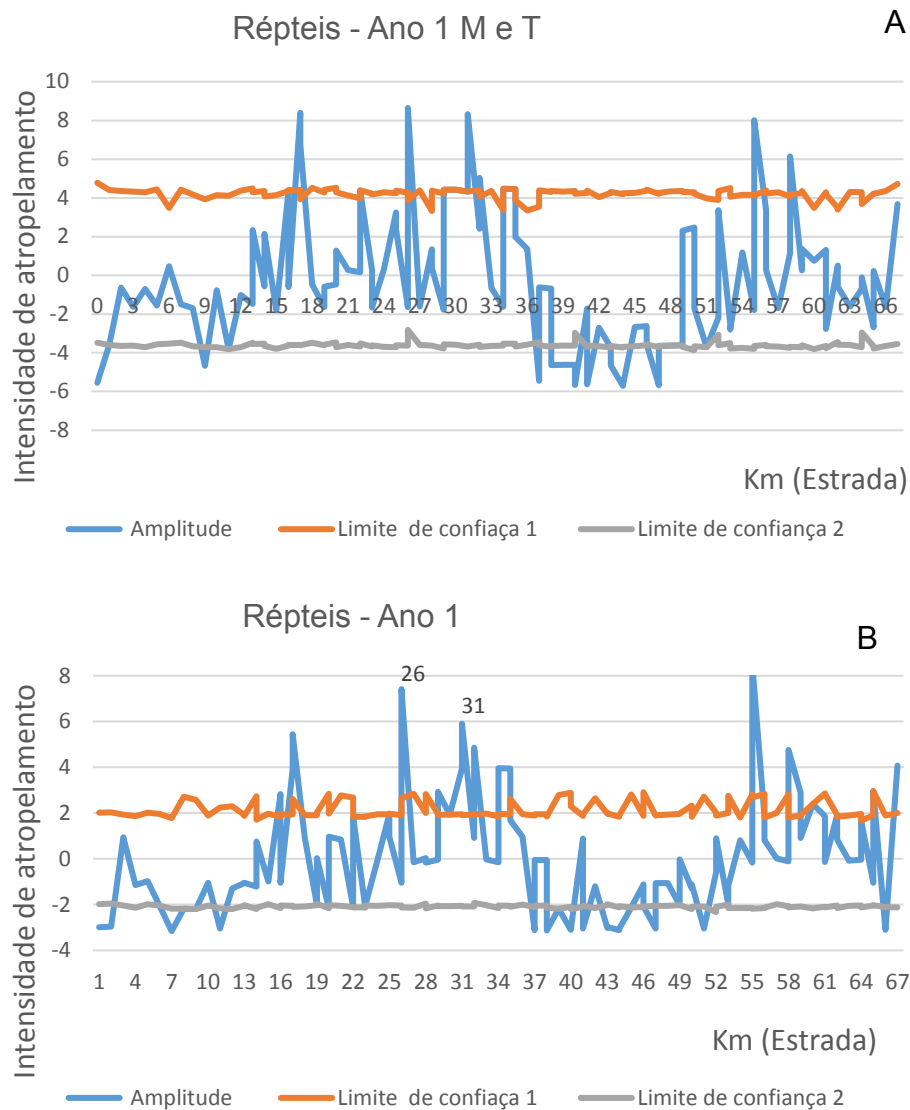
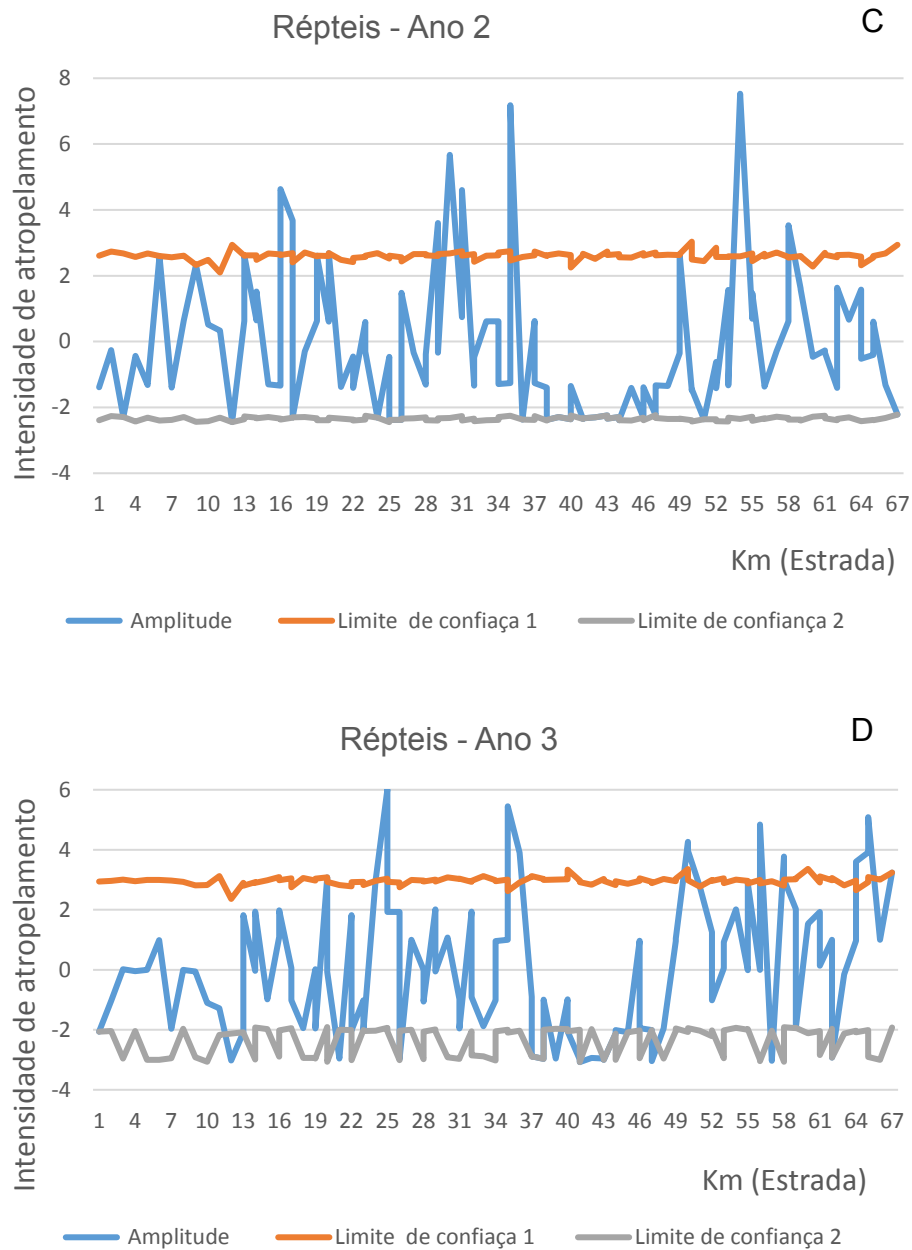


Figura 49 - Análise 2D Hotspot Identification para os répteis em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)



Na figura 50 vemos os anfíbios em (A) para dados completos do primeiro ano de monitoramento, (B) para dados parciais do primeiro ano de monitoramento, (C) para o segundo ano de monitoramento e (D) para o terceiro ano de monitoramento.

