



CAMILA PAULA ZANETTI

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES INFLUENTES EM ATROPELAMENTOS DE
MAMÍFEROS SILVESTRES NA RODOVIA BR-116, TRECHO DE
GUAÍBA/PELOTAS-RS**

CANOAS, 2016

CAMILA PAULA ZANETTI

**IDENTIFICAÇÃO DOS FATORES INFLUENTES EM ATROPELAMENTOS DE
MAMÍFEROS SILVESTRES NA RODOVIA BR-116, TRECHO DE
GUAÍBA/PELOTAS-RS**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do grau de mestre no Curso de Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais do Centro Universitário La Salle.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Cristina Vargas Cademartori

Co-orientação: Prof. Dr. Eduardo Dias Forneck

CANOAS, 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Z28i Zanetti, Camila Paula.

Identificação dos fatores influentes em atropelamentos de mamíferos silvestres na rodovia BR-116, trecho de Guaíba – Pelotas (RS) [manuscrito] / Camila Paula Zanetti – 2016.

93 f.; 30 cm.

Dissertação (mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais) – Centro Universitário La Salle, Canoas, 2016.

“Orientação: Prof^a. Dra. Cristina Vargas Cademartori”.

1. Ecologia. 2. Mamíferos silvestres. 3. Mortalidade. 4. Impactos ambientais. 5. Meio ambiente. I. Cademartori, Cristina Vargas. II. Título.

CDU: 599(816.5)

Bibliotecário responsável: Melissa Rodrigues Martins - CRB 10/1380



UNILASALLE

CENTRO UNIVERSITÁRIO LA SALLE



Credenciamento: Decreto de 29/12/98 - D.O.U. de 30/12/98
Recredenciamento: Portaria 626 de 17/05/12 - D.O.U. de 18/05/12

Programa de Pós-Graduação em Avaliação de Impactos Ambientais

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Cristina Vargas Cademartori
UNILASALLE, Orientadora e Presidente da
Banca

Prof. Dr. Eduardo Dias Forneck
FURG, Co-orientador

Prof. Dr. Gabriel Selbach Hofmann
UNILASALLE

Prof. Dr. Matúcio Pereira Almerão
UNILASALLE

Prof. Dr. Eduardo Périco
UNIVATES

Área de Concentração: Avaliação de Impactos Ambientais

Curso: Mestrado em Avaliação de Impactos Ambientais

Canoas, 28 de março de 2016.

RESUMO

Estradas são empreendimentos essenciais às sociedades e inevitáveis no mundo atual. Decorrentes da implementação das rodovias, estão os atropelamentos de animais, considerados como uma das principais causas diretas de mortalidade de vertebrados silvestres. Investigaram-se as espécies de mamíferos silvestres vitimadas e os *hotspots* de óbitos ao longo do trecho de 211,22 quilômetros da BR-116/RS, entre Guaíba e Pelotas, além dos fatores que possam influenciar as variações temporais e espaciais nos atropelamentos. Os dados foram coletados com periodicidade bimestral pela empresa STESA (Serviços Técnicos de Engenharia S. A.), em 13 monitoramentos realizados com velocidade média de 40 km/h, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014. O esforço amostral compreendeu 422 quilômetros percorridos por campanha. As variações espaciais e temporais no número de atropelamentos, bem como sua associação com variáveis climáticas ou com o volume de tráfego foram testadas por meio de análises paramétricas ou não-paramétricas, realizadas no programa *GraphPad InStat 3.01*. As análises de agregação, identificação de *hotspots* de atropelamentos e a estimativa da taxa de mortalidade para a rodovia foram realizadas no software *Siriema 2.0*. Realizou-se, ainda, análise das espécies mais atropeladas e sua relação com a composição da paisagem. Foram registrados 796 mamíferos silvestres atropelados, 50,1% dos quais se referem a *Didelphis albiventris*. A taxa de mortalidade estimada para a rodovia é de 12,82 animais/dia. Diferenças temporais nos atropelamentos foram incomuns (somente entre os invernos de 2013 e de 2014), e temperatura e precipitação não mostraram correlação com o número de atropelamentos. O volume de tráfego apresentou relação inversa significativa com o número de atropelamentos, sugerindo o efeito de evitação quando o tráfego é mais intenso. Os atropelamentos ocorreram formando agregações ao longo da rodovia, com 21 zonas de *hotspots* identificadas. Indica-se, como medida mitigadora, a instalação de sonorizadores na pista para redução da velocidade em associação com placas com sinais luminosos informando sobre a travessia de fauna local, execução de campanhas educativas envolvendo os motoristas e, a instalação de passafaunas nos *hotspots* com entorno bem preservado e distante de áreas urbanas.

Palavras-chave: Ecologia de estradas, mastofauna silvestre, mortalidade, *hotspots*.

ABSTRACT

Roads are essential enterprises to societies and they are indispensable on today's world. Due to implementation of highways the road kill of wildlife becomes an issue, which is considered one of the main causes of mortality of wild vertebrates. Wild mammal's species victims were investigated, as well as the *hotspots* of deaths along 211,22 kilometers of a stretch of the BR-116/RS, between Guaíba and Pelotas, adding the factors that might influence the temporal and spatial variances of the collisions. Data were collected bimonthly by the company STESA (Technical Engineering Services S.A.), where 13 monitoring were conducted with an average speed of 40 km/h, from October 2012 to November 2014. The sampling effort comprised 422 kilometers covered by the campaign. The spatial and temporal variations on the number of collisions, as well as the weather condition and the traffic volume were tested by parametric or non-parametric analysis, performed in the software *GraphPad InStat 3.01*. The aggregation analyses, identification of the collision *hotspots* and the estimated mortality rate for the road were accomplished using the software *Siriema 2.0*. Furthermore, analysis of the most affected species and their relation with the composition of the landscape was held. The registers amount 796 wild mammal road-kills, of which 50,1% refer to *Didelphis albiventris*. The estimated mortality rate for the road totalized 12,82 animals/day. Temporal differences in accidents were unusual (besides between the winters of 2013 and 2014), and temperature and precipitation showed no correlation with the number of collisions. The traffic volume presented significant inverse relationship with the collisions number, suggesting that when the traffic is more intense the effect of road avoidance occur. The road kills occur in aggregated form along the road, resulting in 21 identified *hotspots* zones. It is suggested, as a mitigation measure, the installation of sounders on the road in order to reduce speed in association with lightning plates informing about the crossing of local fauna, as well as conducting education campaigns engaging the drivers, and, it is suggested a passage of wildlife installation with protected surroundings on the *hotspots*, as well as isolation from the urban areas.

Key words: Road Ecology, wild mammals, mortality, *hotspots*.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa ilustrativo com a localização do estado do Rio Grande do Sul e do trecho de 211,22 km da BR-116/RS, área de estudo.....	20
Figura 2 - Mapa com as regiões fitoecológicas que integram a Área de Influência Indireta da área de estudo, trecho de Guaíba a Pelotas da BR-116/RS.....	22
Figura 3 - Padrão de distribuição de atropelamentos de mamíferos - estatística <i>K de Rippley</i> - 2D. A linha vermelha indica a função $L(r)$, mostrando agregação de atropelamentos, e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%.....	39
Figura 4 - Localização das agregações de <i>Hotspots</i> de atropelamentos de mamíferos – <i>Análise Hotspots</i> - 2D. A linha vermelha representa a função $N_{events} - N_{simulated}$ e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%. Os valores de $N_{events} - N_{simulated}$ acima do limite superior de confiança indicam locais com intensidade de agregação significativa.....	40
Figura 5 - Padrão de distribuição de atropelamentos de mamíferos excluindo-se <i>D. albiventris</i> - estatística <i>K de Rippley</i> - 2D. A linha vermelha indica a função $L(r)$, mostrando agregação de atropelamentos, e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%.	41
Figura 6 - Localização das agregações de <i>Hotspots</i> de atropelamentos de mamíferos excluindo-se <i>D. albiventris</i> – <i>Análise Hotspots</i> - 2D. A linha vermelha representa a função $N_{events} - N_{simulated}$ e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%. Os valores de $N_{events} - N_{simulated}$ acima do limite superior de confiança indicam locais com intensidade de agregação significativa.	41
Figura 7 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 300,5 ao km 373,2.	44
Figura 8 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 373,200 ao km 447,500	45
Figura 9 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 447,500 ao km 511,400.	46

Figura 10 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 300,54 ao km 325,00 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	48
Figura 11 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 325,00 ao 351,34 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014....	49
Figura 12 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 351,34 ao km 373,22 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	50
Figura 13 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 373,22 ao 397,20 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014....	51
Figura 14 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 397,20 ao km 422,30 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	52
Figura 15 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 422,30 ao km 448,0 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	53
Figura 16 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 448,00 ao km 470,10 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	54
Figura 17 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 470,10 ao km 489,00 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	55
Figura 18 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 489,00 ao km 511,76 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.	56

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Mamíferos silvestres atropelados na BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014, no trecho que compreende Guaíba a Pelotas.	30
Tabela 2 - Classes de cobertura vegetal e uso do solo nos subtrechos 1 ao 9, trecho do km 300,5 ao km 511,4 da rodovia BR-116. (atualizado de HASENACK e CORDEIRO, 2006).....	47

LISTA DE ABREVEATURAS E SIGLAS

AII - Área de Influência Indireta

CBEE - Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura

EUA - Estados Unidos da América

EIA - Estudo de Impacto Ambiental

ECOSUL - Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S.A

GPS - *Global Position System*

ha - Hectare

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

km - Quilômetro

LABGEO - Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

MG - Minas Gerais

N - Abundância

NERF - Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias

RGB - Red Green Blue

RS - Rio Grande do Sul

S - Riqueza

SC - Santa Catarina

STESA - Serviços Técnicos de Engenharia S. A.

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	10
1.1	Impactos de rodovias sobre a fauna silvestre	11
1.2	Impactos dos atropelamentos sobre a fauna de vertebrados	13
1.3	Fatores que influenciam os atropelamentos de fauna	16
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
2.1	Área de estudo.....	20
3.	COLETA E ANÁLISE DE DADOS	23
3.1	Atropelamentos de animais.....	23
3.1.1	<i>Dados de volume diário de tráfego.....</i>	<i>26</i>
3.1.2	<i>Dados climáticos</i>	<i>27</i>
3.1.3	<i>Mapeamento da cobertura vegetal</i>	<i>28</i>
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Atropelamentos de fauna.....	29
4.2	Variação sazonal dos atropelamentos.....	34
4.3	Influência da precipitação e da temperatura nos atropelamentos	36
4.4	Influência do volume médio mensal de tráfego nos atropelamentos ..	36
4.5	Variação espacial dos atropelamentos.....	38
4.5.1	<i>Os atropelamentos e a relação com a paisagem do entorno</i>	<i>43</i>
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	58
6.	REFERÊNCIAS.....	61
7.	APÊNDICES.....	73
8.	ANEXOS	92

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico das sociedades implica na demanda prioritária por adequação ou implementação de rodovias a fim de suprir as necessidades de transporte de pessoas e mercadorias (LISBOA, 2002), embora se tratem de empreendimentos altamente impactantes às comunidades de animais e plantas (BAGER et al., 2007; FORMAN e ALEXANDER, 1998). Todo e qualquer empreendimento causa alterações ambientais permanentes ou temporárias, e as interferências nas relações biológicas, físicas, químicas e sociais constituem os impactos ambientais (FOGLIATTI; FILIPPO e GOUDART, 2004). As alterações ambientais causadas pela implementação de rodovias estão entre as mais evidentes geradas pelo homem, com efeitos diretos e indiretos sobre o meio biótico e físico (FOGLIATTI; FILIPPO e GOUDART, 2004). Mudanças na paisagem, processos erosivos, alterações na hidrologia local, destruição de ambientes naturais, fragmentação de florestas, efeito de borda, efeito dos ruídos gerados e atropelamentos de animais são algumas das decorrências citadas na literatura (FORMAN e ALEXANDER, 1998; BAGER e FONTOURA, 2012; ROSA, 2012; ROSA et al., 2012).

A importância das obras rodoviárias para a sociedade é indiscutível, mas mesmo reconhecendo seus benefícios, os impactos negativos sobre o ambiente em seu entorno são incontestáveis, especialmente os impactos diretos sobre as espécies de vertebrados (BAGER e FONTOURA, 2012). A partir da década de 90 intensificaram-se os estudos em ecologia de estradas buscando compreender a relação entre o ambiente e as rodovias (BAGER e FONTOURA, 2012). No entanto, os estudos sobre o impacto das estradas aos animais silvestres são recentes e muitas vezes são associados às unidades de conservação, caracterizando uma carência de conhecimento sobre os efeitos às comunidades e populações em geral que vivem no entorno das rodovias (BAGER et al., 2007). A maioria dos estudos na área de Ecologia de Estradas restringe-se à quantificação do número de óbitos de animais nas rodovias (BUENO e ALMEIDA, 2010; BUENO et al., 2012; OLIVEIRA e SILVA, 2012; PINHEIRO e TURCI, 2013), e poucos são os estudos que indicam medidas mitigatórias (CACERES; CASELLA e GOULART, 2012) ou que avaliam a

sua eficácia (BAGER; MOTTA e AMARAL, 2000; BURNS et al., 2012). Estudos que enfatizam a quantificação dos óbitos ao longo de rodovias geram resultados de pouca relevância científica (BAGER et al., 2007). Pesquisas que buscam conhecer a riqueza de espécies, a dinâmica e interações entre populações, os movimentos migratórios e efeitos da fragmentação de habitats devem ser aliados aos levantamentos das espécies mais vitimadas e *hotspots* de fauna, importantes para completar as lacunas existentes (SCOSS et al., 2004; BAGER et al., 2007; BAGER e ROSA, 2012, TEIXEIRA et al., 2013b) e auxiliar no planejamento de ações a serem adotadas para a mitigação, conforme as particularidades de cada situação.

1.1 Impactos de rodovias sobre a fauna silvestre

Os impactos adversos das infraestruturas viárias sobre as espécies e habitats representam, em nível mundial, potencial ameaça à conservação das espécies (FORMAN e ALEXANDER, 1998; GRILO, 2012). Por esta razão, muitos pesquisadores vêm estudando os impactos das estradas à fauna silvestre (FORMAN e ALEXANDER, 1998; SPPELLERGER, 1998; SPPELLERGER e MORRISON, 1998; TROMBULAK e FRISSELL, 2000; SEILER, 2001; JOCHEN; JAEGER e FAHRIG, 2004; GRILO, 2012; LAURANCE; GOSSEM e LAURANCE, 2009; JACKSON e FAHRIG, 2011). Os efeitos da rodovia ultrapassam a faixa de rodagem e o acostamento, ocasionando alterações nas condições do ambiente no entorno que são devastadoras para algumas espécies da flora e fauna (FORMAN e ALEXANDER, 1998; CASELLA, 2010). Como aspectos gerais, a literatura cita o aumento da mortalidade pela construção de estradas, favorecimento à prática da caça ilegal, o aumento da mortalidade por colisão com veículos, o afugentamento de fauna, o isolamento de populações, o favorecimento da dispersão de espécies exóticas, redução da área de vida, redução do tamanho populacional e da densidade de espécies, aumento do risco de predação, alterações nos padrões de comportamento e de deslocamento das espécies (FORMAN, 1998; FORMAN e ALEXANDER, 1998; TROMBULAK e FRISSELL, 2000; SEILER, 2001; LAURANCE; GOSSEM e LAURANCE, 2009).

As perturbações devidas ao trânsito, ruídos, movimentos dos veículos, poluição e decorrentes das atividades humanas podem repelir muitas espécies das proximidades das rodovias (SEILER, 2001). Alguns autores (FORMAN, 1998; FORMAN e ALEXANDER, 1998) consideram o efeito evitação, causado pela perturbação do tráfego, mais significativo que os atropelamentos. Devido à largura da zona afetada em volta da infraestrutura rodoviária variar de alguns metros a centenas de quilômetros, as espécies são atingidas distintamente, uma vez que respondem de forma diferente à perturbação e mudança de habitat ao longo das estradas (SEILER, 2001). Forman e Alexander (1998) sugerem que em razão da extensa malha viária existente, as zonas de evasão de fauna podem se estender por dezenas ou centenas de metros além das rodovias, reduzindo a densidade de criadouros e a riqueza de espécies. Deste modo, o impacto ecológico da evitação pode ultrapassar o causado pelas colisões de veículos com animais.

As rodovias podem atuar também como barreiras ao movimento dos animais, pela combinação de perturbações e efeitos de evitação, obstáculos físicos e atropelamentos, e favorecer a seleção local de comportamentos diferentes dos padrões de migração naturais, potencializando a redução da distribuição e da produtividade de uma população (SEILER, 2001; TROMBULAK e FRISSELL, 2000). Forman e Alexander (1998) apontam que o efeito barreira pode reduzir os atropelamentos de fauna, porém o impacto causado se estende a uma área mais ampla em relação aos efeitos dos atropelamentos e de evitação. No Brasil, estudos recentes foram realizados por Esperandio (2014) e por Secco (2014), relativos ao efeito barreira das rodovias sobre a fauna de mamíferos. Segundo Laurance; Gossem e Laurence (2009), o impedimento da dispersão de espécies pode ser suficiente para reduzir a riqueza e a abundância de espécies perto de rodovias, representando uma potente força de extinção local.

O impacto das rodovias mais documentado e reconhecido são os atropelamentos de fauna, possivelmente devido ao grande número de carcaças que podem ser visualizadas nas estradas, dos quais poucas espécies estão imunes (TROMBULAK e FRISSELL, 2000; SEILER, 2001). Alguns autores (FORMAN e ALEXANDER, 1998; BAGER et al., 2007) consideram os atropelamentos de vertebrados como uma das principais ameaças à conservação da biodiversidade,

perdendo apenas para a perda e fragmentação dos habitats. Para Forman e Alexander (1998), possivelmente os atropelamentos de fauna silvestre ultrapassaram a caça como principal fator antrópico de mortalidade de vertebrados nas últimas três décadas.