Figura 50 - Análise 2D Hotspot Identification para os anfíbios em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (continua)

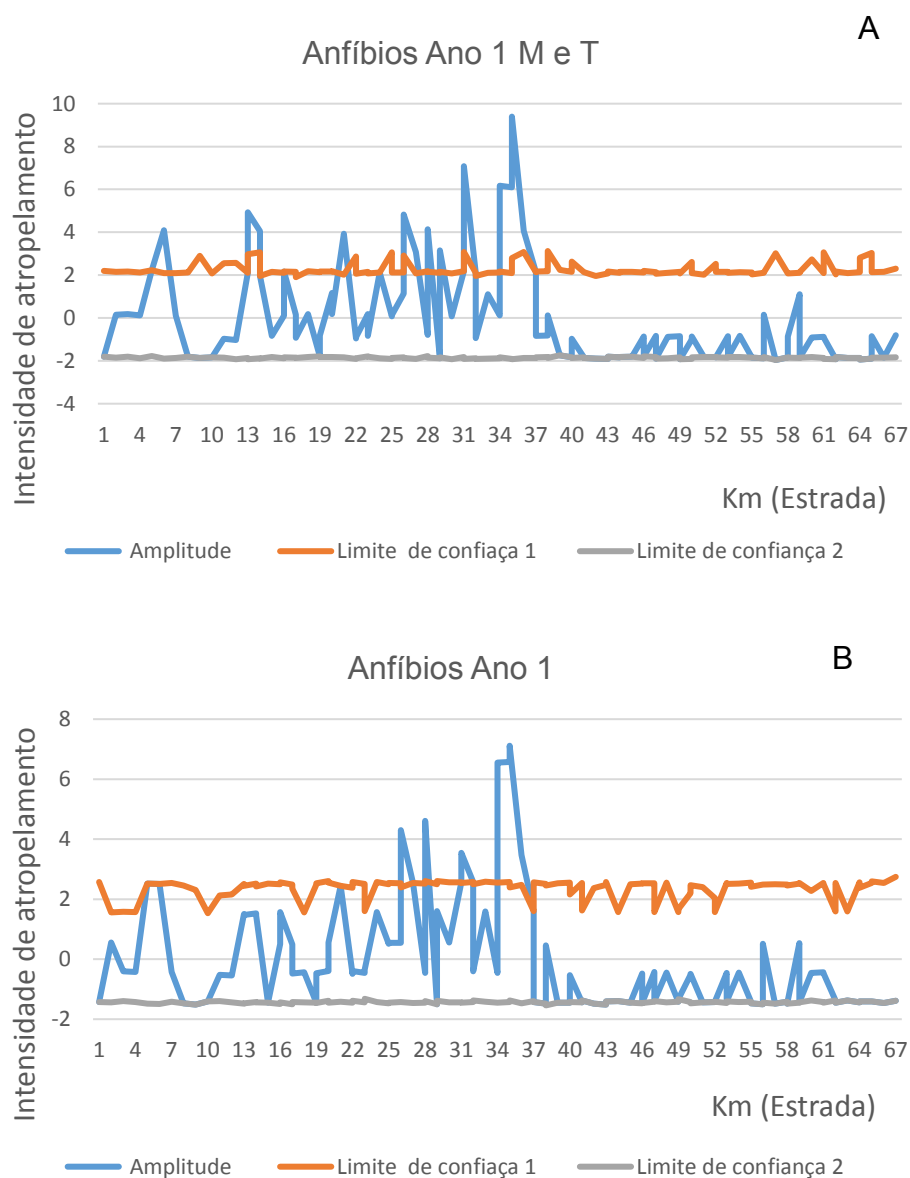
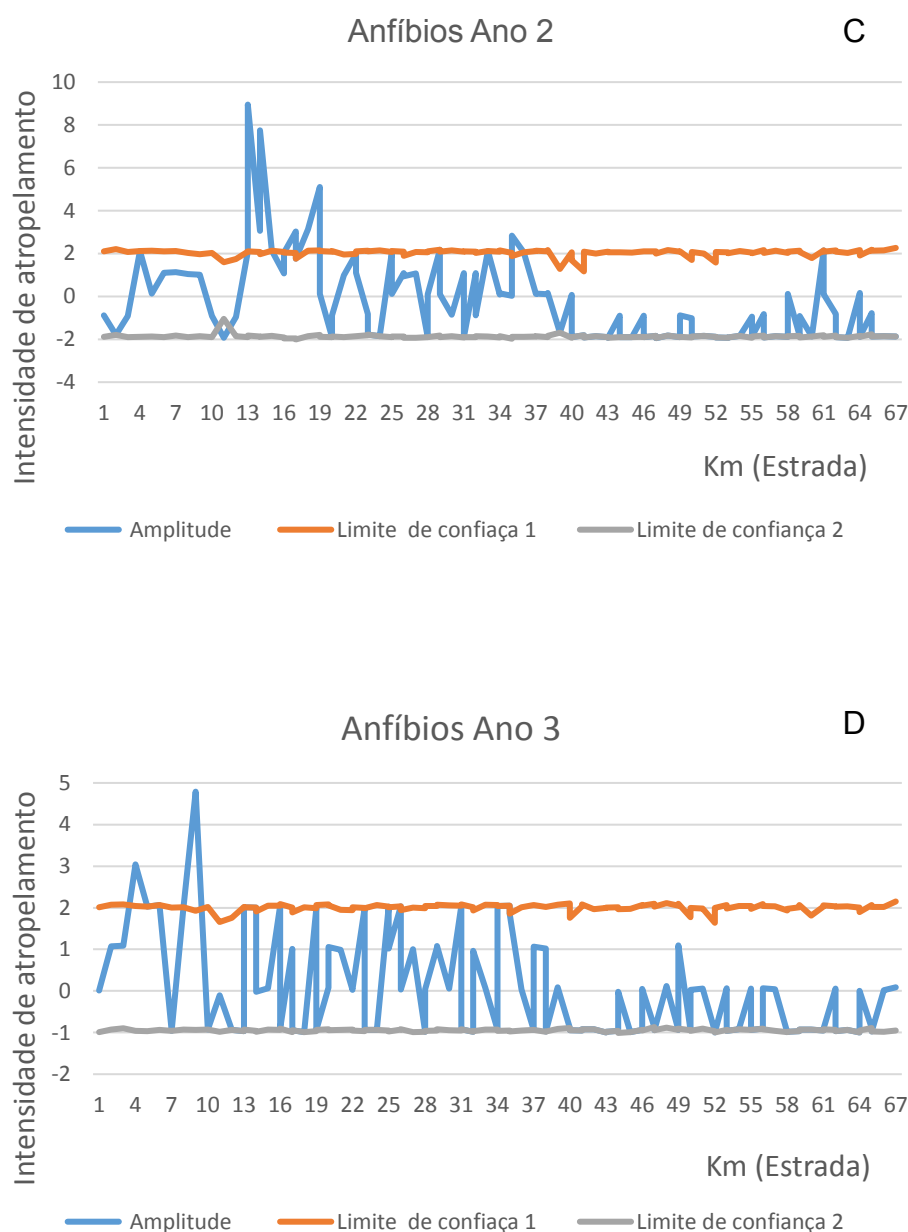


Figura 50 - Análise 2D Hotspot Identification para os anfíbios em (A) para o primeiro ano de monitoramento (duas coletas diárias); (B) para o primeiro ano de monitoramento (uma coleta diária), (C) segundo ano de monitoramento e (D) terceiro ano de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011. (conclusão)



Analisando os esforços de uma ou duas coletas diárias sobre a detecção de hotspots, com relação ao primeiro ano de monitoramento, verificamos que não há diferença significativa na variação entre o número de quilômetros selecionados para o grupo dos mamíferos (Wilcoxon, $Z = -1,000$, $p = 0,317$) e répteis (Wilcoxon, $Z = -1,633$, $p = 0,102$), que apresentaram respectivamente quatro e seis pontos diferentes (Tabela

13). Enquanto que para o grupo dos anfíbios (Wilcoxon, $Z=2,333$, $p=0,020$) e das aves (Wilcoxon, $Z=2,496$, $p=0,013$), a diferença foi mais expressiva, sendo oito e 13 quilômetros diferentes, respectivamente (todos destacados em vermelho na tabela 13).

Para mamíferos, a redução de esforço (retirada da coleta vespertina) deixa apenas de detectar um único ponto, o km 64. Para as aves, a redução do esforço parece ter uma influência muito grande na detecção dos pontos de concentração de atropelamentos, pois dez quilômetros não foram detectados como hotspots, foram eles: os km 6, 7, 13, 21, 26, 27, 28, 32, 34, 35 e 36. Para os répteis, o aumento do esforço diminuiu o número de pontos de concentração de atropelamentos e aumentou um único ponto, o km 31. Para os anfíbios, assim como para as aves, a redução do esforço também parece ter uma influência muito grande na detecção dos pontos de concentração de atropelamentos. Considerando uma única coleta diária, oito pontos deixaram de entrar como hotspots.

Tabela 13 - Comparação de dois esforços empregados ao longo do primeiro ano de monitoramento na distribuição dos quilômetros selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios), na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2009.

Ano/ Coletas	Km selecionados como pontos de concentração de atropelamento																											
Ano 1/2	Mamíferos		13			17	19		23	25				29			32			35							64	
Ano 1/1			13			17	19		23	25				29			32	33		35	36			55				
Ano 1/2	Aves	6	7	13	14				21			26	27	28	29		31	32		34	35	36	37					
Ano 1/1					14									29	30	31						37	41					
Ano 1/2	Répteis					17					26					31	32							55	58			
Ano 1/1					16	17					26						32		34	35				55	58	59		67
Ano 1/2	Anfíbios	6		13	14				21			26	27	28	29		31			34	35	36						
Ano 1/1											26		28			31					36							

Legenda: Ano1/1 corresponde a uma coleta diária no período matutino e Ano1/2 corresponde a duas coletas diárias, uma no período matutino e outra no vespertino. Os números em vermelhos são aqueles que apareceram em apenas uma das duas projeções e em preto são aqueles que se repetiram.

Para a análise do efeito da variação temporal na detecção dos hotspots, consideramos para o primeiro ano os dados com duas coletas por dia. Ao longo dos três anos de monitoramento, sete quilômetros foram detectados uma única vez como área de concentração de atropelamento. Foram eles: 23 e 8 para os mamíferos, respectivamente, no primeiro e terceiro ano de monitoramento. O quilômetro 40 para o segundo ano de coleta para as aves. Para os répteis, os quilômetros 16 para o segundo e 50 e 65, ambos no terceiro ano. E o km 9 no terceiro ano de monitoramento para os anfíbios.

A tabela abaixo apresenta uma síntese dos quilômetros selecionados nos Hotspots identificados nas figuras 4.5, 4.6, 4.7 e 4.8 como locais de intensidade de atropelamentos e potenciais localizações de implementação de medidas mitigatórias que tiveram mais de duas ocorrências pelo mesmo ou por diferentes grupos (Tabela 14).

A distribuição dos quilômetros selecionados como pontos de concentração de atropelamentos se distribuíram entre as classes da seguinte forma: 15 pontos para os mamíferos, 23 para as aves, 14 para os répteis e 16 para os anfíbios.

Alguns quilômetros se repetiram, mas apenas dentro de um dos grupos de animais, foram eles: Km 2 para os mamíferos; Km 15, 37, 38 e 39 para as aves e 54, 55 e 58 para os répteis.

Outros porém, realçados em quadriculas brancas, se repetiram para pelo menos três classes, foram eles os quilômetros 13, 14, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 35 e 36. Com destaque para os quilômetros 26, 29, 30 e 35 que foram considerados pelo programa 2D Hotspot Identification como pontos de concentração de atropelamentos para as quatro classes estudadas (Figura 51).

Tabela 14 - Distribuição dos quilômetros selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios), ao longo dos três anos de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.

Anos	Grupos	Km selecionados como pontos de concentração de atropelamento																														
1	Mamíferos					13			17		19		25			29			32		35									64		
2		1		4		13	14		17				25																			
3		1	2			7		14					25								35											
1, 2 e 3		1	2				13			17		19		25	26			29	30		32		35									
1	Aves				6	7	13	14				21		26	27	28	29		31	32	34	35	36	37								
2		1					14	15								29	30				35			37	38	39						
3								14					25											37	38				56			
123							13	14	15		18		25				29	30				35	36	37	38	39						
1	Répteis								17					26					31	32								55		58		
2									17								29	30	31			35					54			58		
3													25									35	36						56	58	64	
123									17				25	26			29		31			35					54	55		58		
1	Anfíbios				6		13	14				21		26	27	28	29		31		34	35	36									
2							13	14														35										
3				4																												
123				4	6		13	14			18	19	21		26	27			30	31		34	35	36								
Total		4	2	3	3	2	8*	9*	2	6	2	3	3	8*	6*	3	2	8*	5*	6*	4*	3	12*	5*	4	3	2	2	2	4	2	

Legenda: Os anos 1, 2 e 3 correspondem respectivamente ao primeiro, segundo e terceiro anos de monitoramento, sendo que no ano 1 corresponde aos dados completos (2 coletas diárias). As diferentes classes são representadas em cores diferentes e as quadrículas com preenchimento em branco, correspondem aos quilômetros mais repetidos e por diferentes classes, destacados por (*).

Figura 51 - Distribuição dos principais pontos de concentração de eventos de atropelamento selecionados pela análise 2D Hotspot Identification para as quatro classes estudadas (mamíferos, aves, répteis e anfíbios) com dados dos três anos de monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás, entre os anos de 2008 e 2011.



Testamos a diferença dos quilômetros propostos como *hotspots*, ano a ano, avaliando que não houve diferença significativa entre os anos de monitoramento para o grupo dos mamíferos nem para dos répteis. Houve variação significativa entre os quilômetros propostos pelo programa para as aves (entre os anos 1x3 e 2x3) e para os anfíbios (entre os anos 1x2 e 1x3) (Tabela 15).

Tabela 15 - Análise pelo teste de Wilcoxon da diferença entre os quilômetros levantados com hotspots pelo programa Siriema, durante os anos de 2008 a 2011 para o monitoramento de fauna atropelada na Floresta Nacional de Carajás.

Grupo	Anos	Z	p
Mamíferos	1x2	-1,000	0,312
	1x3	-0,535	0,593
	2x3	0,378	0,705
Aves	1x2	-1,213	0,225
	1x3	-2,840	0,005
	2x3	-2,121	0,034
Répteis	1x2	0,378	0,705
	1x3	0,577	0,564
	2x3	0,302	0,763
Anfíbios	1x2	-2,333	0,020
	1x3	-2,496	0,013
	2x3	-0,816	0,414

4.3.5. Medidas mitigatórias

Como medida de mitigação aos atropelamentos indicamos quatro diferentes medidas: a diminuição do limite de velocidade, o uso de redutores de velocidade, o manejo de vegetação da borda da estrada, atividades de educação ambiental e programa de monitoramento sistematizado.

Sugerimos um limite de velocidade máximo de 60 km/h ao longo de toda a extensão da estrada. Readequando os trechos cuja velocidade permitida exceda esse

valor, mantendo velocidade menor que 60km/h onde já estão propostos. Além disso, consideramos importante a colocação de redutores de velocidade em quatro trechos, são eles: entre os quilômetros 13-14 km, 25-26 km, 29-30 km e 35-36 km. Todos eles são localizados na estrada Raymundo Mascarenhas e foram selecionados pelo programa 2D Hotspot Identification como pontos de concentração de atropelamentos para as quatro classes trabalhadas.