Espécies ameaçadas de extinção são mais sensíveis aos atropelamentos e o risco de extinção local pode ser potencializado (FORMAN e ALEXANDER, 1998; FORMAN, 1998; SEILER, 2001). Devido à raridade e/ou distribuição geográfica restrita, espécies ameaçadas são alvos sensíveis a quaisquer alterações no meio onde vivem (CHEREM et al., 2007; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012). Contudo, uma determinada espécie pode ter uma taxa alta de mortalidade por atropelamento e isso não representar um fator de ameaça para sua conservação (FREITAS, 2012). Por isso, ao avaliar a importância ecológica da mortalidade rodoviária para uma espécie é importante o conhecimento do tamanho da população e das taxas reprodutivas, pois muitas vezes o impacto dos atropelamentos em escala local pode ser expressivo, mas insignificante em nível nacional (SEILER, 2001).

1.2 Impactos dos atropelamentos sobre a fauna de vertebrados

Em uma escala mundial, vários trabalhos têm apontado para aproximadamente 365 milhões/vertebrados/ano vítimas de atropelamento nos Estados Unidos (FORMAN e ALEXANDER, 1998) e 200 mil/mamíferos/ano de médio a grande porte na Suécia (SEILER e HELLDIN, 2006). Os autores Seiler; Helldin e Seiler (2004) estimaram a morte de 7 a 13,5 mil alces, 43,5 a 59 mil veados, 63,5 a 81,5 mil lebres e 6,5 a 12,5 mil raposas nas estradas suecas, somente para o ano de 1992. No Brasil, estima-se que 15 animais/segundo são mortos, representando um total de 473 milhões de animais/ano. Destes, 90% são pequenos vertebrados, 9% são vertebrados de médio porte e 1% de grande porte, conforme o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE, 2015).

Os estudos realizados na década de 90 foram importantes na definição de metodologias e estimativas de taxas de atropelamentos para as pesquisas

brasileiras (VIEIRA, 1996; FISCHER, 1997). Vieira (1996) estimou a mortalidade de mamíferos em 2.700 animais/ano para a região do Cerrado, enquanto Fischer (1997) estimou a taxa de 0,25 animais/km/mês para a região do Pantanal. Ainda, Fischer (1997) registrou 1402 vertebrados atropelados em um ano de monitoramento, sendo que 67,2% eram mamíferos e espécies ameaçadas de extinção e/ou raras foram representativas. Relativo à espécies raras, Rodrigues (2002) aponta o atropelamento como o causador da perda de 50% dos lobos-guará nascidos na Estação Ecológica de Águas Emendadas, no Distrito Federal. Situação semelhante foi verificada nos EUA por Seiler (2001), ao estimar a redução de 50% da rara espécie de pantera da Flórida (*Puma concolor*) por atropelamentos.

Provavelmente a classe dos mamíferos é a mais documentada nos estudos de amostragens de atropelamentos de fauna no Brasil (BAGER et al., 2007; FREITAS, 2012). Na região sudeste do Brasil, os mamíferos corresponderam a 55% dos vertebrados atropelados (BUENO et al., 2012). Também se verificou a predominância de 62,2% de registros de mamíferos, sendo a segunda classe com maior riqueza de espécies em estudo realizado por Freitas (2012). Oliveira e Silva (2012) evidenciaram 76% de mamíferos dentre os vertebrados atropelados na região noroeste do RS, pertencentes a nove espécies distintas. As autoras Hengemuhle e Cademartori (2008) registraram a classe dos mamíferos como a segunda mais atingida, correspondendo a 29% dos 143 vertebrados silvestres atropelados na RS-389. Em estudo realizado na região norte do Brasil, por Pinheiro e Turci (2013), todavia, a classe dos mamíferos foi pouco representativa, correspondendo a apenas 7% dos registros. É relatada situação semelhante por Santos; Rosa e Bager (2012) na BR-354/MG, na qual os autores consideraram a classe dos mamíferos pouco representativa (26,1%) nos registros, embora com a maior riqueza de espécies.

Algumas espécies de mamíferos são citadas com frequência como as mais registradas em estudos de vertebrados silvestres, até mesmo em diferentes biomas do Brasil (FREITAS, 2012). Em estudo de caráter analítico dos trabalhos já publicados sobre atropelamento de animais silvestres no Brasil, Dornas et al. (2012) apontam *Didelphis albiventris*, *Didelphis aurita*, *Cerdocyon thous* e *Hydrochoerus hydrochaeris* como alguns dos mamíferos com maior frequência de atropelamentos citados na literatura. O gênero *Didelphis* compreende as espécies mais registradas

em trabalhos realizados no bioma Mata Atlântica (COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008; BUENO e ALMEIDA, 2010; FREITAS, 2012), Cerrado (PRADA, 2004; BAGATINI, 2006), Amazônia (TURCI e BERNARDE, 2009; PINHEIRO e TURCI, 2013), Pampa (SANTANA, 2010; OLIVEIRA e SILVA, 2012) e na transição entre biomas Caatinga/Mata Atlântica (SOUSA e MIRANDA, 2010). A espécie *Cerdocyon thous* também é amplamente registrada no bioma Mata Atlântica (COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008; FREITAS, 2012); Pantanal (FISCHER, 1997), na transição entre biomas Caatinga/Mata Atlântica (SOUSA e MIRANDA, 2010), no bioma Pampa (OLIVEIRA e SILVA, 2012), no bioma Amazônia (TURCI e BERNARDE, 2009) e no Cerrado (PRADA, 2004; PRADO, FERREIRA e GUIMARÃES, 2006; CÁSERES; CASELLA e GOULART, 2012). O gênero *Conepatus* é registrado com frequência no bioma Pampa (OLIVEIRA e SILVA, 2012; SILVA et al., 2013), na transição entre biomas Caatinga/Mata Atlântica (SOUSA e MIRANDA, 2010) e no bioma Mata Atlântica (ROSA e MAHUS, 2004); o gênero *Dasypus*, no bioma Mata Atlântica (COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008), no bioma Amazônia (TURCI e BERNARDE, 2009), Pantanal (FISCHER, 1997) e Cerrado (PRADA, 2004); e a espécie *Galictis cuja*, no bioma Mata Atlântica (COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; ROSA e MAHUS, 2004), Cerrado (PRADO; FERREIRA e GUIMARÃES, 2006) e na transição entre biomas Caatinga/Mata Atlântica (SOUSA e MIRANDA, 2010).

O conhecimento das espécies vitimadas e das taxas de atropelamentos é uma ferramenta importante para a comparação de resultados obtidos em monitoramentos de atropelamentos (DORNAS et al., 2012), mas ainda faltam estudos que avaliem como as populações que vivem no entorno estão sendo afetadas, seja pelos atropelamentos, pela evitação da pista ou pelo efeito barreira causado pela rodovia (BAGER e FONTOURA, 2012). Além disso, o efeito dos atropelamentos é maior ou menor em função do tamanho da população de determinada espécie (BAGER e FONTOURA, 2012), e nos casos de espécies raras pode representar riscos ainda maiores (FORMAN e ALEXANDER, 1998; SEILER; HELLDIN e SEILER, 2004).

1.3 Fatores que influenciam os atropelamentos de fauna

As taxas de atropelamentos podem ser afetadas pela densidade rodoviária (SEILER, 2001), tipo de pavimento e número de pistas (LIMA; FIGUEIREDO e SOARES, 2014), volume e velocidade de tráfego, e, largura da estrada (FORMAN e ALEXANDER, 1998; TROMBULAK e FRISSELL, 2000). Em estradas onde as pistas são separadas por barreiras impermeáveis, os atropelamentos são mais frequentes já que os animais encontram um obstáculo para transpor (FORMAN e ALEXANDER, 1998). Na literatura brasileira há alguns estudos que relacionaram a intensidade do tráfego com a ocorrência de atropelamentos (FISCHER, 1997; PRADA, 2004; COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; FREITAS, 2009; BUENO e ALMEIDA, 2010; CÁCERES; CASELLA e GOULART, 2012). Fischer (1997) registrou o aumento do número de atropelamentos à medida que houve aumento do volume de tráfego em uma região do Pantanal Mato grossense. A intensidade do tráfego também foi apontada por Cáceres; Casella e Goulart (2012) como um fator influente nos atropelamentos de fauna e por Coelho; Kindel e Coelho (2008) em atropelamentos de serpentes.

As características da paisagem e a composição do habitat de entorno aliado ao comportamento e hábito das espécies, podem determinar locais com maior probabilidade de atropelamentos (TROMBULAK e FRISSELL, 2000; SEILER, 2001). O processo de fragmentação e remoção de formações naturais movidos pela necessidade de infra-estrutura são transformadores da paisagem e levam a mudanças importantes e inevitáveis nos ecossistemas originais, particularmente as obras rodoviárias e ferroviárias, consideradas as maiores causadoras da fragmentação de formações naturais no Brasil (SEILER, 2001; FREITAS, 2012). Principalmente quando adentram em paisagens alteradas, o impacto da implementação de obras viárias é ainda mais marcante e potencialmente redutor da conectividade entre os remanescentes de ecossistemas (FREITAS, 2012). Adicionalmente, o efeito de borda resultante deste processo pode provocar mudanças das características ambientais de uma matriz, diminuição de riqueza, alteração na abundância e distribuição de espécies da flora e fauna, e mudanças na interação entre as espécies, que podem levar a uma maior probabilidade de extinção

local (MURCIA, 1995; FORMAN e ALEXANDER, 1998; FAHRIG, 2003; ROSA, 2012).

Alguns estudos avaliaram a atuação das rodovias como causadoras de fragmentação de habitats (CASELLA, 2010; BRASILEIRO et al., 2013), os efeitos da fragmentação sobre as populações de mamíferos que vivem próximas às rodovias (RODRIGUES, 2002; SCOSS, 2002; SAMPAIO, 2007; ROSA, 2012) e a relação entre os atropelamentos de fauna e a estrutura da paisagem (FISCHER, 1997; KOENEMANN, 2009; CASELLA, 2010; SANTANA, 2010; FREITAS, 2012). Os padrões da paisagem podem ser decisivos para a ocorrência de atropelamentos em determinados pontos, uma vez que alguns animais têm hábitos de vida associados a um tipo específico de uso do solo (FORMAN e ALEXANDER, 1998). A ocorrência de atropelamentos de lontras e capivaras às áreas úmidas no entorno da estrada foi verificada por Fischer (1997) no Pantanal. No bioma Pampa, Santana (2010) não encontrou associação significativa entre a ocorrência de mamíferos atropelados e áreas de corpos d'água. Os autores Bueno et al. (2012) registraram maiores índices de óbitos em locais com presença de florestas e corpos d'água, sendo o nível de fragmentação das áreas correlacionado positivamente aos índices mais altos de atropelamentos distribuídos pela paisagem. A influência dos padrões da paisagem na ocorrência de atropelamentos de tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foi apontada por Freitas (2009), com o registro de 83,3% dos óbitos em locais próximos a fragmentos de Cerrado ou floresta, resultado semelhante encontrado por Casella (2010), que registrou a predominância das espécies mais atropeladas em áreas próximas a fragmentos florestais preservados.

Enquanto algumas espécies podem ser repelidas pelas alterações de habitat causadas pelas rodovias, outras são atraídas para esses locais intensamente alterados (TROMBULAK e FRISSELL, 2000), onde encontram abrigo, alimento, locais propícios para nidificação ou se beneficiam das estradas como corredores de deslocamentos, ao mesmo tempo em que se tornam mais suscetíveis aos atropelamentos (FORMAN, 1998; SEILER, 2001). Fischer (1997) registrou tamanduás e tatus utilizando os remanescentes de vegetação marginais à rodovia como corredores de deslocamento ou para forrageamento, onde comumente foram encontrados atropelados. Seiler (2001) também relata que é comum visualizar

espécies atropeladas que utilizam o ambiente do entorno das estradas para nidificação ou para forrageio, representando uma armadilha ecológica enquanto aparentam um habitat favorável. A concentração de produtos comestíveis oriundos de derramamentos (FORMAN e ALEXANDER, 1998; TROMBULAK e FRISSELL, 2000) e os alimentos e resíduos jogados pelos motoristas também podem atrair para a pista alguns animais silvestres (PRADA, 2004). Prada (2004) correlaciona as ocorrências de aves atropeladas com a presença de grãos e frutas na pista. Além disso, animais necrófagos ou predadores passivos são atraídos pelas carcaças e são vítimas potenciais de atropelamentos (FISHER, 1997; FORMAN e ALEXANDER, 1998), situação evidenciada pelas altas taxas de mortalidade de urubus e caranchos em locais de *hotspots* de atropelamentos, verificado por Fischer (1997). À exemplo, têm-se registros amplos de carnívoros como *C. thous* em estudos de atropelamentos de fauna no Brasil, em razão do hábito de necrofagia e da utilização da beira das estradas como corredores de movimento (PRADA, 2004; FISCHER, 1997). Características como movimento lento, pobre acuidade visual e tamanho corporal grande podem torná-las alvos fáceis de colisões com veículos (LAURANCE; GOSSEM e LAURANCE, 2009).

Na região sul do Brasil as estações do ano são bem definidas e a sazonalidade pode ser um fator determinante na incidência dos atropelamentos de fauna (CAMARGO et al., 2011), devido aos padrões de movimento de algumas populações sofrerem influência das condições climáticas (HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008). Essa influência varia conforme o táxon (SANTOS; ROSA e BAGER, 2012) e algumas espécies de mamíferos têm seus padrões de movimento ampliados devido às alterações na oferta de alimento causadas pela sazonalidade (BUENO e ALMEIDA, 2010). A influência sazonal nos atropelamentos de fauna foi testada por vários autores (ROSA e MAUHS, 2004; COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008; BUENO e ALMEIDA, 2010; CAMARGO et al., 2011; CÁCERES; CASELLA e GOULART, 2012; FREITAS, 2012; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012; SANTOS; ROSA e BAGER, 2012; PINHEIRO e TURCI, 2013; SILVA et al., 2013), assim como o efeito das variações de temperatura (SANTANA, 2010; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012; LEITE et al., 2012) e de precipitação (GUMIER-COSTA e SPERBER, 2009; SANTANA, 2010; FREITAS, 2012; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012). Destes, poucos

testaram a hipótese segregada por táxon, o que dificulta a comparação de dados e resulta em pouco conhecimento sobre o comportamento das espécies em relação às variáveis ambientais e sazonais.

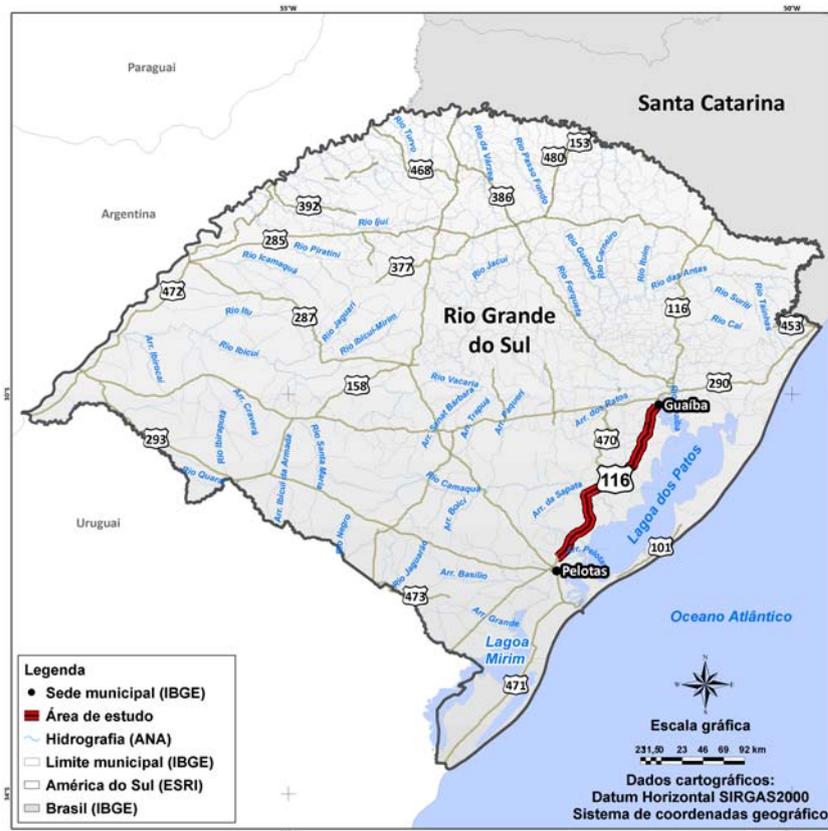
Considerando o cenário apresentado, teve-se por objetivo investigar, além das espécies de mamíferos mais vitimadas e dos *hotspots* de óbitos ao longo da BR-116, variações temporais no número de atropelamentos em decorrência de variações na precipitação e temperatura, bem como no volume de tráfego. Buscou-se avaliar, também, a estrutura da paisagem e sua influência sobre os atropelamentos de mamíferos. Por fim, são apontadas medidas mitigatórias aos impactos desta rodovia à mastofauna silvestre, de modo a contribuir efetivamente para a conservação das espécies.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo compreende 211,22 km da Rodovia BR-116/RS, entre os municípios de Guaíba e Pelotas, a partir do quilômetro 300,54 até o quilômetro 511,76 (Figura 1). A BR-116 inicia em Fortaleza, no CE, cruzando diversos estados até alcançar a fronteira do Brasil com o Uruguai, no município de Jaguarão, RS, e, por isso, é uma das rodovias latitudinais mais importantes do país. Além disso, conecta outras regiões do RS ao Porto de Rio Grande e ao Uruguai, sendo, portanto, uma rodovia de fluxo intenso de cargas e de veículos leves (DNIT, 2016).