Propomos o manejo da vegetação da borda da estrada que consiste em corte raso da vegetação em uma distância que varie de 3 a 4 metros em relação ao início da pavimentação da estrada, em cada uma das margens. Tal manejo deverá incluir a supressão de árvores frutíferas quando localizadas na borda imediata da estrada.

Com relação à educação ambiental, propomos o desenvolvimento de atividades envolvendo conscientização quanto ao uso de uma unidade de conservação, respeito ao limite de velocidade estabelecido e trabalhos educativos com os usuários da Floresta Nacional de Carajás envolvendo temáticas de sensibilização à conservação da fauna e à perda de biodiversidade associada ao atropelamento. Tais atividades deverão ser garantidas periodicamente, contemplando diferentes períodos sazonais e esclarecendo quanto às peculiaridades de cada grupo de animais.

Sugerimos, por fim, a elaboração de um planejamento de monitoramento de fauna atropelada para a Floresta Nacional de Carajás, em que de forma periódica, (pelo menos a cada semestre) seja realizada uma campanha de no mínimo um mês de duração, respeitando as diferenças sazonais, de forma que a taxa de atropelamento seja medida como avaliação da eficácia das medidas de mitigação propostas. Neste, propomos a construção de uma passagem aérea localizada no km25, que de forma experimental deverá ter sua eficácia medida a partir do monitoramento.

4.4. Discussão

Toda a extensão das duas estradas estudadas apresentou registros de fauna atropelada. A proximidade com a mina de ferro refletiu numa diminuição da fauna atropelada a partir do Km 39 (ERM) e do Km 0 (EMA). Tal resultado é esperado devido

à ausência de vegetação existente na área da mina e corrobora a proposta de manejo de borda como medida mitigadora ao atropelamento, assim como propõem LANGEN e seus colaboradores (2012); SEIJAS e seus colaboradores (2013). Além da ausência de vegetação, por ser área de alto risco de acidentes, como norma de segurança a velocidade máxima permitida nesse trecho é de 40 km/h.

Os anfíbios, assim como os passeriformes são considerados grupos subestimados em trabalhos de determinação de abundância de indivíduos atropelados devido ao seu tamanho corporal e rápida decomposição (GRILO, 2012). No entanto, essa subestimativa pareceu não afetar a determinação dos trechos de maior atropelamento, que muitas vezes coincidiu aos locais de picos de atropelamentos para todas as classes.

Ao plotarmos a distribuição do número de atropelamentos verificamos que a maior parte dos eventos aconteceu na estrada Raymundo Mascarenhas (Figura 2). A opção por trabalhar com os dados conjuntos das duas estradas para a definição de hospots é bastante relevante para os resultados finais. Pois fica claro que os dados da estrada Manganês do Azul não conseguiram concorrer (em intensidade e frequência de ocorrência de eventos) com os da estrada Raymundo Mascarenhas. Mas tais medidas são importantes para subsidiar tomadas de decisão, que precisam de pontos focais para atuarem na proposição de medidas mitigatórias ao impacto e de forma a considerar tanto a relevância de se implementar medidas de mitigação quanto seus altos custos (HUIJSER et al. 2008).

Dentre os métodos de testar agregações significativas, o teste K de Ripley tem sido o mais utilizado (TEIXEIRA et al. 2014). As agregações significativas observadas por esse teste nos indicaram que existem concentrações de animais atropelados em determinados trechos das estradas. Em alguns casos, quando as agregações se formam apenas sob escalas muito grandes (maior que 50 km) não conferem precisão à análise já que praticamente alcançam a extensão de toda a rodovia monitorada (COELHO et al. 2008; CÁCERES et al. 2012). Esse não é o nosso caso, que apresentou agregações significativas, tanto para a análise dos dados em conjunto como para cada uma das classes estudadas, a partir de 200 metros.

Com esses resultados confirmamos nossa primeira hipótese, verificando que a distribuição espacial dos atropelamentos não foi aleatória e sim agrupada tanto para

os atropelamentos de todos os grupos juntos como para as diferentes classes separadamente. Esse fato contribui para a detecção de hotspots.

Para a detecção dos hotspots, nós plotamos vários cenários, tais como com os dados totais para todas as classes juntas e depois para cada uma das classes, considerando tanto a variação da determinação ao longo dos anos como o cenário com o acumulado dos três anos de monitoramento. Considerando os quilômetros selecionados pelo programa, foram identificados 31 pontos potenciais de atuação para implementação de medidas mitigatórias.

Optamos por selecionar de fato como *hotspots* os quilômetros que aparecessem de forma mais frequentes no conjunto de dados dos diferentes cenários (Tabela 14). Essa opção se fundamentou em dois aspectos. O primeiro, na constatação de que há uma influência do fator tempo na detecção dos hotspots, ou seja, os pontos de maior concentração de atropelamentos, selecionados pelo programa Siriema, tendem a mudar ao longo dos anos.

O segundo aspecto diz respeito à especificidade de cada grupo. Alguns estudos recomendam que as medidas de mitigação sejam mais específicas (para grupos e até em nível de espécie), pois tal ajuste tende a ser mais eficaz (LESBARRÈRES & FAHRIG, 2012). No entanto, é difícil realizar análise espacial para espécies, pois dados restritos à uma única espécie tendem a ser de menor volume, prejudicando a detecção de tais pontos ou em caso de espécies que apresentam muitos dados, costumam ser de pouco interesse para a conservação (TEIXEIRA et al. 2013-B).

Quanto à influência do tempo, nossa hipótese de que não haveria variação temporal significativa ao longo dos três anos foi rejeitada parcialmente, pois as classes dos vertebrados se comportaram de maneira diferente. O hotspots variaram significativamente ao longo dos três anos de monitoramento apenas para o grupo das aves e dos anfíbios.

Pouco se discute sobre a influência do esforço em resultados que culminem nas medidas de mitigação (MALO et al. 2005). Consideramos importante estudar sobre o efeito do esforço nos resultados, para caminharmos tanto para o uso de metodologias mais padronizadas como formas de mitigação mais eficazes.

Para a análise da influência do esforço sobre a detecção de hotspots, verificamos que duas coletas diárias são mais relevantes para os grupos de aves e anfíbios. Provavelmente isso se deva ao menor tamanho corporal associado a essas duas classes, o que deve influenciar na perda de carcaças (SLATER 2002, TEIXEIRA et al. 2013-B). Além disso, o predomínio do comportamento diurno dentro do grupo das aves também deve ter influenciado, uma vez que as coletas mantidas foram as matutinas, realizadas logo no início do dia.

O esforço maior, dentro de um mesmo dia, estará necessariamente associado a uma maior taxa de atropelamento, uma vez que tanto o trecho percorrido como o tempo (medido em número de dias) permanecem inalterados. De forma que a diferença de esforço tem mais efeito na taxa de atropelamento que na detecção de hotspots. Ainda que esse efeito seja esperado conforme explicado acima.

Há duas formas de se reduzir a mortalidade da fauna por atropelamento: modificando o comportamento do condutor humano ou do animal (COOK & BLUMSTEIN, 2013; MASTRO et al. 2008; HEDLUND et al. 2004). Medidas de mudança do comportamento humano incluem redução do limite de velocidade e programas educativos (bastante considerado em nossas propostas), enquanto medidas de mudança do comportamento animal incluem adequabilidade do habitat e diferentes formas de afastar ou bloquear o animal da estrada, tais como cercas, passagens (aéreas e terrestres) e manejo de vegetação.

Não existem muitos trabalhos realizados com avaliação de sucesso de medidas de mitigação (FORMAN et al. 2003). Dentre as medidas que apresentam maior sucesso destacamos o uso de cercas, de placas e a redução do limite de velocidade (DANIELSON & HUBBARD, 1998; HEDLUND et al., 2004; KNAPP et al., 2004; SULLIVAN, 2009, 2011; COOK & BLUMSTEIN, 2013).

Propusemos medidas que contemplem as duas abordagens, tanto de mudança de comportamento humano (redução de velocidade e educação ambiental), como de restrição de habitat, a partir do manejo da vegetação de borda. GLISTA et al. (2009) dizem que, com frequência, a implementação de medidas mitigatórias não se correlaciona com sua eficácia. Por isso escolhemos medidas de mitigação de abrangência mais sistêmica do que pontual.

A velocidade mostrou ser de grande relevância para nossos resultados de perda da biodiversidade, o que levou à proposta de redução do limite de velocidade para 60 Km/h para toda a extensão da estrada. Tal medida tem sido bastante valorizada em diversos estudos (HOBDAI & MINSTRELL, 2008).

A fim de diminuir o efeito surpresa tanto para o animal como para o motorista e evitar a ideia de continuação do habitat para o animal, que tenderá a evitar mais a estrada, propusemos um manejo periódico da vegetação de borda, medida também adotada por diversos autores (LANGEN *et al.* 2012; SEIJAS *et al.* 2013).

Por fim, propusemos como medida de mitigação a educação ambiental, que acreditamos ser uma importante ferramenta para a conservação da biodiversidade, pelo seu potencial de transformação das ações predatórias do homem.

É importante ressaltar que não apenas optamos por medidas de mitigação mais sistêmicas, como também acreditamos que sejam mais eficazes.

REFERÊNCIAS

- CÁCERES, N.C., CASELLA J, GOULART C. S. 2012. *Variação espacial e sazonal de atropelamentos de mamíferos no bioma cerrado, rodovia BR 262, Sudeste do Brasil*. Mastozoologia Neotropical, v.19: 21-33
- CARVALHO, C. F., BORGES, A. P. S., CUSTÓDIO, A. E. I. 2014. *Hotspots de atropelamentos de mamíferos domésticos e silvestres*. BAGER, A. (Eds). 2014. Anais Road Ecology Brazil. 22-27.
- COELHO, I.P.; KINDEL, A. & COELHO, A.V.P. 2008. *Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil*. European Journal of Wildlife Research 54: 689-699.
- COELHO, A. V. P., COELHO, I. P., KINDEL, A., TEIXEIRA, F.Z. 2011. SIRIEMA. *Spatial Evaluation of Road Mortality Software. User's Guide V.1.1*. UFRGS, Porto Alegre, Brazil.
- COELHO, I.P.; TEIXEIRA, F.Z.; COLOMBO, P.; COELHO, A.V.P. & KINDEL, A. 2012. *Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil*. Journal of Environmental Management, 112: 17-26.
- COOK, T. C. & BLUMSTEIN, D. T. 2013. *The omnivore's dilemma: Diet explains variation in vulnerability to vehicle collision mortality*. Biological Conservation 167: 310–315.
- CRESSIE, N. A. C. 1993. *Statistics for Spatial Data. Revised Edition*. John Wiley & Sons, New York.
- DANIELSON, B.J., HUBBARD, M.W., 1998. *A literature review for assessing the status of current methods of reducing deer–vehicle collisions*. The Task Force on Animal Vehicle Collisions. The Iowa Department of Transportation and The Iowa Department of Natural Resources.
- FORMAN, R. T. T., SPERLING, D., BISSONETTE, J. A., CLEVINGER, A. P., CUTSHALL, C. D., DALE, V. H., FAHRIG, L. FRANCE, R., GOLDMAN, C. R., HEANUE, K., JONES, J. A., SWANSON, F. J., TURRENTINE, T., WINTER, T. C. 2003. *Road Ecology. Science and Solutions*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- GLISTA, D.J., DEVAULT, T.L. and 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. 2012. *A rede viária e a fauna: impactes, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal*. Bager, A. (Ed) Ecologia de Estradas – tendências e pesquisas. UFLA, Brasil. Pp. 35-57.

HEDLUND, J.H., CURTIS, P.D., CURTIS, G., WILLIAMS, A., 2004. *Methods to reduce traffic crashes involving deer: what works and what does not*. Traffic Injury Prevent. 5, 122–131.

HOBDAI, A.J. & MINSTRELL, M.L. 2008. *Distribution and abundance of roadkill on Tasmanian highways*. Wildlife Research 35 (7): 712 - 726.

HUIJSER, M.P.; MCGOWEN, P.; FULLER, J.; HARDY, A.; KOCIOLEK, A.; CLEVINGER, A.P.; SMITH, O.; AMENT, R. 2008. *Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*. Federal Highway Administration. 254p.

KNAPP, K.K., YI, X., OAKASA, T., THIMM, W., HUDSON, E., RATHMANN, C., 2004. *Deer-vehicle crash countermeasure toolbox: a decision and choice resource*. Midwest Regional University Transportation Center, Madison, Wisconsin, USA.

LANGEN, T.A., GUNSON, K.E., SCHEINER, C.A., BOULERICE, J.T. 2012. *Road mortality in freshwater turtles: identifying causes of spatial patterns to optimize road planning and mitigation*. Biodiversity Conservation. 21:3017–3034.

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

LEVINE, N. 2000. *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations*. Ned Levine & Associates, Annandale, Virginia & National Institute of Justice, Washington, DC. 2824p.

LEVINE, N. 2004. *CrimeStat III: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations*. Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC.

MASTRO, L.L., CONOVER, M.R., FREY, S.N. 2008. *Deer-vehicle collision prevention techniques*. Human-Wildlife Interactions, 2 (1): 80-92.

MALO, J. E., HERVÁS, I., HERRANZ, J., MATA, C., SUÁREZ, F., 2005. *How many days to monitor a wildlife passage? Species detection patterns and the estimation of the vertebrate fauna using crossing structures at a motorway*. In: Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation, Eds. Irwin, CL, Garrett P., McDermott K.P. Center for Transportation and Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC: pp. 406-413.

RIPLEY, B. D. 1981. Spatial Statistics. John Wiley & Sons, New York. SLATER, F.M. 2002. *An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and number killed*. Web Ecology, 3: 33-42.

SANTOS, A.L.P.G., ROSA, C.A., BAGER, A. 2012. *Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG 354, Sul de Minas Gerais – Brasil*. Biotemas 25: 73-79.

SCHMIDT, B. R., CARVALHO, D. L. P., TEIXEIRA, F.Z., ANZA, J., GONÇALVES, L. O., MACHADO, M. S., OLIVEIRA, N. R., PINHEIRO, P. F., KINDEL, A. 2014. *A estrada do inferno se tornou a rodovia da Morte: mais de 42 mil animais atropelados por Ano no extremo sul da BR-101*. BAGER, A. (Eds). 2014. Anais Road Ecology Brazil. 104-105.

SEIJAS, A. E., ARAUJO-QUINTERO, A., VELÁSQUEZ, N. 2013. *Mortalidad de vertebrados en la carretera Guanare-Guanarito, estado Portuguesa, Venezuela*. Rev. Biol. Trop. Vol. 61 (4): 1619-1636.

SULLIVAN, J.M., 2009. *Relationships between lighting and animal–vehicle collisions*. UMTRI-2009, 35.

SULLIVAN, J., 2011. *Trends and characteristics of animal–vehicle collisions in the United States*. J. Safety Res. 42, 9–16.