Figura 1 – Mapa ilustrativo com a localização do estado do Rio Grande do Sul e do trecho de 211,22 km da BR-116/RS, área de estudo.

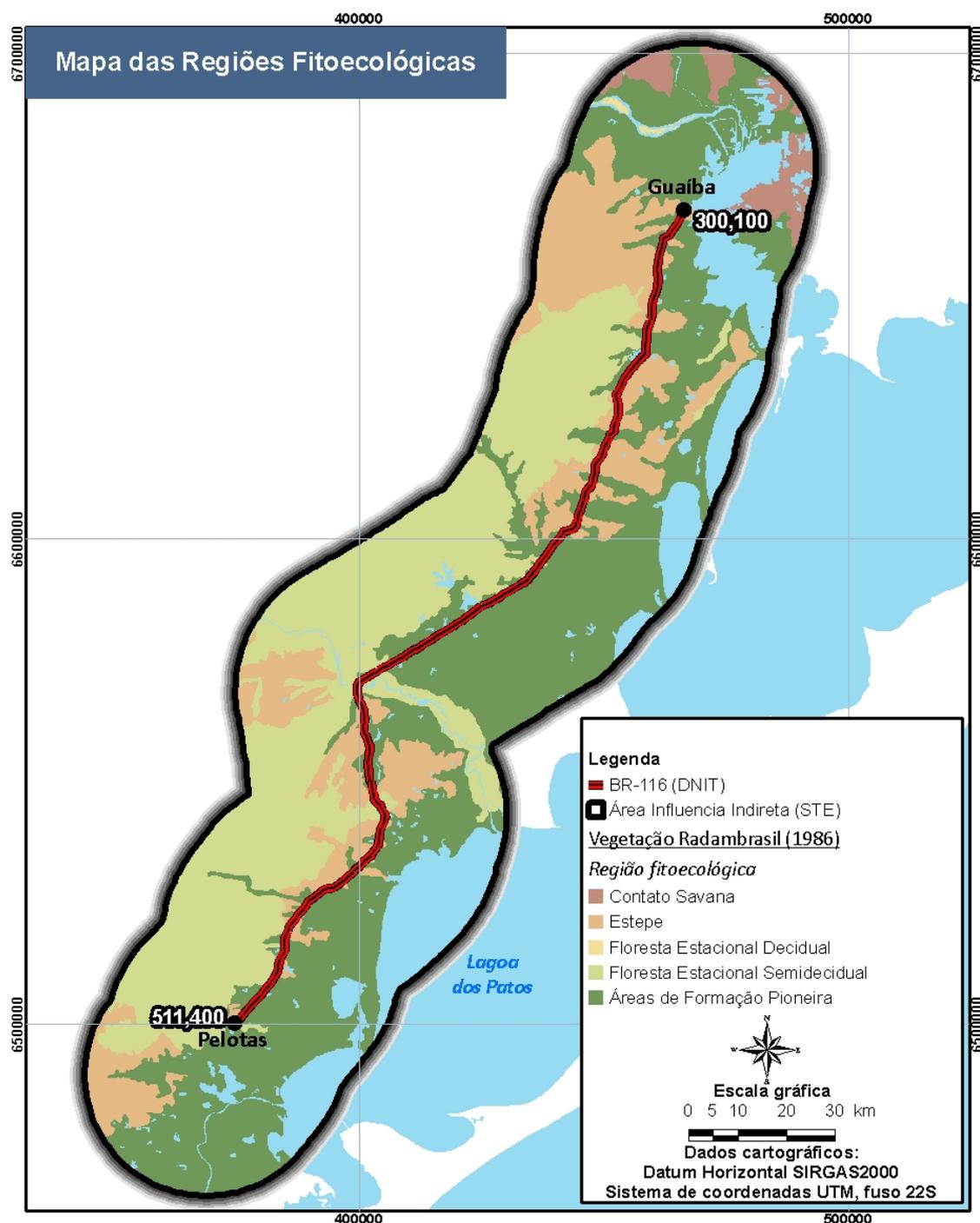


Fonte: Autoria própria (2016). Imagem de satélite do *Bing Maps*, fonte dos demais dados cartográficos indicados na legenda e *software* para elaboração Arcgis 9.3.

A área de estudo está inserida na tipologia climática Cfa, clima subtropical, conforme classificação de Köppen (MORENO, 1961). Nessa tipologia climática a

pluviosidade é bem distribuída ao longo do ano e as estações são bem definidas, onde a temperatura do mês mais quente é superior a 22 °C e, nos meses mais frios, as temperaturas oscilam entre -3 °C e 18 °C. A paisagem ao longo da área de estudo caracteriza-se pelo relevo plano com poucas inclinações e está inserida nas unidades de relevo Escudo Sul-Riograndense a oeste, e, a leste, na Planície Costeira (HERRMANN e ROSA, 1990). A área de estudo faz parte do bioma Pampa, onde são identificadas cinco regiões fitoecológicas conforme a classificação do Radambrasil (TEIXEIRA et al., 1986): Área de Tensão Ecológica representada por contato Savana, Áreas de Formações Pioneiras, Estepe, Floresta Estacional Decidual e Semidecidual (Figura 2). A vegetação atual ao longo do trecho em estudo encontra-se bastante descaracterizada em relação às formações naturais originais, por consequência da ocupação antrópica para implantação de lavouras, criação de gado e reflorestamentos. As áreas em melhor estado de conservação estão localizadas nas margens de rios ou constituem fragmentos florestais, na maioria das vezes intercalados por grandes extensões de áreas agrícolas e pastoris (obs. pessoal).

Figura 2 - Mapa com as regiões fitoecológicas que integram a Área de Influência Indireta¹ da área de estudo, trecho de Guaíba a Pelotas da BR-116/RS.



Fonte: Autoria própria, 2014. Imagem de satélite do *Bing Maps*, fonte dos demais dados cartográficos indicados na legenda e *software* para elaboração Arcgis 9.3.

¹ A Área de Influência Indireta utilizada para confecção do mapa de fitoecologia corresponde a 25 km para cada lado da margem da rodovia, conforme EIA elaborado para o Licenciamento Ambiental das obras de duplicação e adequação da capacidade da BR-116/RS (STE, 2009b). O critério para definição da AII fundamentou-se na integridade da bacia hidrográfica de todos os cursos d'água de pequeno porte que cruzam a rodovia.

3. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

3.1 Atropelamentos de animais

Os dados dos animais atropelados foram cedidos pelo Departamento Nacional de Infraestrutura (DNIT) e coletados pela STESA – Serviços Técnicos de Engenharia S. A., empresa que presta consultoria ao órgão responsável pela Gestão Ambiental da obra de duplicação da BR-116. Um dos Programas que compõem o Plano Básico Ambiental desta rodovia em obras é o Programa de Levantamento, Mitigação e Monitoramento dos Atropelamentos de Fauna e, por isso, vêm sendo realizadas campanhas bimestrais onde são coletados dados qualitativos e quantitativos de todos os vertebrados silvestres e não silvestres atropelados, desde outubro de 2012.

O trecho alvo de monitoramento compreende 211,22 quilômetros (Figura 1) e foi subdividido em quatro subtrechos de aproximadamente 50 km, onde cada subtrecho é percorrido simultaneamente por duas equipes compostas por um motorista e dois observadores, durante dois dias consecutivos, totalizando quatro dias de trabalho. A coleta de dados qualitativos e quantitativos de todas as carcaças de animais encontrados em ambos os sentidos da pista é realizada de automóvel a uma velocidade média de 40 km/h, em ambos os sentidos da via. No primeiro dia, todas as carcaças encontradas são removidas da pista para evitar recontagem e possibilitar uma estimativa da taxa diária de adição de carcaças. Cada campanha resulta em um esforço amostral de 422,44 quilômetros percorridos nos quatro dias de levantamento ou aproximadamente 105 km/dia (STE, 2013).

Para cada indivíduo encontrado são registradas informações referentes ao quilômetro correspondente do óbito e às coordenadas geográficas, utilizando-se um *GPS (Global Position System)* da marca *Garmin*, modelo *Oregon 530*. Todos os espécimes são identificados até o menor nível taxonômico possível, conforme o estado da carcaça, e é realizado o registro fotográfico. Para a identificação das espécies de mamíferos, utilizam-se manuais de campo ilustrados (SILVA, 1984, MAMEDE; ALBO, 2008; REIS et al., 2009). Os registros são anotados em fichas de

campo individuais (Anexo A), onde constam informações adicionais referentes às características do trecho, atividade e tipo de intervenção da obra, condições climáticas, *status* de conservação, condições da carcaça, entre outras observações, conforme Formulário de Atropelamentos e Avistamentos de Fauna elaborado pelo IBAMA (STE, 2009a).

Neste estudo utilizaram-se somente os dados referentes aos atropelamentos de mamíferos silvestres do período de coleta que compreendeu de outubro de 2012 a novembro de 2014, representando 13 campanhas. Os dados utilizados são, portanto, parciais, tendo em vista que o Programa de Levantamento, Mitigação e Monitoramento dos Atropelamentos de Fauna tem continuidade concomitante ao andamento da obra. Quatro carcaças não identificadas ao menor nível taxonômico foram desconsideradas das análises, três correspondentes à ordem Carnivora e uma à Cingulata.

A estatística descritiva foi utilizada para o cálculo das taxas de atropelamentos por quilômetro do percurso, por mês e por quilometragem total percorrida, conforme metodologia apresentada em estudos semelhantes (BUENO et al., 2012; FREITAS, 2012; CARVALHO e PEREIRA, 2014). O percurso compreende o total de 211,22 quilômetros e o esforço amostral refere-se a 422,44 quilômetros em cada campanha. Considerando-se as 13 campanhas, o esforço amostral perfaz um total de 5.491,72 quilômetros percorridos no período de 26 meses de monitoramento. A razão entre o total de atropelamentos e o total de quilômetros do percurso no decorrer de 26 meses de monitoramento resultou na taxa mensal de atropelamento. A média de atropelamentos por dia é resultante da razão entre o número total de atropelamentos e o tempo de monitoramento em dias, a contar de outubro de 2012 a novembro de 2014 (791 dias).

Os testes não paramétricos de *Kruskal-Wallis* e o teste complementar de *Dunn* foram utilizados para avaliar diferenças entre as quatro espécies mais atropeladas (*Didelphis albiventris*, *Cavia* sp., *Conepatus chinga* e *Cerdocyon thous*). Os mesmos testes ou testes paramétricos equivalentes (teste t não pareado com correção de *Welch*) foram usados para testar a significância entre diferenças sazonais e anuais no número de atropelamentos, assim como diferenças encontradas entre trechos de 10 km da rodovia. A normalidade dos dados foi

avaliada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov*. As análises estatísticas foram realizadas no programa *Graph Pad InStat 3.01*.

O teste estatístico *K de Ripley - 2D* proposto por Coelho et al. (2014) foi utilizado para avaliar a não aleatoriedade da distribuição dos atropelamentos em uma determinada escala, mantendo o traçado bidimensional da rodovia. Esta estatística centra um círculo de raio em cada evento de atropelamento e soma o número de outros eventos dentro desta área, este é multiplicado por um fator de correção que leva em conta o comprimento da rodovia dentro do círculo em cada posição e o número total de eventos. Após isso, a análise é repetida com dimensões de raios cada vez maiores até que o raio atinja valor igual ao comprimento total da rodovia de estudo, e dessa forma, avalia a formação de agrupamentos em diversas escalas espaciais. Os valores de raio inicial e de incremento de raio utilizados foram 300 metros e 400 metros respectivamente, em 100 simulações de distribuição aleatória dos eventos e limites de intervalo de confiança de 95%.

Depois de diagnosticada a ocorrência de agregações de atropelamentos, foi realizada a *Análise de Hotspots - 2D*, visando a identificação dos trechos onde as agregações de atropelamentos estão localizadas. Nesta análise a rodovia é dividida em segmentos de mesmo tamanho onde um círculo com um raio definido é centrado no ponto central do primeiro segmento e os eventos de atropelamentos são somados, processo repetido para cada segmento de área. Cada valor resultante é multiplicado por um fator de correção que leva em conta o comprimento da rodovia dentro do círculo na posição, resultando em um valor de intensidade de agregação de atropelamentos para cada local da rodovia. Os parâmetros considerados para esta análise foram definidos a partir do menor raio com agregação apontado pelo teste *K de Ripley - 2D*, conforme Coelho et al. (2014). A rodovia foi segmentada em 900 divisões e o valor de raio utilizado foi 480 metros. Foram realizadas 1000 simulações de distribuição aleatória dos eventos e definidos limites de confiança de 95%.

Devido à carência de estimativas de detecção e remoção de carcaças para o trecho estudado, a estimação da taxa de mortalidade levou em conta dados não publicados cedidos pelo Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias (NERF), obtidos a partir de experimento realizado na BR-101 em trecho que compreende

Capivari do Sul a São José do Norte. Este experimento testou a capacidade dos observadores em detectar as carcaças (p) e o tempo de permanência destas na pista (Tr). Para obtenção do Tr foi ajustada uma curva de decaimento exponencial ao número de carcaças que persistiram na rodovia em cada um dos dias do experimento de remoção, representando esta constante o tempo necessário para que aproximadamente 63% das carcaças sejam removidas da estrada. Tais parâmetros foram utilizados na correção do número de atropelamentos registrados e aplicados na fórmula $\lambda = N/(npTr)$, onde N é o número total de atropelamentos registrado, n é o número de monitoramentos realizados, p é a detecção da equipe de monitoramento e Tr é uma constante de remoção, fornecendo a taxa de mortalidade estimada para a rodovia.

Para as análises espaciais de agregação, identificação de *hotspots* e para a estimação da taxa de mortalidade dos atropelamentos foi utilizado o software *Siriema 2.0*, de distribuição livre e desenvolvido pelo NERF vinculado à Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Para maior detalhamento das estatísticas que o programa realiza ver Coelho et al. (2014).

3.1.1 Dados de volume diário de tráfego

A Empresa Concessionária de Rodovias do Sul S.A (ECOSUL) disponibilizou os dados de volume de tráfego da praça de Bom Retiro, localizada no município de Pelotas, e da praça de Cristal, localizada no município de Cristal. Ambas as praças de pedágio localizam-se na porção sul da BR-116, em trecho contemplado pelas campanhas de monitoramento de animais atropelados.

Os dados caracterizam uma contagem geral por hora do número de veículos que passaram pelas praças em ambos os sentidos da pista, referente ao período de outubro de 2012 a novembro de 2014. A contagem de veículos das duas praças foi convertida em médias mensais referentes aos períodos das campanhas de contagem de atropelamentos ($N=13$). O teste paramétrico de Correlação Linear de Pearson e a análise de regressão linear foram utilizados para testar a associação e a relação de causa e efeito entre os atropelamentos e as médias de volume de

tráfego referentes ao trecho sul da BR-116. A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste de *Kolmogorov-Smirnov* e as análises foram realizadas no programa *Graph Pad InStat 3.01*.

3.1.2 Dados climáticos

A fim de testar a influência das variações de temperatura e precipitação na ocorrência de atropelamentos, utilizaram-se dados de precipitação e temperatura fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), correspondentes às medições diárias das estações meteorológicas de Porto Alegre, Camaquã e Pelotas, do período referente a outubro de 2012 a novembro de 2014.

Os dados de temperatura foram transformados em médias das máximas e mínimas de temperatura e compilados os valores da precipitação total mensal, referentes aos respectivos meses das campanhas de atropelamentos realizadas para cada estação meteorológica. Definiu-se como área de abrangência dos dados climáticos de cada estação um raio de 53 quilômetros centrado em cada uma das três cidades onde se localizam as estações a fim de contabilizar os atropelamentos que ocorreram dentro do limite de área estabelecido. Desta forma toda a extensão do trecho em estudo foi contemplada e foram contabilizados os dados de atropelamentos em área mais próxima possível de cada estação. Realizou-se o teste de regressão múltipla para cada estação meteorológica, relacionando-se a média das mínimas e máximas de temperatura, assim como a precipitação total com o número de atropelamentos por campanha. A normalidade dos dados foi testada com o *Kolmogorov-Smirnov* e as análises foram realizadas no programa *Graph Pad InStat 3.01*. A regressão múltipla realizada resultou em multicolinearidade entre as variáveis de temperatura e, portanto, os resultados subsequentes apresentados referem-se à média das mínimas e a precipitação total em relação aos registros de atropelamentos.

3.1.3 Mapeamento da cobertura vegetal

O mapeamento da cobertura vegetal e de uso do solo foi baseado na atualização dos dados existentes do Mapeamento da Cobertura Vegetal do bioma Pampa, realizado por Hasenack e Cordeiro (2006), disponibilizado gratuitamente pelo Laboratório de Geoprocessamento do Centro de Ecologia (LABGEO) da UFRGS. Para esta etapa foram utilizadas imagens do satélite LANDSAT 8 coletadas em 1º de junho de 2015, adquiridas junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). As cenas 221/081 e 221/082 foram utilizadas, com menor cobertura de nuvens possível. As imagens do LANDSAT possuem resolução espacial de 15 ou 30 metros e neste mapeamento foi utilizada a resolução de 30 metros por apresentar escala compatível com o mapeamento de Hasenack e Cordeiro (2006) tomado como base.