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

TEIXEIRA, F. Z.; COELHO, I. P.; ESPERANDIO, I. B.; OLIVEIRA, N. R.; PETER, F. P.; DORNELES, S. S.; DELAZERI, N. R.; TAVARES, M.; MARTINS, M. B. & KINDEL, A. 2013-A. *Are road-kill hotspots coincident among different vertebrate groups?* Oecologia Australis, v17, n1. 2013.

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

TEIXEIRA, F.Z., COELHO, I. P., COELHO, A. V., JAEGER, J. A. G., HARTZ, S. M., KINDEL, A. 2014. *Como identificar hotspots de atropelamentos: Uma revisão dos métodos utilizados em ecologia de estradas*. BAGER, A. (Eds). 2014. Anais Road Ecology Brazil. 88-89.

CONCLUSÃO FINAL

As estradas são elementos importantes para o desenvolvimento de uma região, mas não há dúvidas quanto à sua associação com a promoção de diferentes impactos sobre a fauna. Em resposta a essa constatação surge, nos últimos tempos, uma intensificação na produção de estudos na área de ecologia de estradas. Inicialmente esses trabalhos se concentraram em apenas quantificar a biodiversidade perdida, na atualidade essa abordagem vem sendo substituída por outros enfoques, especialmente o efeito das estradas nas populações e as estratégias de mitigação. Dentre as medidas de mitigação mais adotadas nos atuais estudos se encontram o uso de passagens e de cercas, campanhas de educação ambiental e redução do limite de velocidade, além do estabelecimento de áreas protegidas (unidades de conservação). O Brasil apresenta hoje destaque no cenário mundial, encontrando-se entre os países que mais produzem conhecimento nessa área.

As estradas que cortam a Floresta Nacional de Carajás causam um grande impacto de atropelamento na fauna local. Anualmente morrem cerca de 20 vertebrados por quilômetro dentro desta Unidade de Conservação, deixando evidente que as perdas da fauna por atropelamento na Floresta Nacional de Carajás são muito elevadas e merecem grande atenção por parte dos gestores, para que tais taxas sejam revertidas.

Os três anos de intensa coleta de carcaças de animais trouxeram informações relevantes para que pudéssemos compreender as variáveis que tornam a fauna vulnerável ao atropelamento, extrapolando em muito as análises quantitativas e qualitativas. Em uma unidade de conservação que envolve uso de seus recursos naturais de forma tão intensa, gerando um grande fluxo de veículos pesados em seu interior, o resultado de que o fluxo de veículos leves, mas principalmente a velocidade empregada tiveram um maior efeito nos atropelamentos, foi muito expressivo. Somado a isso, características ambientais e físicas, como a vegetação chegando à beira da estrada e a falta de estruturas como canaletas no acostamento, levando a um aumento de atropelamento, geraram subsídios para propor medidas mitigatórias.

O uso de ferramentas como o programa Siriema permitiu que detectássemos os pontos de maiores agregações de atropelamentos, os hotspots, mostrando que esses não ocorrem de forma aleatória nas estradas estudadas. Ademais, as respostas

foram diferentes para cada classe de vertebrados, sugerindo que não existe uma única medida que possa ser adotada e que contemple a mitigação dos atropelamentos para os diferentes grupos da fauna.

As medidas mitigatórias aqui propostas levaram em consideração esses diferentes resultados obtidos (características ambientais e físicas, fluxo de veículos, velocidade permitida, respostas diferenciadas e hotspots). Aquelas medidas de caráter comportamental, envolvendo a mudança da velocidade usada pelo condutor, são as mais urgentes, pois ficou muito clara a relação da velocidade imprimida, principalmente por veículos leves, com o número de atropelamento da fauna silvestre dentro da Flona.

Os resultados e discussões aqui gerados configuram como consistentes subsídios para a elaboração de propostas, que por se sustentarem em um grande esforço amostral, tendem a refletir bem a realidade local. Além do mais, a metodologia empregada serve como referência e parâmetro comparativo para outros estudos de ecologia de estradas, especialmente aqueles em unidades de conservação. Os dados aqui levantados poderão subsidiar futuros trabalhos de verificação dos impactos dos atropelamentos sobre as populações, bem como oferecer informações importante de remoção da natureza a partir de atropelamentos para diferentes espécies.

Por fim, as propostas de mitigação do impacto da estrada sobre a fauna precisam ser implementadas urgentemente e seus resultados monitorados de forma sistemática (criação de um plano de ação), para que se possa avaliar seus efeitos e adequabilidade. Se faz importante ressaltar que o monitoramento de fauna atropelada é a principal ferramenta de avaliação não apenas das futuras medidas de mitigação a serem implementadas como também da quantificação do próprio impacto.

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continua)

	Autores	Ano	País de origem
1	Abbott et al.	2012	Irlanda
2	Anthony et al.	1990	Estados Unidos
3	Ascensão et al.	2014	Portugal
4	Bager & Rosa	2012	Brasil
5	Bager & Rosa	2011	Brasil
6	Bager & Rosa	2010	Brasil
7	Barrientos & Bolonio	2009	Espanha
8	Barrientos & Miranda	2012	Espanha
9	Barrueto	2014	Canadá
10	Barthelmess	2014	Estados Unidos
11	Basille et al.	2013	Noruega
12	Baskaran & Boominathan	1995	Índia
13	Beebee	2012	Inglaterra
14	Behera & Borah	2010	Índia
15	Bennett & Zurcher	2013	Espanha
16	Bishop & Brogan	2013	Canadá
17	Bissonette & Adair	2008	Estados Unidos
18	Bissonette & Rosa	2012	Estados Unidos
19	Blackwell & Seamans	2009	Estados Unidos
20	Boarman & Sazaki	2006	Estados Unidos
21	Boitet & Mead	2014	Estados Unidos
22	Borkovcová et al.	2012	República Checa
23	Boulanger et al.	2013	Austrália
24	Brehme et al.	2013	Estados Unidos
25	Brenner	2006	Estados Unidos
26	Brockie	2009	Nova Zelandia
27	Brockie	2007	Nova Zelandia
28	Broves & Belthoff	2012	Estados Unidos
29	Brzezinski et al.	2012	Polônia
30	Bujoczek et al.	2011	Polônia

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

31	Byrnes et al.	2012	Austrália
32	Cáceres et al.	2010	Brasil
33	Cáceres et al.	2011	Brasil
34	Camacho	2013	Espanha
35	Caro	2013	Estados Unidos
36	Caro et al.	2008	Austrália
37	Carvalho et al.	2014	Brasil
38	Chafika et al.	2009	Argélia
39	Clevenger et al.	2001	Canadá
40	Clevenger et al.	2003	Canadá
41	Clevenger et al.	2001	Canadá
42	Colino-Rabanal et al.	2011	Espanha
43	Colino-Rabanal et al.	2012	Espanha
44	Cook & Blumstein	2013	Estados Unidos
45	Coulson et al.	2014	Austrália
46	Covaciu-Marcov et al.	2012	Romenia
47	Covaciu-Marcov et al.	2012	Romenia
48	Crook et al.	2013	Austrália
49	Crossland et al.	2011	Austrália
50	Cserkész et al.	2013	Hungria
51	Cunha et al.	2010	Brasil
52	Cureton & Deaton	2012	Estados Unidos
53	D'Anunciação et al.	2013	Brasil
54	Diaz-Varela et al.	2011	Espanha
55	Diniz & Brito	2013	Brasil
56	Dorland et al.	2014	Canadá
57	Dowding et al.	2010	Inglaterra
58	Eberhardt et al.	2013	Canadá
59	Eldegard et al.	2012	Noruega