Primeiramente, as imagens do satélite LANDSAT 8 foram georreferenciadas utilizando-se pontos de controle a partir do mosaico de imagens LANDSAT do Rio Grande do Sul (HASENACK E CORDEIRO, 2006). O software empregado foi o *ArcGis 9.3* e o método utilizado foi o polinômio de primeira ordem. Para o tratamento das imagens foram empregadas as composições de bandas RGB 564, que realçam a vegetação arbórea. A atualização da camada de informações geográficas a partir do Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Pampa foi realizada igualmente no software *ArcGis 9.3*, sobrepondo-se as diferentes composições da imagem LANDSAT mencionadas sobre a classificação utilizada como base (HASENACK e CORDEIRO, 2006), visando identificar por meio de interpretação visual em tela os polígonos (áreas) que passaram por alteração de uso ou cobertura. Quando constatadas alterações de área do mapeamento base em relação à imagem, os polígonos foram redefinidos, e quando observadas mudanças na cobertura de uso do solo, estes foram reclassificados conforme as classes do mapeamento pré-existente tomado como base. Manteve-se a nomenclatura das classes de cobertura vegetal e de uso do solo resultantes do mapeamento de Hasenack e Cordeiro (2006), baseada originalmente no Projeto Radambrasil (1986) e IBGE (2004), distribuídas nas categorias de “floresta nativa”, “campo nativo”, “agricultura”, “agropecuária”, “silvicultura”, “corpos d’ água”, “área antrópica”.

Após a atualização e obtenção das quantificações de área referentes a cada classe, os dados foram quantificados em unidade de área (hectare) e percentual em nove subtrechos que variaram entre 18,9 km a 26,34 km de extensão. A separação do trecho total em subtrechos menores foi utilizada para melhor avaliar os dados de atropelamentos, buscando a relação com a paisagem do entorno em uma fração menor de área, tendo em vista que o trecho total é bastante extenso. Sendo assim, utilizou-se da separação dos subtrechos correspondentes aos nove lotes de obra, de acordo com o projeto da rodovia. Conforme metodologia adotada pela STE para Supervisão Ambiental da obra nos nove lotes, todos os registros de atropelamentos foram vinculados ao lote de obra de ocorrência, bem como o km da rodovia e km de projeto de obra, fazendo parte do banco de dados juntamente com outras informações. A estatística descritiva foi utilizada para correlacionar os dados de abundância e riqueza de espécies atropeladas em cada subtrecho com a paisagem do entorno sob um aspecto geral, atentando-se às características das espécies e respectivos habitats ocupados, e ao percentual de cada classe de uso do solo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atropelamentos de fauna

Ao longo das 13 campanhas realizadas foram contabilizados 796 mamíferos silvestres atropelados, distribuídos em 25 espécies, sete ordens e 15 famílias (Tabela 1). A taxa de atropelamentos observada para o trecho de 211,22 quilômetros e 26 meses de monitoramento foi de 0,144 animais/km/mês e uma média de atropelamentos de 1,0 animal/dia. Contudo, considerando a correção pela capacidade de detecção das carcaças, de 84% ($p = 0,84$), e pela sua remoção ($Tr = 5,68$; Erro padrão = $\pm 0,34$), a estimativa da taxa de mortalidade diária foi de 12,82 animais, correspondendo a 0,061 atropelamentos/dia/km. A mortalidade total estimada de mamíferos por ano atingiu 4.679 animais para a rodovia de estudo. As taxas divergem entre estudos e variam conforme metodologia de amostragem, pois, na maioria, as metodologias são pouco definidas e raros são os trabalhos que fazem

a correção dos valores com os dois parâmetros citados. Estudos realizados no RS registraram taxas de atropelamento de 0,089 mamíferos/km/mês (SANTANA, 2010); 0,019 mamíferos/km/mês (ROSA e MAHUS, 2004); 0,128 mamíferos/km/mês (HEGEL, CONSALTER e ZANELLA, 2012); 0,079 mamíferos/km/mês (OLIVEIRA e SILVA, 2012). Em outras regiões do Brasil, encontraram-se taxas de 0,027 mamíferos/km/mês (BUENO e ALMEIDA, 2010) e 0,077 mamíferos/km/mês (SANTOS; ROSA e BAGER, 2012) no Sudeste e 0,19 mamíferos/km/mês no Norte (PINHEIRO e TURCI, 2013). Nenhum destes estudos levou em conta as taxas de detecção e remoção de carcaças.

Sabe-se que as amostragens são sujeitas a fatores como a persistência das carcaças na estrada, à distinta capacidade de detecção destas pelos observadores e ao fato de que alguns animais são arremessados para fora da pista com a colisão e não são contabilizados (TEIXEIRA et al., 2010; MARTINELLI e VOLPI, 2011; ROSA et al., 2012; TEIXEIRA et al., 2013b). Fischer (1997) observou que as carcaças desaparecem da estrada entre um e quinze dias, dependendo do tamanho corporal e do local onde ocorreu o atropelamento, bem como de fatores como as condições climáticas, trafegabilidade da rodovia e predação por carniceiros (TEIXEIRA et al., 2013b). Dornas et al. (2012) e Coelho et al. (2014) asseguram que a capacidade do observador em detectar as carcaças e o tempo que estas permanecem na pista inferem na contagem de registros dos atropelamentos. Por consequência, uma estimativa mais fidedigna da mortalidade na rodovia é obtida quando estes parâmetros são considerados.

Tabela 1. Mamíferos silvestres atropelados na BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014, no trecho que compreende Guaíba a Pelotas.

ORDEM/FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM	NÚMERO DE INDIVÍDUOS
DIDELPHIMORPHIA			
DIDELPHIDAE	<i>Didelphis albiventris</i> (Lund, 1840)	gambá-de-orelha-branca	399
	<i>Lutreolina crassicaudata</i> (Desmarest, 1804)	cuíca-de-cauda-grossa	1
CINGULATA			
DASYPODIDAE	<i>Dasyopus novemcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-galinha	29
	<i>Dasyopus</i> sp.	tatu	9
	<i>Euphractus sexcinctus</i> (Linnaeus, 1758)	tatu-peludo	25

ORDEM/FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME COMUM	NÚMERO DE INDIVÍDUOS
ARTIODACTYLA			
CERVIDAE	<i>Mazama gouazoubira</i> (G. Fischer, 1814)	veado-virá	1
PRIMATES			
ATELIDAE	<i>Alouatta guariba</i> (Humboldt, 1812) ¹	bugiu-ruivo	1
CARNIVORA			
CANIDAE			
	<i>Cerdocyon thous</i> (Linnaeus, 1766)	cachorro-do-mato	41
	<i>Lycalopex gymnocercus</i> (G. Fischer, 1814)	graxaim-do-campo	22
FELIDAE			
	<i>Leopardus geoffroyi</i> (d'Orbigny & Gervais, 1844) ¹	gato-do-mato-grande	8
	<i>Leopardus wiedii</i> (Schinz, 1821) ¹	gato-maracajá	1
MEPHITIDAE			
	<i>Conepatus chinga</i> (Molina, 1782)	zorriho	102
MUSTELIDAE			
	<i>Galictis cuja</i> (Molina, 1782)	furão	31
	<i>Lontra longicaudis</i> (Olfers, 1818)	lontra	4
PROCYONIDAE			
	<i>Procyon cancrivorus</i> (G. Cuvier, 1798)	mão-pelada	12
CHIROPTERA			
MOLOSSIDAE			
	<i>Tadarida brasiliensis</i> (I. Geoffroy, 1824)	morceguinho-das-casas	1
PHYLLOSTOMIDAE			
	<i>Sturnira lilium</i> (É. Geoffroy, 1810)	morcego-de-ombros-amarelos	1
RODENTIA			
CAVIIDAE			
	<i>Cavia</i> sp.	preá	66
	<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i> (Linnaeus, 1766)	capivara	12
CRICETIDAE			
	<i>Holochilus brasiliensis</i> (Desmarest, 1819)	rato-do-junco	1
	<i>Oligoryzomys nigripes</i> (Olfers, 1818)	camundongo-do-mato	1
	<i>Oxymycterus</i> sp.	rato-porco	1
MYOSCASTORIDA			
E			
	<i>Myocastor coypus</i> (Molina, 1782)	ratão-do-banhado	24
ERETHIZONTIDAE			
	<i>Coendou spinosus</i> (F. Cuvier, 1823)	ouriço-caxeiro	3
Total Geral			796

1. Táxons que integram a lista de Espécies Ameaçadas de Extinção do Rio Grande do Sul, na categoria "vulnerável" (FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA, 2014).

Comparando-se os registros de atropelamentos ocorridos nos anos de 2013 (N = 335) e 2014 (N = 332), não houve diferença significativa ($t = 0,06763$; G.L. = 76; $P = 0,9463$) (Apêndice A). As espécies mais frequentemente registradas foram

Didelphis albiventris, com 399 registros; *Conepatus chinga*, com 102 registros; *Cavia* sp., com 66 e *Cerdocyon thous*, com 41 óbitos. A comparação entre as quatro espécies mais atropeladas mostrou diferença significativa ($H = 67,380$; $P < 0,0001$), principalmente entre *D. albiventris* e as demais espécies (Apêndice B).

Outros estudos realizados no Rio Grande do Sul também registraram *D. albiventris* como a espécie mais vitimada. Hengemuhle e Cademartori (2008) encontraram maior número de atropelamentos de *D. albiventris* ($N = 14$; 33%) na RS-389; Rosa e Mauhs (2004) na RS-040 ($N = 23$; 49%); Esperandio (2011) na RS-486 e RST-453 ($N = 55$; 41%); e Santana (2010) em quatro rodovias da região central ($N = 136$; 31,5%). Por outro lado, Hegel; Consalter e Zanella (2012), na RS-135, obtiveram baixos registros de atropelamentos para a espécie, assim como Oliveira e Silva (2012) na BR-158. Alguns autores (PRADA, 2004; ROSA e MAUHS, 2004; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008) afirmam que o elevado número de óbitos de *D. albiventris* pode ser atribuído ao seu comportamento tolerante e oportunista, e a sua ampla distribuição em todo o estado (SILVA, 1994). Os autores Lob e Stolz (2014) citam que este animal se adapta facilmente aos ambientes urbanos e é abundante em áreas próximas às estradas, o que o torna suscetível ao óbito por atropelamento. Assim como ocorre na região sul do Brasil (ROSA e MAUHS, 2004; CHEREM et al., 2007; HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008; ESPERANDIO, 2011), o gênero *Didelphis* compreende as espécies de mamíferos atropelados mais abundantes em estudos realizados na região norte do país (TURCI e BERNARDE, 2009; PINHEIRO e TURCI, 2013), centro-oeste (BAGATINI, 2006), nordeste (SOUSA e MIRANDA, 2010) e, sudeste (PRADA, 2004; MILI e PASSAMANI, 2006; BUENO e ALMEIDA, 2010; SOUZA et al., 2010; MARTINELLI e VOLPI, 2011).

Em relação a segunda espécie mais registrada nos atropelamentos, os padrões encontrados neste estudo aproximam-se de outros estudos que apontam *C. chinga* entre as espécies mais atropeladas em várias regiões do RS. A espécie foi apontada por Koenemann (2009) como a mais frequentemente atropelada ($N = 120$; 27,7%) em rodovias na região sudoeste, assim como na região noroeste por Oliveira e Silva (2012) ($N = 17$; 36%). Silva et al. (2013) ($N = 51$; 22,8%) e Santana (2010) ($N = 62$; 14,3%) mencionam o táxon como o segundo mais evidenciado na região

central do RS. Outros estudos no RS, por sua vez, registraram baixas frequências para a espécie em questão: Esperandio (2011) (N = 4; 3%) e Hegel; Consalter e Zanella (2012) (N = 3; 3,1%). A frequência de óbitos de *C. chinga* pode estar relacionada à abundância alta da espécie em todo o estado do RS (SILVA, 1994) e também a sua preferência por áreas de campo (SILVA, 1994; OLIVEIRA e SILVA, 2012), paisagem que compõe o trecho de estudo.

Dentre as espécies mais atropeladas, *Cavia* sp. posiciona-se em terceiro lugar, verificada também dentre as mais abundantes por Hengemuhle e Cademartori (2008) (N=4; 9,5%), Rosa e Mauhs (2004) (N = 4; 8,8%), Hegel; Consalter e Zanella (2012) (N = 7; 7,4%) e Santana (2010) (N = 51; 11,8%). Santana (2010) atribui o alto número de atropelamentos desta espécie ao seu hábito de fazer deslocamentos curtos do mesmo lado da área de refúgio; enquanto utilizam-se do acostamento ficam vulneráveis aos atropelamentos. Isso foi observado também no trecho de estudo (obs. pessoal) e por Rosa e Mahus (2004). Estudos realizados na região da campanha (KOENEMANN, 2009) e noroeste do RS (OLIVEIRA e SILVA, 2012) citam poucos ou nenhum registro para a espécie.

Entre as mais atropeladas, cabe ainda discutir a alta frequência de *C. thous* registrada, uma vez que esta espécie varia muito nos estudos sobre fauna atropelada aqui no estado. Hegel; Consalter e Zanella (2012), na região norte do Estado, constataram os maiores números de óbitos para *C. thous* (N = 21; 22,1%). Koenemann (2009) registrou o segundo maior índice de atropelamentos em seu estudo (N = 66; 15,2%), assim como Hengemuhle e Cademartori (2008) (N = 6; 14%). Resultados semelhantes foram obtidos por Esperandio (2011) (N = 13; 9%), Oliveira e Silva (2012), e Santana (2010) (N = 53; 12,3%), registraram a espécie como a terceira mais abundante em seus estudos. Em diversas rodovias de Santa Catarina Cherem et al. (2007) constataram esta espécie como a mais abundante dentre os mamíferos atropelados (N = 82; 31,9%). A frequência de registros desta espécie varia entre regiões do RS, especialmente quando se compara os resultados encontrados neste estudo e nos estudos supracitados aos relatados por Rosa e Mauhs (2004), em que apenas um óbito foi registrado, e por Silva et al. (2013), que contabilizaram cinco indivíduos (2,2%). Fatores como ampla mobilidade e abundância alta (KASPER et al., 2014), bem como o uso da estrada como corredor

de deslocamento (ESPERANDIO, 2011; ROSA e BAGER, 2013), podem favorecer os atropelamentos. Além disso, estes animais, assim como outros carnívoros, têm o hábito de necrofagia (KASPER et al., 2014) e podem ser atraídos às rodovias pela existência de carcaças, tornando-se assim mais expostos ao trânsito e às colisões com veículos (BUENO e ALMEIDA, 2010; OLIVEIRA e SILVA, 2012; ROSA e BAGER, 2013). Rodrigues (2002) e Souza e Anacleto (2012) também apontam o hábito de necrofagia, a ampla mobilidade e extensa área de vida como os fatores causadores da suscetibilidade dos carnívoros aos atropelamentos.

4.2 Variação sazonal dos atropelamentos

Registraram-se 129 óbitos na primavera de 2012, única estação monitorada no ano. Em 2013, registraram-se 114 atropelamentos no inverno, 90 na primavera, 74 óbitos no outono e, no verão, 58. Em 2014, registraram-se 168 atropelamentos no inverno, 62 no verão, 58 no outono e 48 na primavera. Não houve variação sazonal significativa em 2013 ($H = 4,430$; $P = 0,2186$) (Apêndice C) e tampouco em 2014 ($H = 7,419$; $P = 0,0597$) (Apêndice D). Comparando-se estações entre anos distintos, houve diferença significativa apenas entre o inverno de 2013 e 2014 ($t = 2,153$; $G.L = 67$; $P = 0,0349$) (Apêndice E). Os verões de 2013 e 2014 não diferiram significativamente no número de atropelamentos ($t = 0,3226$; $G.L = 79$; $P = 0,7478$) (Apêndice F), assim como os registros obtidos nas campanhas realizadas no outono de 2013 e de 2014 ($t = 1,283$; $G.L = 81$; $P = 0,2030$) (Apêndice G), e na primavera de 2012, 2013 e 2014 ($H = 5,952$; $P = 0,0510$) (Apêndice H). Destaca-se, contudo, a maior incidência de atropelamentos na primavera de 2012 ($N = 129$) comparativamente à primavera de 2013 ($N = 90$), o que determinou o valor de P quase significativo encontrado.

Na rodovia BR-040, Bueno e Almeida (2010) registraram significativa frequência de atropelamentos de mamíferos nos meses de abril a outubro, correspondendo às estações de outono, inverno e início da primavera (estação seca). No entanto, Santos; Rosa e Bager (2012) não encontraram diferença no número de óbitos de mamíferos entre estações do ano na rodovia MG-354. No RS, alguns estudos apontam o verão (HENGEMUHLE e CADEMARTORI, 2008) e a

primavera (ROSA e MAUHS, 2004; HEGEL, CONSALTER e ZANELLA, 2012) como estações com maiores registros de atropelamentos, mas sem comprovação de significância estatística. Silva et al. (2013), nas rodovias RS-149 e BR-292, região central do estado do RS, não encontraram diferença significativa entre as estações do ano para mamíferos por apresentarem abundância bem distribuída ao longo dos meses de monitoramento, embora apontem a primavera, o verão e a transição para o outono como os períodos de maiores frequências registradas. Ainda em rodovias da região central do RS, Santana (2010) também registrou frequências de atropelamentos de mamíferos estáveis e homogêneas ao longo das estações do ano, mas com picos no verão/início do outono e menores índices na primavera.

Em trecho da BR-116 abrangido pelo presente estudo, Camargo et al. (2011) encontraram influência significativa da sazonalidade em atropelamentos de vertebrados, porém não foi testada estatisticamente a influência por táxon. Os autores sugerem picos de atropelamentos de mamíferos em estações extremas, de inverno e verão. Os resultados encontrados neste estudo são de difícil comparação em relação a outros realizados no RS, que registraram taxas mais altas de atropelamentos geralmente na primavera e verão (COELHO et al. 2008; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012). Possivelmente os números de atropelamentos tenham sido mais altos no inverno devido à redução na disponibilidade de recursos modificando os padrões de deslocamento dos animais (ATHAYDE et al. 2009; OLIVEIRA e SILVA, 2012). Estudos realizados nas regiões sudeste (BUENO e ALMEIDA 2010; CÁCERES; CASELLA e GOULART, 2012), norte (PINHEIRO e TURCI, 2013) e centro-oeste (PRADO; FERREIRA e GUIMARÃES, 2006; SOUZA e ANACLETO, 2012) registraram com maior frequência associação significativa entre a sazonalidade e os atropelamentos de mamíferos em comparação com a região sul. Isso provavelmente ocorre devido aos períodos de chuva e seca serem bem definidos e extensos, ocasionando expressivas alterações na oferta de alimentos e de água e, por consequência, nos padrões de comportamento dos animais (BUENO e ALMEIDA, 2010; SOUZA e ANACLETO, 2012).

4.3 Influência da precipitação e da temperatura nos atropelamentos

A análise de regressão múltipla não apontou correlação entre as variáveis testadas (média mensal das mínimas e precipitação mensal) e os atropelamentos para nenhuma das três estações meteorológicas: Porto Alegre ($R^2 = 24,24\%$; $P = 0,2495$; $F = 1,6000$); Camaquã ($R^2 = 17,31\%$; $P = 0,3866$; $F = 1,0467$) e Pelotas ($R^2 = 19,18\%$; $P = 0,3448$; $F = 1,1868$). Os resultados dos testes encontram-se nos Apêndices I, J e K.

Os resultados sugerem que as oscilações de temperatura e precipitação não influenciaram significativamente o número de atropelamentos de mamíferos na rodovia ao longo do período de estudo, mesmo em campanhas distribuídas ao longo dos anos que abrangeram longo período e sazonalidades distintas. Outros estudos no RS também não encontraram correlação entre as variáveis precipitação e temperatura, e os atropelamentos de mamíferos (SANTANA, 2010; HEGEL; CONSALTER e ZANELLA, 2012; OLIVEIRA e SILVA, 2012). No entanto, Leite et al. (2012) verificaram que o aumento da temperatura influenciou os atropelamentos de mamíferos na região da planície costeira no Paraná, sugerindo que a temperatura alterou o comportamento dos animais. As oscilações de temperatura e precipitação alteram a oferta de alimentos e de água, e alguns táxons podem apresentar mudanças nos padrões de deslocamento em função desses recursos (BUENO e ALMEIDA, 2010; SANTOS; ROSA e BAGER, 2012). Os resultados obtidos, porém, não demonstraram associação entre variáveis climáticas e possíveis alterações no comportamento dos animais.

4.4 Influência do volume médio mensal de tráfego nos atropelamentos

Encontrou-se relação linear inversa significativa ($R = - 0,7245$; $P = 0,0051$) entre o total de atropelamentos e as variações de volume de tráfego (Apêndice L). Contudo, não houve correlação significativa entre os atropelamentos de *D. albiventris*, espécie mais vitimada, e o volume de tráfego ($R = - 0,3133$; $P = 0,2973$) (Apêndice M). O resultado da regressão linear inversa aponta para a diminuição dos

atropelamentos em relação ao aumento do tráfego, o que pode ser explicado pelo comportamento de alguns animais de evitar a rodovia (SEILER, 2001). Existem estudos que mencionam correlação positiva entre aumento do nível de tráfego e aumento do número de atropelamentos (FISCHER, 1997; COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; SOUZA e ANACLETO, 2012), outros não encontraram correlação entre as variáveis (PRADA, 2004; BUENO e ALMEIDA, 2010; CASELLA, 2010; COELHO et al., 2012), enquanto os que sugerem a evitação dos animais à rodovia são raros (JAEGER et al., 2005; van der REE et al., 2011; FERREIRA; GRILLO e REVILLA, 2014).

Estudos que avaliam a influência do tráfego sobre vertebrados em geral desconsideram que o comportamento em relação ao tráfego varia conforme cada espécie e depende da percepção que cada uma tem dos perigos que o trânsito representa (ROSA e BAGER, 2013; FERREIRA; GRILLO e REVILLA, 2014). O efeito evitação pode ser mais impactante que os atropelamentos de fauna, considerando-se que as espécies repelidas pelo tráfego não têm acesso a recursos e estão sujeitas à subdivisão de suas populações (FORMAN e ALEXANDER, 1998; JAEGER et al. 2005). Os animais podem evitar a rodovia não apenas pelos ruídos, luzes e movimento dos veículos, mas também pelas condições que a superfície da estrada oferece, devido à largura da estrada, ao tipo de pavimento, falta de abrigo e alterações nas condições microclimáticas (JAEGER et al., 2005).

Ferreira; Grillo e Revilla (2014) avaliaram o risco de mortalidade de três espécies de mamíferos e de uma ave-de-rapina, espécies com diferentes requisitos ecológicos, e sugeriram que a probabilidade da morte por atropelamento é dependente de uma interação entre a percepção de risco e a dispersão das espécies, e não somente da sensibilidade destas às perturbações do tráfego. Os autores Coelho; Kindel e Coelho (2008) sugerem que a riqueza e composição das espécies podem estar relacionadas aos padrões temporais de atividade e abundância que atuam em conjunto com o tráfego. Um estudo realizado com pequenos mamíferos e a capacidade em resistir à travessia em estradas concluiu que esta é reduzida a medida que o tráfego se torna mais intenso (McGREGOR et al., 2004). Para Jaeger et al. (2005), animais sensíveis à inacessibilidade de recursos e à subdivisão de população têm suas persistências diminuídas pelo efeito

de evitação causado pelo tráfego, ao contrário de espécies mais sensíveis aos efeitos dos atropelamentos, que podem se beneficiar do comportamento de evitar a rodovia.

4.5 Variação espacial dos atropelamentos

Uma análise espacial inicial revelou diferença significativa no número de atropelamentos entre trechos da rodovia ($H = 74,716$; $P < 0,0001$). Os trechos que compreendem os km 320 ao km 330, km 330 ao km 340, km 340 ao km 350, km 350 ao km 360, km 360 ao km 370 ($N = 247$) e, km 380 ao km 400 ($N = 120$) diferiram significativamente do trecho que abrange os km 410 ao km 420 ($N = 41$), km 440 ao km 460 ($N = 64$) e km 480 ao km 490 ($N=38$). O resultado do teste estatístico encontra-se no Apêndice N.

De uma forma geral, o trecho longo do km 320 ao km 370 possivelmente diferiu dos demais por apresentar, na composição da paisagem, maior ocorrência de fragmentos florestais no entorno da rodovia em comparação com o restante do trecho. Esta fração de área abrange parte do subtrecho 1, e os subtrechos 2 e 3, com riqueza e abundância de espécies representativas, conforme será descrito posteriormente na análise dos atropelamentos em relação com paisagem. Relativamente ao segundo trecho mencionado (km 380 ao km 400), os km 390 e km 400 estão localizados em área urbana e o entorno da paisagem é composto por áreas agrícolas e de pastagem. Do total de 120 registros neste trecho, 74 correspondem a espécies com hábitos generalistas e tolerantes à urbanização, representadas por *Cerdocyon thous*, *Lycalopex gymnocercus* e *Didelphis albiventris*, e 10 registros a *Galictis cuja*, espécie que costuma também habitar áreas abertas (IOB e STOLZ, 2014; KASPER et al., 2014). O trecho do km 410 ao km 420 diferiu significativamente dos demais, por apresentar menor número de registros. Neste trecho a paisagem é composta por áreas abertas de campos agrícolas e pastagens, e há ocorrência de áreas com corpos d' água, onde as espécies de hábito semi-aquático como o *Myocastor coypus* e *Hydrochoerus hydrochaeris* (FERNANDES et al., 2014) tiveram registros significantes. No trecho que compreende os km 440 ao km 460 há remanescentes florestais em ambos os lados e nas proximidades da

rodovia, mas predominam campos agrícolas e pastagens. Constataram-se neste trecho valores inferiores de atropelamentos em relação aos demais, a paisagem apresentando-se heterogênea com a presença de florestas, que sugere maior riqueza e abundância de espécies. No último trecho, km 480 ao km 490, predominam áreas de pastagens e há a presença de uma mata ciliar representativa no km 482,6, no entanto, os registros somaram 38 atropelamentos, destes, 33 referem-se a *D. albiventris*.

A análise de agregação realizada por meio da Estatística K de *Ripley - 2D* confirmou e indicou a existência de locais ao longo da rodovia com concentração de atropelamentos, entre 0,33 a 183,1 km de raio, caracterizando um padrão não aleatório de distribuição (Figura 3). Considerando a assembléia de mamíferos, foram constatados 21 picos de agregação de atropelamentos ao longo da rodovia, com zonas de destaque nos quilômetros: 326,5 ao 327,7; 330,0; 367,0; 381,2 ao 383,6; 385,9; 417,8; 457,8 ao 458,9; e 482,1, onde os maiores picos foram nos quilômetros 327,7, 382,2, 417,8 e 482,1. Os locais com agregação estão representados na Figura 4.

Figura 3 - Padrão de distribuição de atropelamentos de mamíferos - estatística *K de Ripley - 2D*. A linha vermelha indica a função $L(r)$, mostrando agregação de atropelamentos, e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%.

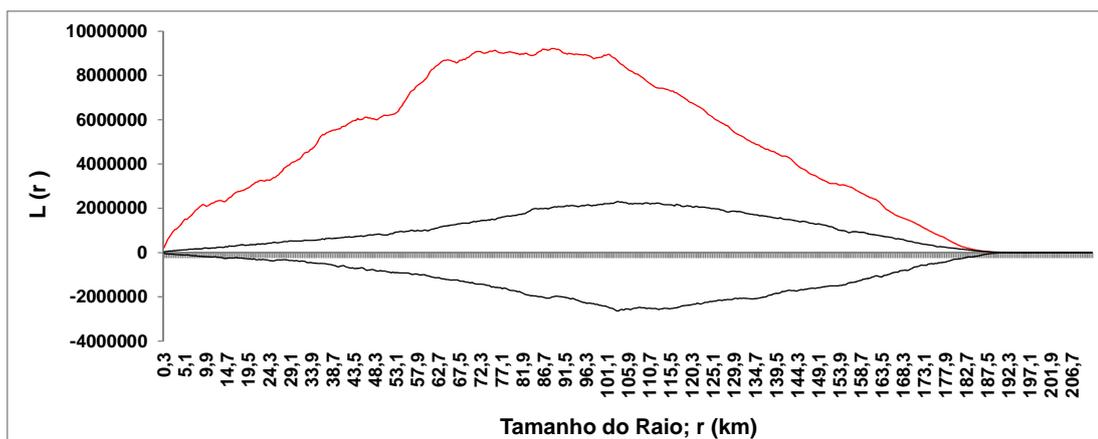
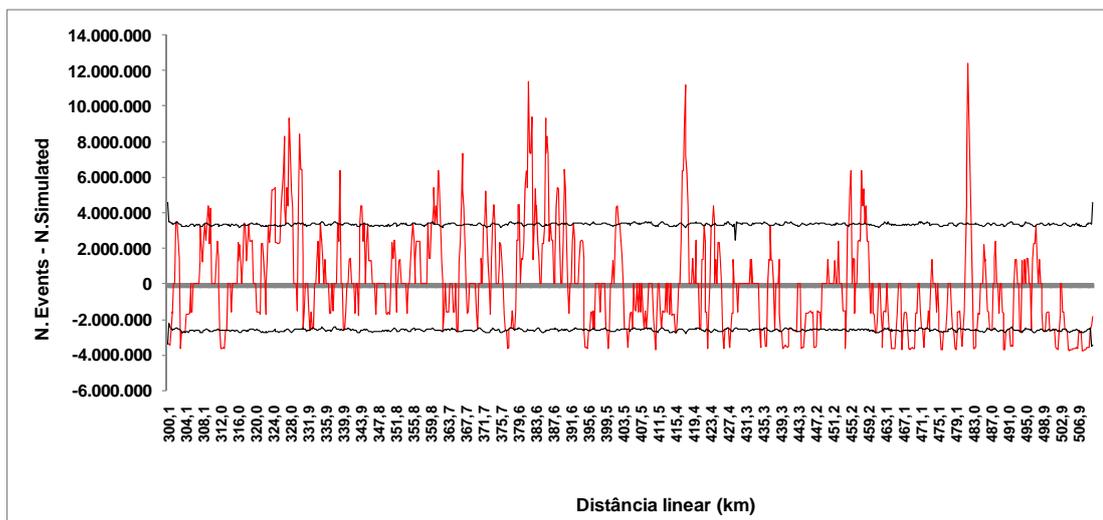


Figura 4 - Localização das agregações de *Hotspots* de atropelamentos de mamíferos – *Análise Hotspots - 2D*. A linha vermelha representa a função $N_{events} - N_{simulated}$ e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%. Os valores de $N_{events} - N_{simulated}$ acima do limite superior de confiança indicam locais com intensidade de agregação significativa.



Os autores Coelho; Kindel e Coelho (2008) sugerem que a taxa dominante pode influenciar significativamente no padrão temporal de distribuição dos atropelamentos. Em razão da alta representatividade de *D. albiventris* entre os mamíferos atropelados (50,1%), realizou-se a exclusão dos registros desta espécie e, ainda assim, mantiveram-se os agrupamentos ao longo da rodovia acima dos limites de confiança estabelecidos (Figura 5) em raio quase coincidente ao da análise geral (entre 0,3 a 180,3 km). A análise de *hotspots* apontou 27 pontos de agregação (Figura 6) com destaque para os quilômetros: 323,0; 324,4; 330,1; 339,2; 345,5; 355,8; 372,4; 379,3; 382,2; 386,0; 388,5 e 417,8. Dos 27 pontos, 11 sobrepõem-se aos *hotspots* que abrangem toda a assembléia ou estão localizados no máximo a uma distância de 100 metros destes, nos quilômetros: 330,1; 339,2; 361,2; 367,0; 372,4; 379,9; 382,2; 388,5; 390,4; 402,8 e 417,8.

Figura 5 - Padrão de distribuição de atropelamentos de mamíferos excluindo-se *D. albiventris* - estatística *K de Rippley - 2D*. A linha vermelha indica a função $L(r)$, mostrando agregação de atropelamentos, e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%.

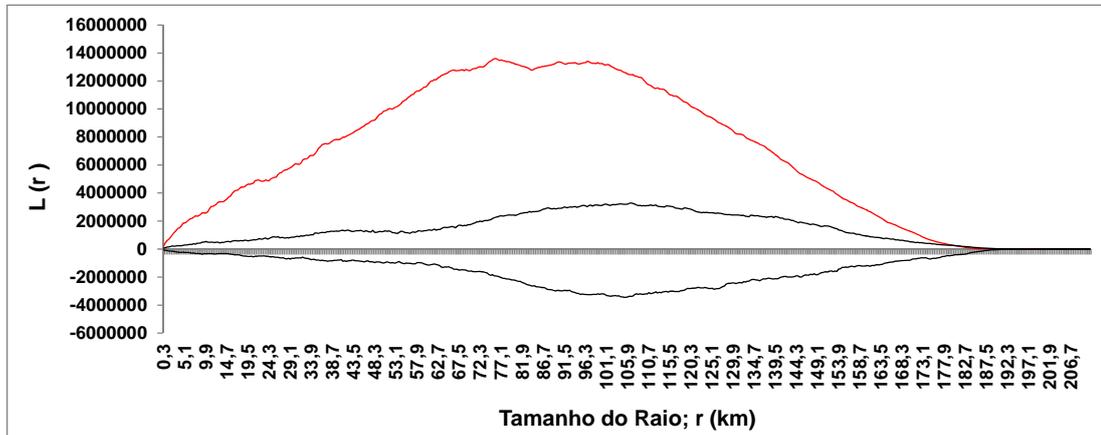
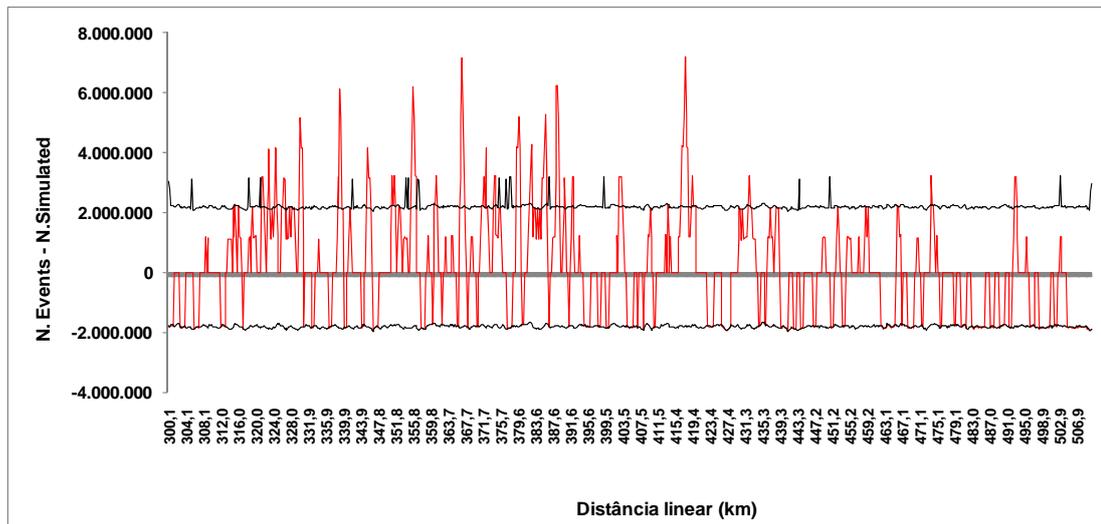


Figura 6 - Localização das agregações de *Hotspots* de atropelamentos de mamíferos excluindo-se *D. albiventris* – *Análise Hotspots - 2D*. A linha vermelha representa a função $N_{events} - N_{simulated}$ e as linhas pretas, os limites de confiança superior e inferior de 95%. Os valores de $N_{events} - N_{simulated}$ acima do limite superior de confiança indicam locais com intensidade de agregação significativa.