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

60	Eloff & Niekerk	2005	África do Sul
61	Eloff & Niekerk	2008	África do Sul
62	Erritzoe et al.	2003	Polônia
63	Farmer & Brooks	2012	Canadá
64	Find'O et al.	2009	Eslováquia
65	Fitzsimons et al.	2014	Austrália
66	Ford & Clevenger	2010	Canadá
67	Forttney et al	2012	Canadá
68	Found & Boyce	2011	Canadá
69	Found & Boyce	2011	Canadá
70	Franz et al.	2013	Polônia
71	Fudge et al	2007	Canadá
72	Fuller & Nickol	2011	Estados Unidos
73	Gagnon et al.	2011	Estados Unidos
74	Garriga et al.	2012	Espanha
75	Godley & Moler	2013	Estados Unidos
76	Gonzáles-Gallina et al.	2013	México
77	Gonzáles-Zamora et al.	2011	México
78	Gordon et al.	2004	Estados Unidos
79	Gray	2009	Estados Unidos
80	Grift et al.	2013	Holanda
81	Grilo et al.	2012	Portugal
82	Grilo et al.	2004	Inglaterra
83	Grilo et al.	2009	Portugal
84	Grosman et al.	2011	Canadá
85	Guinard et al.	2012	França
86	Gumier-Costa & Sperber	2009	Brasil
87	Gunson et al.	2009	Canadá
88	Gunson et al.	2012	Canadá

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

89	Gunson et al.	2011	Canadá
90	Guyot & Clobert	1997	França
91	Haigh	2012	Irlanda
92	Haigh et al.	2014	Irlanda
93	Haines et al.	2005	Estados Unidos
94	Hesse et al.	2010	Canadá
95	Heurich et al.	2012	Alemanha
96	Hobday	2010	Austrália
97	Hobday & Minstrell	2008	Austrália
98	Holderegger & Giulio	2010	Alemanha
99	Hubbard & Chalfoun	2012	Estados Unidos
100	Huijser et al.	2009	US/Canadá
101	Husby & Husby	2014	Noruega
102	Iliopoulos et al.	2014	Grécia
103	Iosif et al.	2013	Romenia
104	Jaarsma et al.	2007	Holanda
105	Jaeger & Fahrig	2004	Canadá
106	Kambourova-Ivanova et al.	2012	Bulgária
107	Kanda et al.	2007	Estados Unidos
108	Kenneth-Dodd et al.	2003	Estados Unidos
109	Keuling et al.	2013	Europa central
110	Klöcker et al.	2006	Austrália
111	Kociolek et al.	2011	US/Canadá
112	Kolb	2006	Estados Unidos
113	Kovar et al.	2014	República Checa
114	Kramer-Schadt et al.	2004	Suiça
115	Lagos et al.	2012	Espanha
116	Langen et al.	2007	Estados Unidos
117	Langen et al.	2012	Estados Unidos

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

118	Langevelde et al.	2009	Holanda
119	Laporte et al.	2013	Canadá
120	Larkin et al.	2011	Estados Unidos
121	Laurance et al.	2009	Brasil
122	Legagneux & Ducatez	2013	França
123	Lemarchand et al.	2010	França
124	Lesbarrères et al.	2004	França
125	Lesinski	2007	Polônia
126	Li et al.	2003	China
127	Lima et al.	2010	Brasil
128	Lima et al.	2013	Brasil
129	Litvaitis & Tash	2008	Estados Unidos
130	Loehr	2012	África do Sul
131	Lorusso et al.	2011	Itália
132	Lulka	2008	Estados Unidos
133	Lunney et al.	2008	Austrália
134	Malo et al.	2004	Espanha
135	Manen et al.	2012	Estados Unidos
136	Markolt et al.	2012	Hungria
137	Marsh	2007	Estados Unidos
138	Martínez-Freiria & Brito	2012	Espanha
139	Matos et al.	2012	Portugal
140	Mccarthy et al.	2012	Estados Unidos
141	McDonald	2012	Austrália
142	Mead & Patterson	2009	Estados Unidos
143	Medici & Desbiez	2012	Brasil
144	Medinas et al.	2013	Portugal
145	Meek	2012	França
146	Meisingset et al.	2013	Noruega

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

147	Michael	2004	Estados Unidos
148	Miotto et al.	2012	Brasil/SP
149	Mkanda & Chansa	2011	Zâmbia
150	Munro et al.	2012	Canadá
151	Nafus et al.	2013	Estados Unidos
152	Neumann et al.	2012	Suécia
153	Norris et al.	2013	Canadá
154	Oliver	2012	França
155	Ordiz et al.	2014	Suécia
156	Orlowski & Nowak	2006	Polônia
157	Pagnucco et al.	2012	Canadá
158	Palazón et al.	2012	Espanha
159	Parris & Schneider	2009	Austrália
160	Patrick et al.	2012	Estados Unidos
161	Phillips	2008	Austrália
162	Pineda	2006	Espanha
163	Planillo & Malo	2013	Espanha
164	Polak et al.	2013	Polônia
165	Prado et al.	2006	Brasil/GO
166	Proulx et al.	2014	Canadá
167	Quintero-Ángel et al.	2005	Venezuela
168	Quintero-Ángel et al.	2012	Colômbia
169	Ramp & Ben-Ami	2006	Austrália
170	Ramp & Croft	2006	Austrália
171	Ramp & Roger	2008	Austrália
172	Ramp et al.	2006	Austrália
173	Ramp et al.	2005	Austrália
174	Ratton et al.	2014	Brasil
175	Refsnider & Linck	2012	Estados Unidos

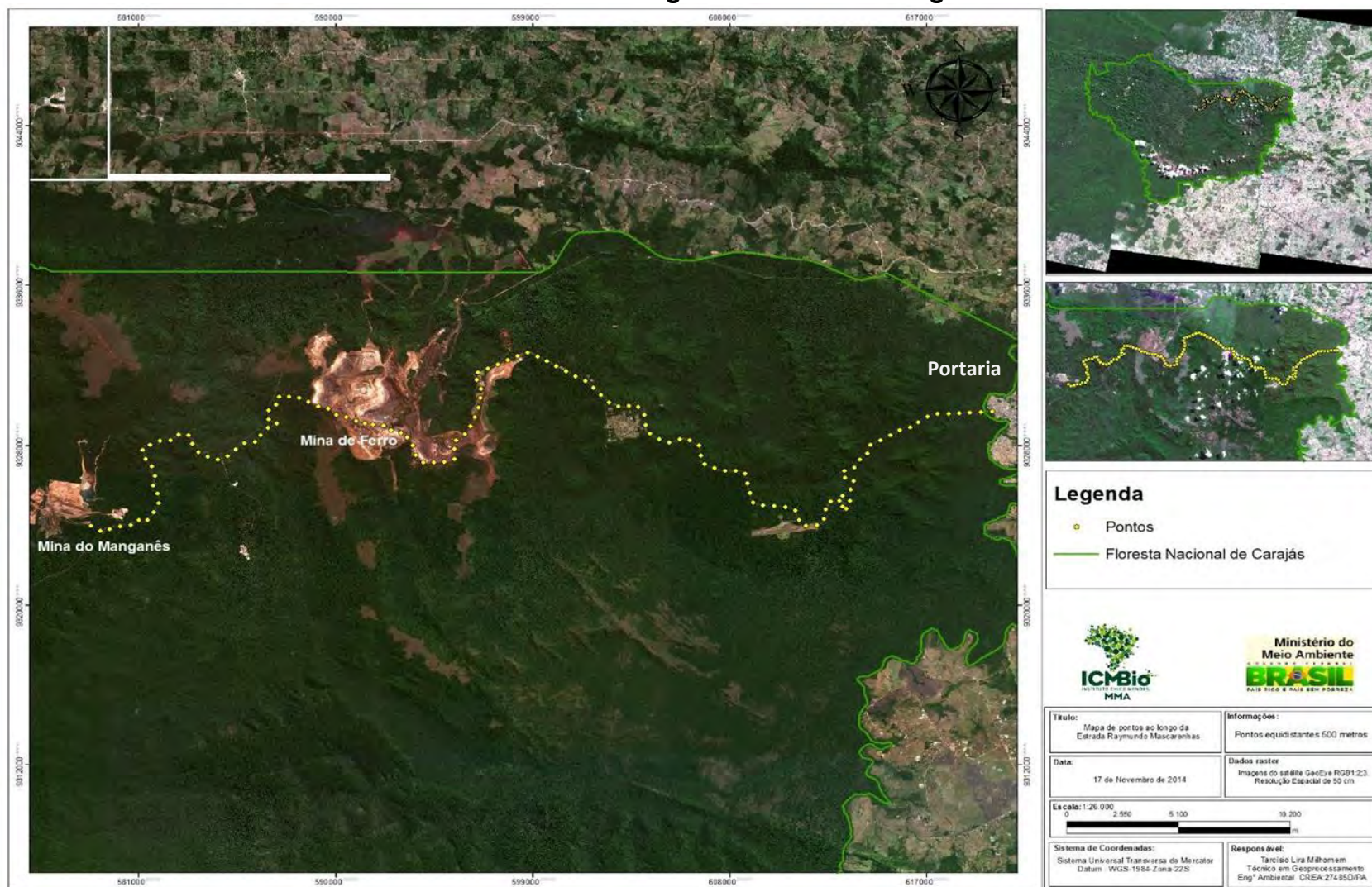
APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (continuação)