Alguns autores (FORMAN e ALEXANDER, 1998; TROMBULAK e FRISSELL, 2000; SEILER, 2001; CLEVINGER; CHRUSZEZ, GUNSON, 2002) afirmam que o padrão espacial de agregação de atropelamentos é determinado por fatores como a paisagem do entorno da estrada, a intensidade e velocidade de tráfego. Mesmo com

a exclusão da espécie mais representativa houve locais onde a agregação foi coincidente em relação à assembleia geral, indicando que possivelmente haja fatores influenciando a concentração de atropelamentos nesses locais. Os locais resultantes da análise preliminar de agregação realizada para trechos de 10 km sobrepõem-se, em parte, aos obtidos pela análise de *hotspots* feita para todos os mamíferos.

Dos 11 locais com agregação de atropelamentos coincidentes entre as análises, três localizam-se em áreas com matas ciliares nas proximidades e entorno composto por áreas de agricultura ou agropecuária (km 330,0; 360,7 ao 361,6; 379,9). Três *hotspots* ocorreram em áreas com predomínio de agricultura ou agropecuária (km 381,2 ao 383,6; 388,7 e 402,1), um em área urbanizada (km 390,4), um com predomínio de áreas úmidas (km 417,8) e três em locais com manchas de silvicultura e campos abertos no entorno (km 339,17; 367,1 e 372,4). Costa (2011) verificou, na BR-101, que os trechos com maior incidência de atropelamentos coincidem com áreas com baixa ou nenhuma ocupação antrópica e com a presença de florestas no entorno. Na BR-262, Cáceres; Casella e Goulart (2012) relacionaram *hotspots* de mamíferos atropelados com regiões de matas ciliares e em áreas em melhor estado de conservação. Carvalho e Pereira (2014) também encontraram *hotspots* de atropelamentos em locais com florestas bem conservadas da região norte do país. Santana (2010) encontrou significativa associação entre paisagens abertas e o número de atropelamentos.

Outro fator que pode contribuir para diferenças no número de atropelamentos entre trechos é o traçado da pista (TEIXEIRA et al., 2013a; RODRIGUES e FREITAS, 2014). Nas campanhas de atropelamentos não foram levantadas informações sobre o traçado da pista, mas fazendo-se uma análise superficial com a espacialização dos resultados verifica-se que os *hotspots* ocorreram em locais onde predomina o traçado de reta plana ou pouco ondulada. Apenas em um ponto o traçado da pista se torna mais acentuado, no km 455,4. Em pistas com traçado retilíneo os veículos atingem maiores velocidades e a aproximação em relação ao animal é aumentada enquanto o tempo de reação dos animais e dos condutores é reduzido, potencializando as chances de colisão (van der REE et al, 2011; TEIXEIRA et al., 2013a). Tal fator também foi verificado por Santana (2010), quando

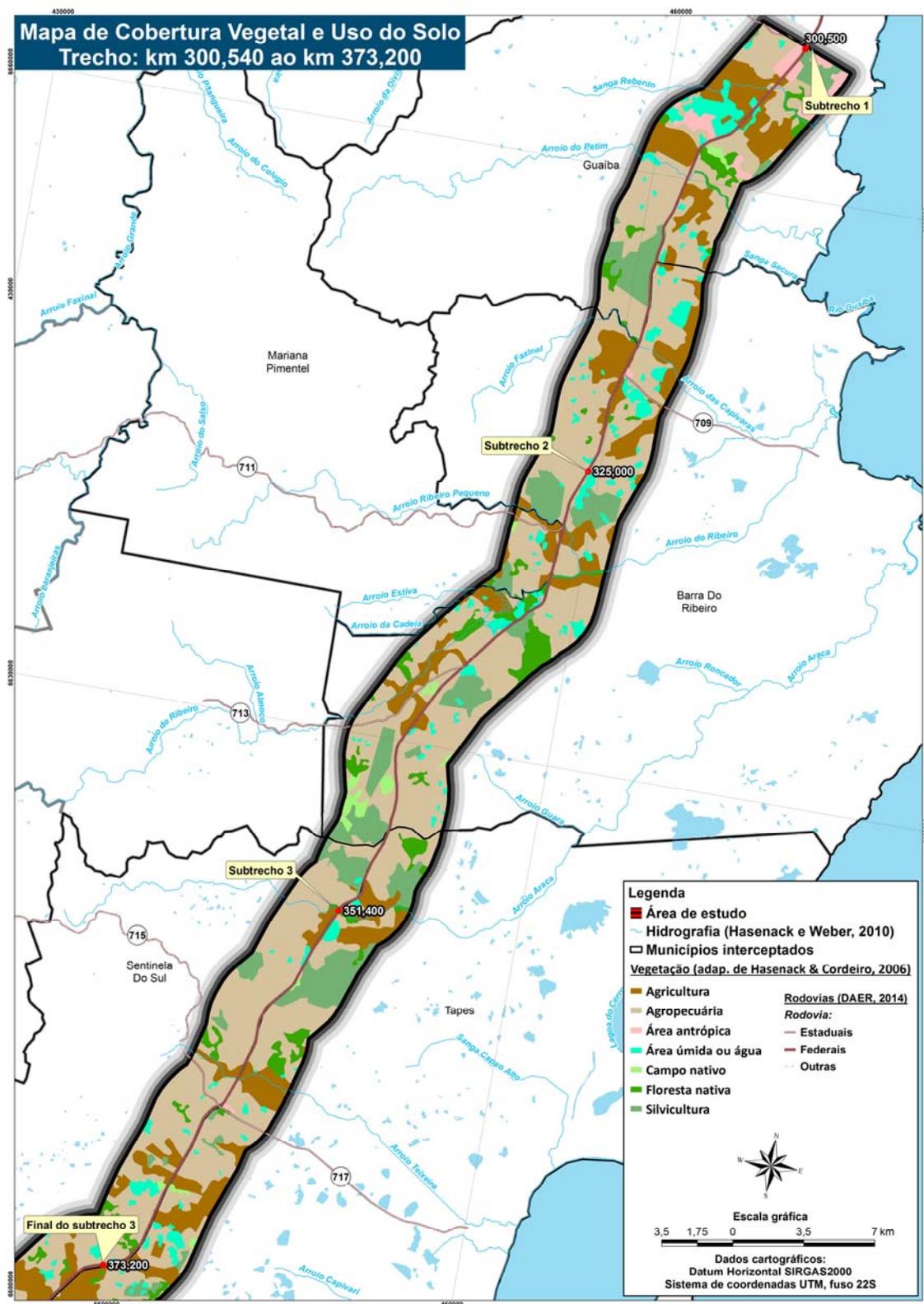
encontrou maior quantidade de registros onde o traçado da pista era reta plana ou reta inclinada e menor número em locais com curvas. Resultados semelhantes foram verificados por Rodrigues e Freitas (2014), onde mais de 70% dos atropelamentos foram registrados em trechos de traçado retilíneo.

O conhecimento dos pontos de agregação de atropelamentos ao longo das rodovias é fundamental para basear a adoção de medidas condizentes à realidade de cada estrada e à população que habita o entorno (COELHO; KINDEL e COELHO, 2008; CÁCERES; CASELLA e GOULART, 2012; COELHO; KINDEL, e COELHO, 2012; TEIXEIRA et al., 2013a; CARVALHO; IANNINI CUSTODIO e MARÇAL JÚNIOR, 2015). A análise de agregação de zonas de *hotspots* de mortalidade determinam os locais adequados onde a implementação de uma medida reduz os atropelamentos, permite a conectividade entre populações e contribui para a persistência das espécies no ambiente. Além disso, algumas medidas podem ser dispendiosas e por isso, devem ser bem planejadas visando à melhor relação custo-benefício (LAUXEN, 2012; TEIXEIRA et al., 2013a). A análise dos atropelamentos segregados por grupos taxonômicos ou por espécies com características semelhantes de hábito de vida ou tamanho corporal pode ser determinante para adoção de uma medida mitigadora economicamente viável e efetiva, pois essas diferenças podem resultar em pontos de agregação distintos (TEIXEIRA et al., 2013a).

4.5.1 Os atropelamentos e a relação com a paisagem do entorno

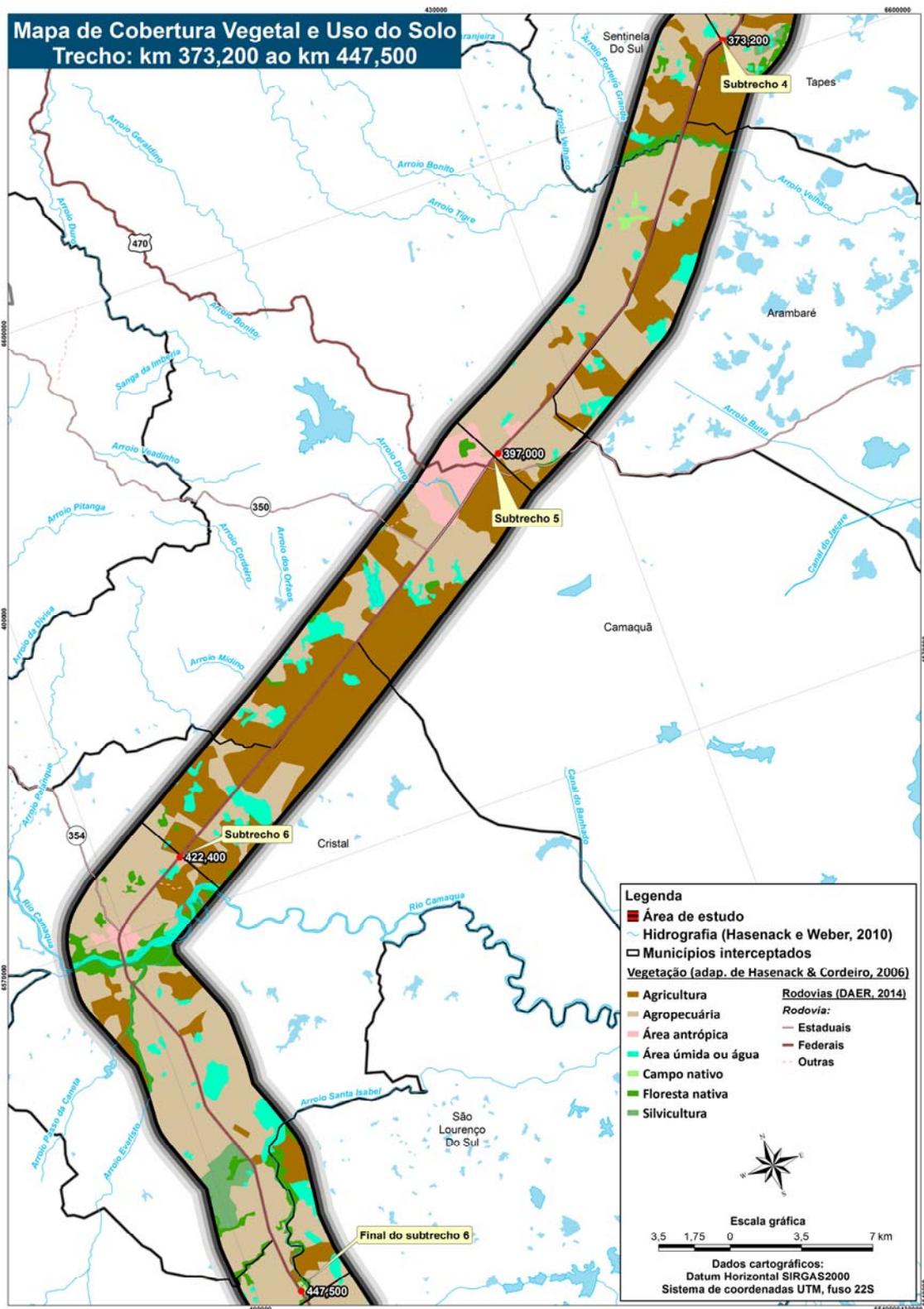
O mapeamento resultante da atualização da cobertura vegetal e uso do solo, correspondente aos subtrechos de 1 a 3, 4 a 6, e, 7 a 9, é apresentado a seguir (Figura 7 a Figura 9). Na Tabela 2 estão dispostas as classes de cobertura vegetal e uso do solo por subtrecho da Rodovia BR-116, quantificadas em hectare e percentual, evidenciando a predominância de áreas agrícolas e pastagens.

Figura 7 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 300,5 ao km 373,2.



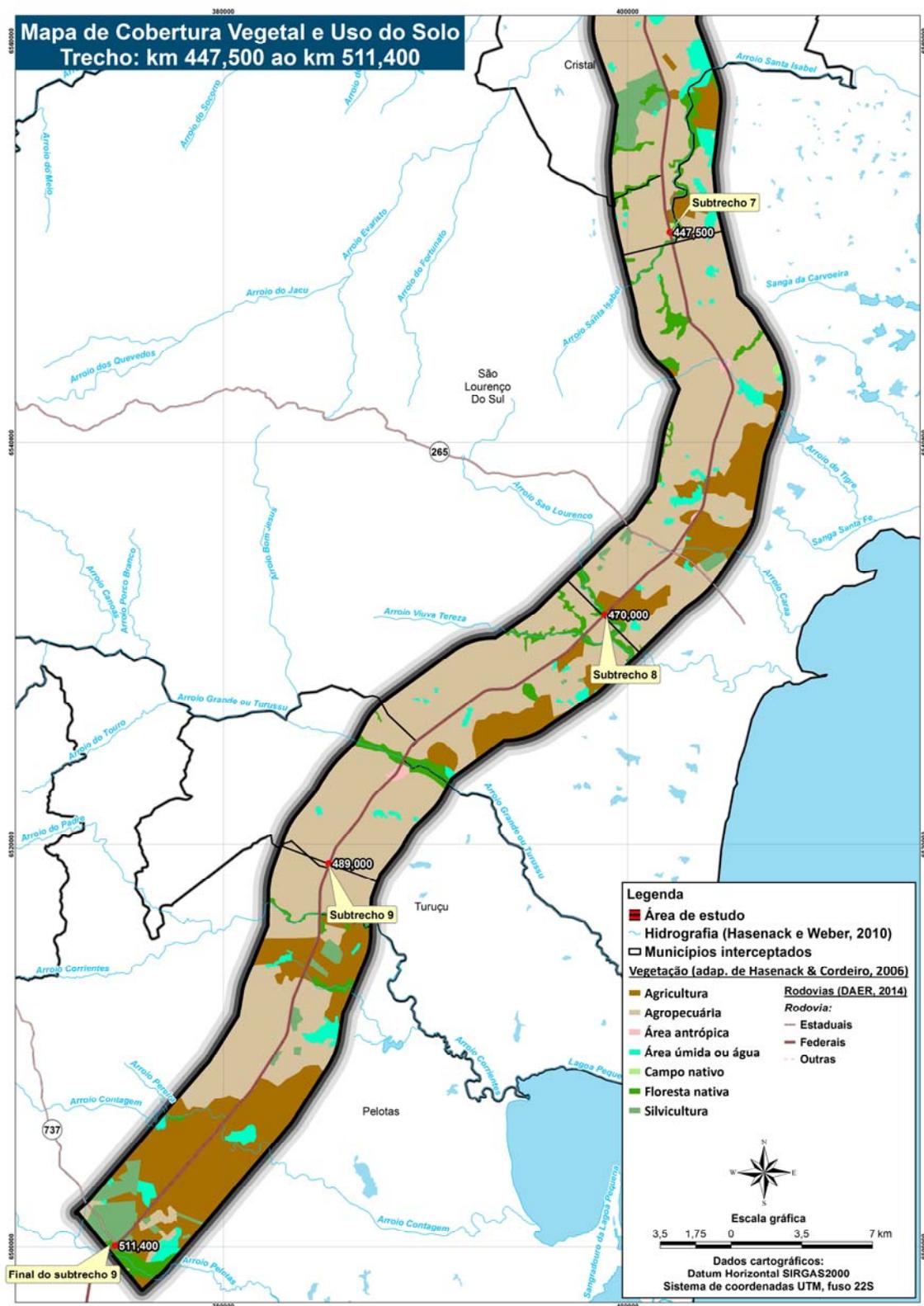
Fonte: Autoria própria, 2016. Imagem de satélite do *Bing Maps*, fonte dos demais dados cartográficos indicados na legenda e *software* para elaboração Arcgis 9.3.

Figura 8 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 373,200 ao km 447,500



Fonte: Autoria própria, 2016. Imagem de satélite do *Bing Maps*, fonte dos demais dados cartográficos indicados na legenda e *software* para elaboração Arcgis 9.3.

Figura 9 - Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 447,500 ao km 511,400.



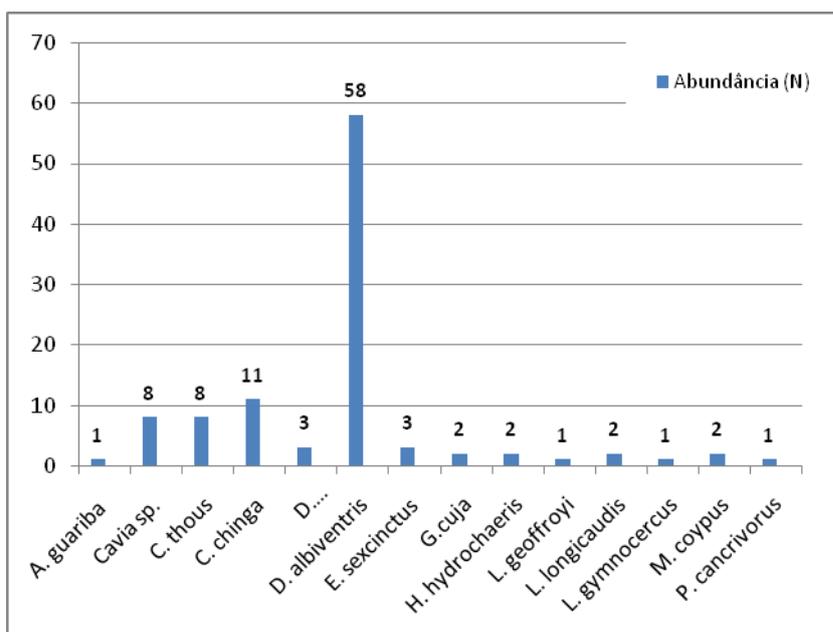
Fonte: Autoria própria, 2016. Imagem de satélite do Bing Maps, fonte dos demais dados cartográficos indicados na legenda e software para elaboração Arcgis 9.3.

Tabela 2 - Classes de cobertura vegetal e uso do solo nos subtrechos 1 ao 9, trecho do km 300,5 ao km 511,4 da rodovia BR-116.
(atualizado de HASENACK e CORDEIRO, 2006).

Sub- trecho s	Área (ha) /%	Classes							Total
		Agricultura	Agropecuária	Corpos d'água	Área antrópica	Campo nativo	Floresta nativa	Silvicultura	
1	Área (ha)	2849,14	6242,73	1009,78	737,22	46,13	514,03	863,09	12262,12
	(%)	23,2	50,9	8,2	6,0	0,4	4,2	7,0	100
2	Área (ha)	1647,63	7312,52	518,89	189,54	282,92	932,10	2279,93	13163,52
	(%)	12,5	55,6	3,9	1,4	2,1	7,1	17,3	100
3	Área (ha)	1800,33	6786,57	455,93	183,19	66,54	600,47	1035,60	10928,63
	(%)	16,5	62,1	4,2	1,7	0,6	5,5	9,5	100
4	Área (ha)	3677,85	7076,64	556,46	259,49	68,95	345,47	0,00	11984,86
	(%)	30,7	59,0	4,6	2,2	0,6	2,9	0,0	100
5	Área (ha)	7039,88	3325,70	1007,00	1001,89	0,00	154,76	9,27	12538,51
	(%)	56,1	26,5	8,0	8,0	0,0	1,2	0,1	100
6	Área (ha)	1430,07	8229,54	1075,13	332,16	16,63	1241,60	532,07	12857,21
	(%)	11,1	64,0	8,4	2,6	0,1	9,7	4,1	100
7	Área (ha)	1750,19	7915,13	318,92	198,92	18,79	441,31	122,84	10766,1
	(%)	16,3	73,5	3,0	1,8	0,2	4,1	1,1	100
8	Área (ha)	930,27	7545,73	173,46	199,48	0,00	592,59	10,08	9451,61
	(%)	9,8	79,8	1,8	2,1	0,0	6,3	0,1	100
9	Área (ha)	4850,03	4509,37	493,11	171,10	0,00	438,22	901,77	11363,6
	(%)	42,7	39,7	4,3	1,5	0,0	3,9	7,9	100

No subtrecho 1 contabilizaram-se 103 atropelamentos referentes a 14 espécies (Figura 10). Registrou-se o atropelamento de um bugio-ruivo, *Alouatta guariba*, único registro desta espécie. Este primata tem hábito florestal (KOCH e PEREIRA, 2014) e, embora as florestas sejam raras próximas à rodovia neste trecho, há três pequenos fragmentos florestais a uma distância média de 1,5 km e um curso d'água com mata ciliar. Além disso, neste trecho registraram-se duas zonas de *hotspots* de atropelamento, ambas associadas a áreas de mata ciliar com predomínio de área aberta no entorno (km 309,2 ao 309,9; km 326,7 ao 327,1).

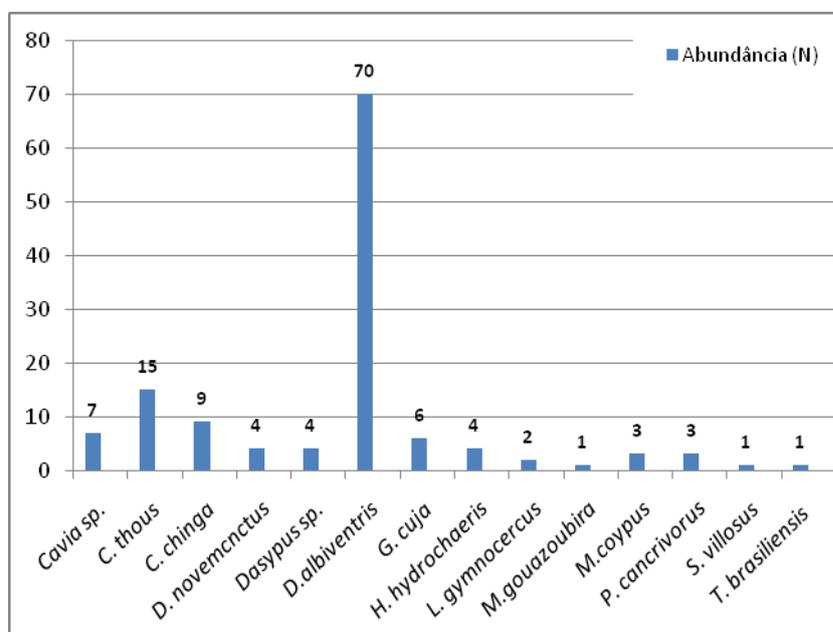
Figura 10 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 300,54 ao km 325,00 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



No subtrecho 2 foram registrados 130 atropelamentos e riqueza de 14 espécies (Figura 11), constatando-se a maior cobertura de floresta nativa (7,1%) e campo nativo (2,1%) em relação aos demais subtrechos (Tabela 2). Algumas espécies de hábito florestal foram registradas, como o tatu-galinha (*Dasyus novemcinctus*), o furão (*Galictis cuja*) e um indivíduo de hábito arborícola, o ouriço-cacheiro (*Coendou spinosus*), o que possivelmente está relacionado a este percentual mais elevado de cobertura florestal (CORRÊA; VILELLA e OLIVEIRA, 2014; FERNANDES et al., 2014; KASPER et al., 2014). Destaca-se também o único

registro de *Mazama gouazoubira* (veado-virá), que ocupa bordas de florestas e formações abertas, mas também são vistos com frequência em áreas de lavoura e silvicultura (KASPER e MAZIM, 2014), que compõem o subtrecho em questão. Neste subtrecho foram identificadas quatro zonas de agregação de *hotspots*, em matrizes onde predominam áreas abertas associada à mata ciliar (km 326,5 ao 327,7, km 330,0), à área com plantios de silvicultura (km 339,1) e, à área com fragmentos de mata no entorno (km 344,1).

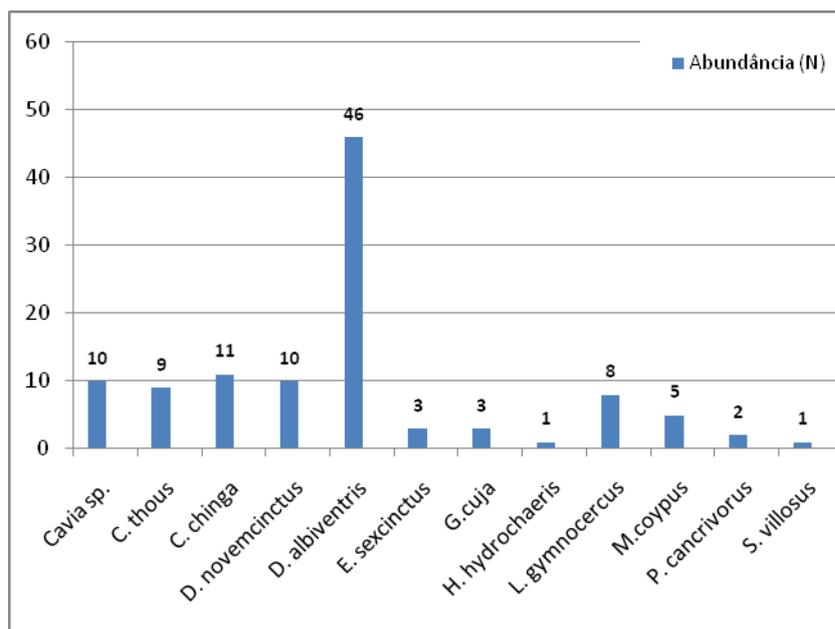
Figura 11 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 325,00 ao 351,34 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



Referente ao subtrecho 3, registraram-se 109 atropelamentos, correspondentes a 12 espécies (Figura 12). O percentual de cobertura florestal (Tabela 2) relativamente elevado pode ter determinado a ocorrência de um ouriço-cacheiro (*Coendou spinosus*) (FERNANDES et al., 2014), de tatu-galinha (*Dasyopus novemcinctus*) (CORRÊA; VILELLA e OLIVEIRA, 2014) e a elevada abundância de graxaim-do-campo (*Lycalopex gymnocercus*), que apesar de ser mais associado a áreas campestres, costuma ocupar também matas ciliares e pequenos fragmentos florestais (KASPER et al., 2014). Os *hotspots* ocorreram em três zonas, um associado à mata ciliar (km 360,7 ao 361,6), e outros dois em área onde a matriz é

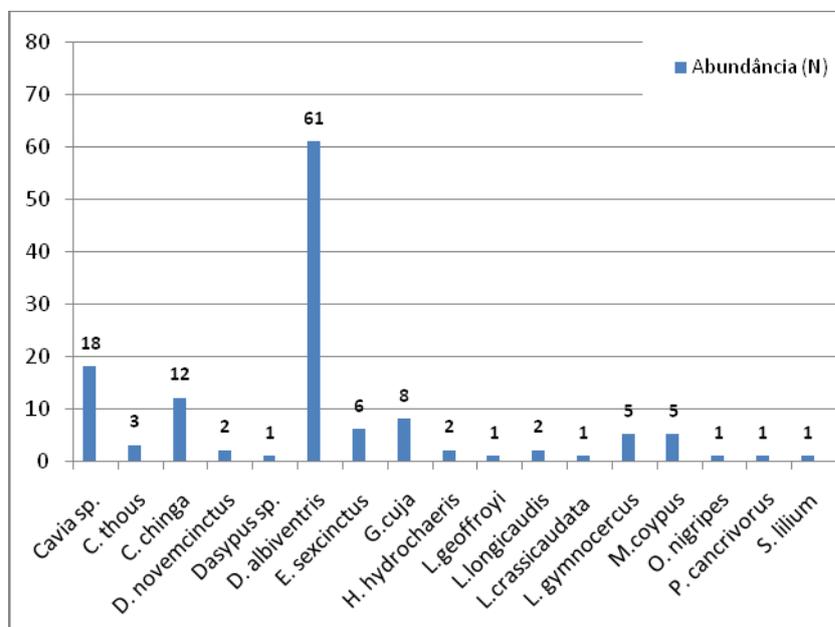
predominantemente aberta com plantios de silvicultura presentes (km 367,0 e km 372,4).

Figura 12 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 351,34 ao km 373,22 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



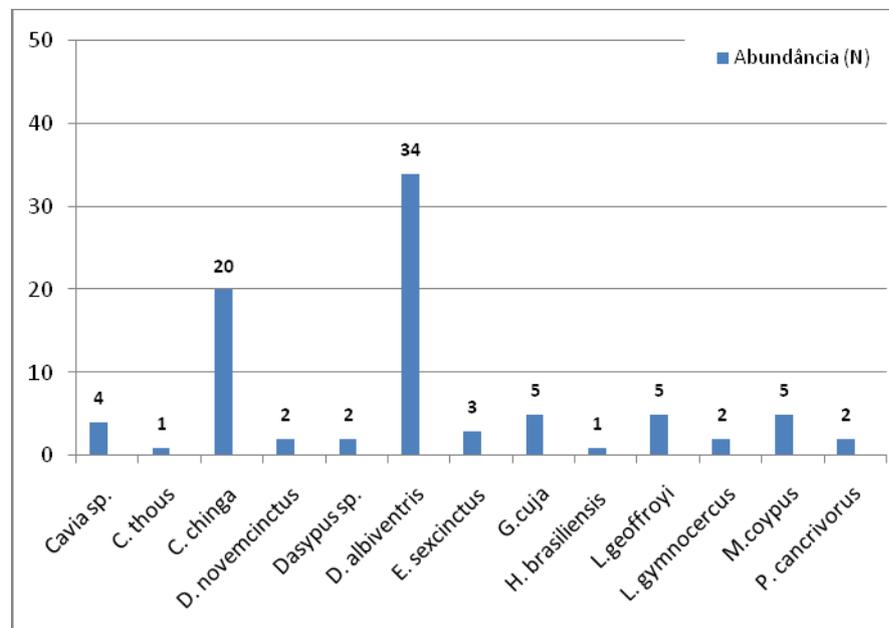
O subtrecho 4 destacou-se em relação à elevada abundância total e riqueza de espécies (Figura 13). Neste segmento da rodovia, o percentual de florestas é representado por pequenos fragmentos florestais esparsos e com pouca conectividade, com exceção da mata ciliar do Arroio Velhaco. Na composição da paisagem prevalecem áreas de pastagem em relação às agrícolas (Tabela 2) que, juntamente com os fragmentos florestais, podem oferecer recursos e refúgios, e condições favoráveis aos animais que vivem no entorno, influenciando a riqueza e a abundância de espécies. Destaca-se o registro único da espécie de hábito semi-aquático *Lutrenolina crassicaudata* (IOB e STOLZ, 2014). Neste subtrecho foram identificadas seis zonas de agregação de atropelamentos, sendo três em área com predomínio de lavouras e pastagens (km 381,2 ao 383,6, km 388,7), um associado à mata ciliar (km 379,8), em local com presença de corpos d'água (km 385,9), e outro associado à matriz essencialmente aberta, mas localizado em meio à área antrópica (km 390,4).

Figura 13 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 373,22 ao 397,20 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



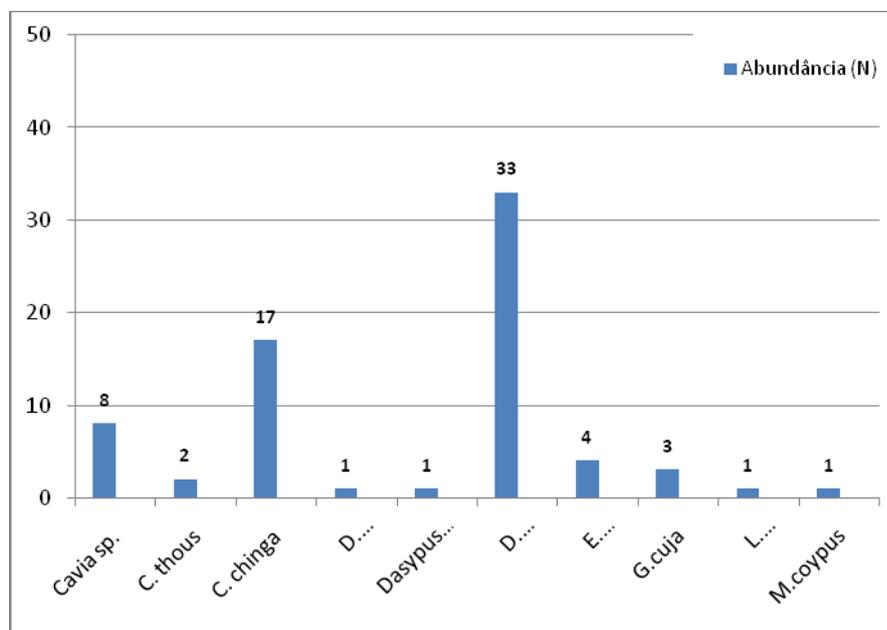
No quinto subtrecho registraram-se 86 atropelamentos e riqueza de 13 espécies (Figura 14). Na composição da paisagem destacam-se a presença de corpos d'água (8%) e área antrópica (8%), ambos com alta representatividade (Tabela 2) na área. As zonas de agregação de atropelamentos neste subtrecho associaram-se à área aberta (km 402,1) e em extensa área úmida (corpos d'água), no km 417,8. As espécies com frequência significativa encontradas nesta fração de trecho associam-se à áreas abertas, como o *C. chinga* e *L. geoffroyi*, à formações florestais mescladas à áreas abertas, como o *G. cuja* e, à corpos d'água, como *M. coypus* (Figura 14). Destaca-se neste subtrecho a maior abundância de *L. geoffroyi* dentre os subtrechos.