176	Reid et al.	2013	Austrália
177	Rhodes et al.	2014	Austrália
178	Robson & Blouin-Demers	2013	Canadá
179	Roe et al.	2013	Estados Unidos
180	Roger & Ramp	2009	Austrália
181	Row et al.	2007	Canadá
182	Russell et al.	2011	Austrália
183	Russell et al.	2013	Austrália
184	Rytwinski & Fahrig	2012	Canadá
185	Rytwinski & Fahrig	2011	Canadá
186	Santos et al.	2013	Portugal
187	Sanzo & Hecnar	2006	Canadá
188	Seburn	2012	Canadá
189	Seijas et al.	2013	Venezuela
190	Senzota	2010	Tanzania
191	Senzota	2013	Tanzania
192	Shuo & Hai-Feng	2007	China
193	Silva et al.	2012	Portugal
194	Silva-Rodríguez et al.	2010	Chile
195	Simmons et al.	2010	Canadá
196	Smith & Smith	2008	Austrália
197	Smith-Patten & Patten	2008	Estados Unidos
198	Snow et al.	2011	Estados Unidos
199	Snow et al.	2012	Estados Unidos
200	Soanes et al.	2013	Austrália
201	Stevens & Dennis	2013	Estados Unidos
202	Sutherland et al.	2010	Estados Unidos
203	Taylor & Goldingay	2008	Austrália
204	Taylor & Goldingay	2012	Austrália

APÊNDICE A - Listagem alfabética dos estudos acerca das estradas e seus efeitos sobre a fauna silvestre analisados na presente revisão (n=217) e seus respectivos anos de publicação e país de origem. (conclusão)

205	Teixeira et al.	2013	Brasil
206	Teixeira et al.	2013	Brasil
207	Timm & McGarigal	2014	Estados Unidos
208	Tok et al.	2011	Turquia
209	Trombulak & Frissell	2000	Estados Unidos
210	Uraguchi et al.	2009	Japão
211	Vanthomme et al.	2013	Gabão
212	Wagner et al.	2011	Estados Unidos
213	Wang et al.	2013	China
214	Wotherspoon & Burgin	2011	Austrália
215	Yun et al.	2013	China
216	Yun et al.	2012	China
217	Zhongjun et al.	2005	China

APÊNDICE B – Estradas estudadas, onde o trecho entre a portaria e a mina de ferro corresponde à Estrada Raymundo Mascarenhas e o trecho entre a mina de ferro e a mina de Manganês à Estrada Manganês do Azul.



APÊNDICE C – Comportamento quanto à hora de atividade, tipo de alimentação, uso de estrato e social atribuídos aos pequenos mamíferos (roedores e marsupiais) encontrados na Floresta Nacional de Carajás.

<i>Akodon cf. cursor</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Caluromys philander</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Chironectes minimus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Dactylomys dactylinus</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Didelphis marsupialis</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Dasypus septemcinctus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Echymys chrysurus</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Euryoryzomys emmonsae</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Glironia venusta</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Guerlinguetus gilvicularis</i>	diurno	carnívoro	arborícola	solitário
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Makalata didelphoides</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Marmosa murina</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Marmosops pinheiroi</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Mesomys stimulax</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Metachirus nudicaudatus</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Micoureus demerarae</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Monodelphis aff Kunsii</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Monodelphis glirina</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Monodelphis sp.D</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Neacomys af. paracou</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Necomys lasiurus</i>	noturno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Nectomys rattus</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Neusticomys sp.</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Oecomys cf paricola</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Oligoryzomys microtis</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Oxymycterus amazonicus</i>	noturno	insetívoro	terrestre	solitário
<i>Philander opossum</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Proechimys roberti</i>	noturno	onívoro	terrestre	solitário
<i>Rhipidomys emiliae</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	noturno	herbívoro	terrestre	solitário

APÊNDICE D - Comportamento quanto à hora de atividade, tipo de alimentação, uso de estrato e social atribuídos aos médios e grandes mamíferos encontrados na Floresta Nacional de Carajás.

<i>Alouattta belzebul</i>	diurno	herbívoro	arborícola	gregário
<i>Bradypus variegatus</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Cabassous unicinctus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Cebus apella</i>	diurno	onívoro	arborícola	gregário
<i>Cerdocyon thous</i>	noturno	onívoro	terrestre	gregário
<i>Chiropotes satanas</i>	diurno	herbívoro	arborícola	gregário
<i>Choleopus didactylus</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Coendou prehensilis</i>	noturno	herbívoro	arborícola	solitário
<i>Cuniculus paca</i>	noturno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Cyclopes ditactylus</i>	noturno	carnívoro	arborícola	solitário
<i>Dasypus kapleri</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Dasypsecta croconota</i>	diurno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Dasypsecta leporina</i>	diurno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Dasypus novemcinctus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Dasypsecta prymnolopha</i>	diurno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Eira barbara</i>	diurno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Euphractus sexcinctus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Galactis vitata</i>	noturno	onívoro	terrestre	gregário
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	diurno	herbívoro	terrestre	gregário
<i>Leopardus pardalis</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Leopardus wiedii</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Mazama americana</i>	diurno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Mazama nemorivaga</i>	diurno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Nasua nasua</i>	diurno	onívoro	terrestre	gregário
<i>Panthera onca</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Puma concolor</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Pecari tajacu</i>	diurno	onívoro	terrestre	gregário
<i>Potos flavus</i>	noturno	onívoro	arborícola	solitário
<i>Priodontes maximus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Procyon cancrivorus</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Puma yagouaroundi</i>	noturno	carnívoro	terrestre	solitário
<i>Saimiri sciureus</i>	diurno	onívoro	arborícola	gregário
<i>Sheothos venaticus</i>	diurno	carnívoro	terrestre	gregário
<i>Tamandua tetradactyla</i>	noturno	carnívoro	arborícola	solitário
<i>Tapirus terrestris</i>	noturno	herbívoro	terrestre	solitário
<i>Tayassu pecari</i>	diurno	onívoro	terrestre	gregário