Figura 14 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 397,20 ao km 422,30 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



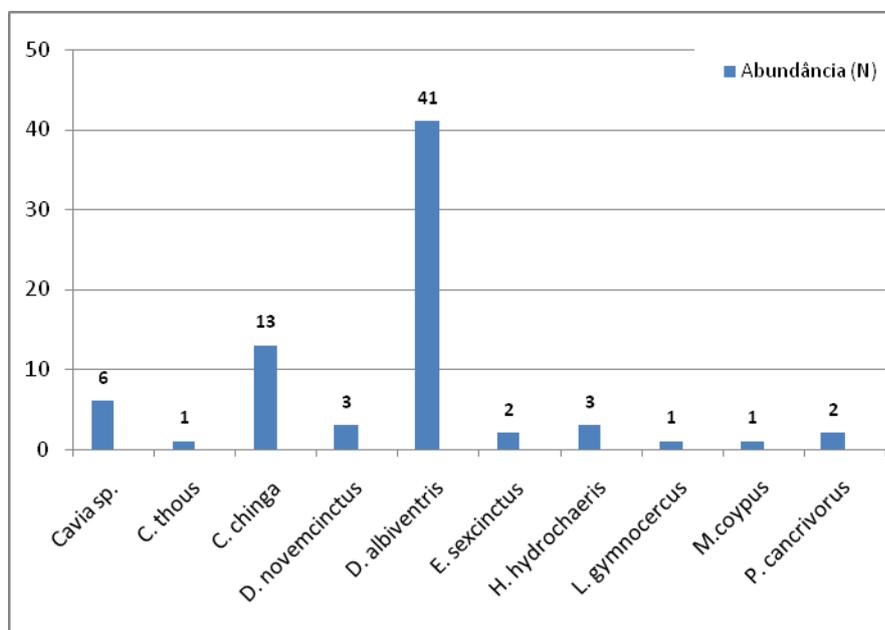
No subtrecho 6 a abundância de atropelamentos foi de 71 indivíduos, distribuídos em 10 espécies (Figura 15). Na paisagem do entorno a presença de floresta nativa (9,7%) e corpos d' água (8,4%) é significativa (Tabela 2). Espécies como *E. sexcinctus* estão associadas a áreas florestais, *G. cuja*, *C. thous* e *L. gymnocercus* tanto a áreas abertas como formações florestais com mesclas de campo. Houve o registro de uma zona de *hotspot* no km 424,1, onde a paisagem de entorno compreende área aberta predominantemente, mas com corpos d'água e alguns fragmentos florestais.

Figura 15 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 422,30 ao km 448,0 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



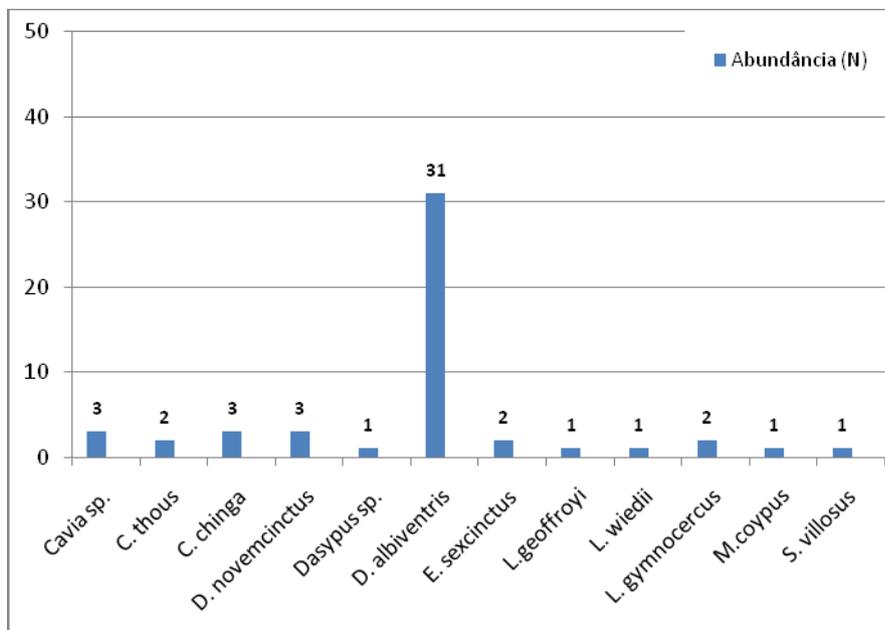
No subtrecho 7, o número de atropelamentos registrado foi de 73 indivíduos distribuídos entre 10 espécies (Figura 16). As duas agregações de *hotspots* identificadas neste trecho foram associadas a áreas abertas, compostas por pastagem e campos agrícolas, e esparsos e pequenos fragmentos florestais (km 455,4) inseridos em matriz aberta predominante (km 457,8 ao 458,9).

Figura 16 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 448,00 ao km 470,10 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



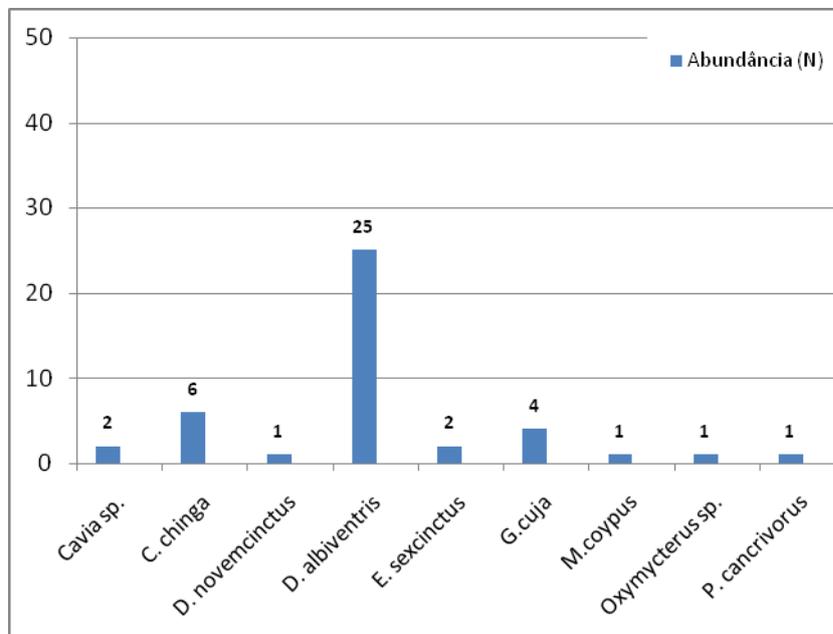
Registraram-se 51 atropelamentos no oitavo subtrecho e riqueza de 12 espécies (Figura 17). Duas espécies de hábitos florestais foram constatadas, o ouriço-caixeiro (*Coendou spinosus*) e o gato maracajá (*L. wiedii*) (FERNANDES et al., 2014; KASPER et al., 2014), possivelmente decorrentes do percentual de floresta nativa representativo no trecho (Tabela 2). Neste segmento destaca-se a zona de *hotspot* no km 482,1, localizada em área urbana muito próxima à mata ciliar do Arroio Grande, que caracteriza uma mata ciliar preservada em comparação às demais ao longo do trecho.

Figura 17 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 470,10 ao km 489,00 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



O subtrecho 9 apresentou os menores valores de abundância e riqueza de espécies (Figura 18). A paisagem é composta predominantemente pelo uso da agricultura, com manchas freqüentes de silvicultura e pouca representatividade de florestas nativas (Tabela 2). Áreas de silvicultura representam um ambiente favorável para algumas espécies, principalmente para as mais tolerantes como *D. albiventris*, *C. thous*, *P. cancrivorus* e *G. cuja*, frequentemente encontradas em áreas de florestas exóticas (IOB e STOLZ, 2014; KASPER et al., 2014), as quais apresentaram baixa abundância ou não ocorreram neste subtrecho. Apesar da baixa representatividade de mata nativa, as matas ciliares dos Arroios Pelotas, Contagem e do Corrientes são significativas quando comparadas aos demais subtrechos, mas não determinaram a ocorrência de espécies que costumam habitar estes ambientes. Não houve agregação de atropelamentos neste trecho.

Figura 18 - Abundância (N) de espécies atropeladas no subtrecho do km 489,00 ao km 511,76 da rodovia BR-116, no período de outubro de 2012 a novembro de 2014.



A espécie mais abundante em todos os subtrechos foi *D. albiventris*, com abundância relativa variando de 39,5% a 60,8% entre os trechos (Figura 10 a Figura 18), representatividade esta esperada devido à elevada abundância e ampla distribuição da espécie no RS (SILVA, 1984, IOB e STOLZ, 2014). Além disso, a espécie habita tanto formações florestais como arbustivas e campestres, e, é tolerante às alterações ambientais e à presença humana (IOB e STOLZ, 2014), características que contribuem para o alto número de atropelamentos. Santana (2010) encontrou os mais altos índices de atropelamentos para *D. albiventris* associados a fragmentos florestais na região central do RS e Koenemann (2009) verificou a associação de *D. albiventris* com áreas abertas no Pampa gaúcho, no sudoeste do estado, demonstrando que a espécie ocupa ambientes diversos. De uma forma geral, as espécies mais representativas na maioria dos subtrechos incluem, além do gambá-de-orelha-branca, *C. chinga* e *C. thous*. *Conepatus chinga* habita áreas tipicamente abertas do Pampa gaúcho, que predominam em todos os subtrechos, representadas pelo baixo percentual de campos nativos e extensas áreas agrícolas e pastoris. Com características semelhantes, *C. thous* é muito comum no Pampa e tolerante às alterações no ambiente, ocupando diversos

habitats naturais, áreas cultivadas de floresta e/ou agricultura, e até mesmo o entorno de áreas urbanas (KASPER et al., 2014).

A partir do subtrecho 5 observa-se a diminuição da abundância e riqueza de espécies nos trechos subsequentes, ao mesmo tempo em que a paisagem do entorno se torna mais plana, característica da planície costeira. As espécies com preferência por áreas campestres (*C. chinga*, *L. geoffroyi*, *E. sexcinctus*, *L. gymnocercus*,) e espécies associadas a ambientes florestais mas que também habitam formações mais abertas, matas ciliares e pequenos mesclas de campo, floresta e banhado (*C. thous*, *G. cuja*) passam a ser mais frequentes (CORRÊA; VILELLA e OLIVEIRA, 2014; KASPER et al., 2014) e condizentes com a paisagem. No subtrecho 6 é verificado um percentual alto de floresta nativa, representado predominantemente pelas matas ciliares do Rio Camaquã e do Arroio Santa Isabel, contudo, a diversidade e abundância de espécies neste trecho foram pouco significativas ao considerarmos que a presença de florestas nativas na composição da área geralmente é associada a uma maior riqueza e abundância de espécies. Tal afirmação é corroborada por Bueno et al. (2012), quando relatam maior abundância e riqueza de espécies em áreas com maior percentual de florestas, na rodovia BR-040, na região Sudeste. Fischer (1997) verificou a ocorrência de espécies generalistas, como o *G. cuja* e *P. cancrivorus* em locais onde os remanescentes florestais na borda da rodovia disponibilizavam frutos e pequenos vertebrados, constituindo ambientes atrativos aos animais. Na região Central do RS, Santana (2010) evidenciou maiores valores de riqueza e abundância em paisagens abertas, em áreas de agricultura e pecuária, situação que pode ser estendida para a BR-116, onde a paisagem é composta predominantemente por essas classes. Ao encontro disso, as espécies mais abundantes neste estudo e as preferências de habitat sustentam a hipótese.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A abundância e riqueza de espécies encontradas foram expressivas, sobretudo porque os registros podem ser considerados subestimados, sob influência de diversos fatores. A estimativa de mortalidade anual para o trecho de estudo é de 4.679 mamíferos, o que representa a perda diária de 13 animais. A magnitude desta estimativa se aproxima do real impacto que as rodovias causam à fauna silvestre e evidencia a relevância da mortalidade por atropelamentos para a conservação de mamíferos silvestres.

As espécies mais registradas, *Didelphis albiventris*, *Conepatus chinga*, *Cerdocyon thous* e *Cavia* sp., são abundantes no bioma Pampa e compreenderam 76,4% dos atropelamentos. Destas, *D. albiventris* foi a espécie significativamente mais atingida. O comportamento generalista e tolerante às alterações do meio deve ser o fator determinante para a elevada abundância de *D. albiventris* e *C. thous* evidenciada no entorno da estrada, tanto em áreas mais preservadas quanto em paisagens alteradas e áreas urbanizadas. Outros animais com comportamento semelhante foram registrados, como *Lycalopex gymnocercus*, *Procyon cancrivorus* e *Galictis cuja*. Assim como as demais, *C. chinga* é abundante na região de estudo e tem preferência por áreas abertas, paisagem predominante ao longo da estrada, representada por plantios agrícolas e áreas de pastagem. Os registros frequentes de *Cavia* sp. possivelmente estão associados ao seu hábito de viver em áreas de vegetação herbácea, frequentes ao longo de toda a margem do acostamento no trecho estudado. Os registros de espécies ameaçadas de extinção resumiram-se a *Alouatta guariba*, *Leopardus geoffroyi* e *Leopardus wieddi*. A lista de espécies registradas sugere que as mais vitimadas em atropelamentos de fauna são em geral as mais abundantes na localidade e tolerantes às alterações ambientais, o que converge com outros estudos.

A sazonalidade não influenciou os atropelamentos e tampouco as variáveis climáticas de temperatura e precipitação. No entanto, o inverno de 2014 apresentou registros mais elevados e significativamente distintos em relação ao inverno de 2013, diferentemente da maioria dos resultados de outros estudos. Variações

sazonais devem ser mais bem investigadas, associando-se as oscilações de temperatura e precipitação às estações.

As oscilações de volume de tráfego provocaram o comportamento de evitação dos animais em relação à rodovia, à medida que o tráfego aumentou. Tratando-se da assembléia estudada, o resultado é plausível, pois alguns mamíferos possuem o comportamento de evitar a rodovia em resposta à perturbação que esta representa.

Os atropelamentos ocorreram de forma agregada ao longo do trecho, conforme esperado, considerando-se a extensão do trecho de estudo e as diferentes matrizes na paisagem do entorno. As 21 zonas de agregação de atropelamentos identificadas ocorreram em áreas de matas ciliares, áreas abertas de lavoura e pastagem, e áreas antrópicas. Suspeita-se que o traçado da pista tenha influência sobre o maior índice de atropelamentos nesses pontos, devido à velocidade que os veículos atingem em traçados retilíneos, o que deve ser alvo de uma investigação mais detalhada. É importante que se relacione o tipo de traçado da pista com a velocidade permitida nos locais de zonas de agregação de atropelamentos, de modo a apontar a ação mais adequada para cada traçado. De modo geral, as zonas estão localizadas em trajeto de pista reta, com exceção de uma, que se localiza em local sinuoso.

Dos 21 *hotspots* identificados no trecho analisado da BR-116, 11 destacaram-se por reincidirem mesmo após a exclusão do táxon dominante, *D. albiventris*. Indica-se, como medida mitigadora, a instalação de sonorizadores na pista para redução da velocidade nas proximidades das zonas de agregação e a associação de placas informativas da travessia de fauna local. A utilização de placas com sinais luminosos para visualização noturna pelos usuários é fundamental, considerando que este é período de maior atividade da maioria dos mamíferos. Como uma medida de abrangência geral a ser facilmente implementada e de baixo custo, indica-se a execução de campanhas educativas envolvendo os motoristas, onde a temática sobre a fauna local e os riscos de extinção sejam abordados, de forma a conscientizar os usuários sobre a problemática dos atropelamentos. As medidas indicadas buscam influenciar o motorista e não envolvem alterações estruturais na rodovia, abrangendo toda a assembléia de animais registrados. No entanto, a instalação de passafaunas é indicada nos *hotspots* com maior mortalidade, visando

proteger grupos específicos, pois algumas espécies não costumam utilizá-los, tornando-se importante o conhecimento do comportamento das espécies que se deseja proteger. Recomenda-se a implantação de passafaunas nas zonas de *hotspots* onde o entorno é bem preservado e, principalmente, distante de áreas urbanas, a fim de evitar a utilização por animais domésticos.

Algumas espécies são abundantemente atropeladas, mas não necessariamente têm suas populações reduzidas pelo impacto das estradas, o que pode ser o caso de *D. albiventris*. As espécies ameaçadas de extinção foram incomuns nos levantamentos, mas por serem mais raras podem sofrer mais com o impacto da estrada. Os levantamentos de fauna silvestre atropelada são o passo inicial para o conhecimento do impacto que as estradas representam e para basear qualquer ação de mitigação à fauna. Pesquisas futuras devem priorizar estudos sobre as populações que vivem no entorno, visando dimensionar o impacto das estradas às espécies que estão sofrendo reduções populacionais significativas e minimizar de forma efetiva os riscos de extinções locais.

6. REFERÊNCIAS

ATHAYDE, E. A. et al. Fenologia de espécies arbóreas em uma floresta ribeirinha em Santa Maria, sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 7, n. 1, p. 43-51, jan./mar. 2009.

BAGATINI, T. **Evolução dos índices de atropelamentos de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras**. 2006. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, Distrito Federal, 2006.

BAGER, A.; MOTTA, A. S. E AMARAL, F. P. 2000. Avaliação do sistema de proteção à fauna implantado na Estação Ecológica do Taim – RS. In: II Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação. **Anais...** Campo Grande, 2000. p. 208-216.

BAGER, A. et al. 2007. Fauna selvagem e atropelamento: diagnóstico do conhecimento científico brasileiro. In: BAGER, A. (Org.). **Áreas Protegidas - repensando as escalas de atuação**. Porto Alegre, RS: Armazém Digital, 2007, v., p. 49-62.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p. 13-33.

BAGER, A.; ROSA, C. A. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 20, n. 1, p. 30-39, mar. 2012.

BUENO, C.; ALMEIDA, P. J. A. L. de. Sazonalidade de atropelamentos e os padrões de movimentos em mamíferos na BR-040 (Rio de Janeiro-Juiz de Fora). **Revista Brasileira de Zoociências**, Juiz de Fora, v. 12, n. 3, p. 219-226, 2010.

BUENO, C. et al. A distribuição espacial de atropelamentos da fauna silvestre e sua relação com a vegetação: Estudo de caso da rodovia BR-040. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p. 167-178.

BRASILEIRO, R. et al. Análise da influência das vias rodoviárias na fragmentação florestal através do uso de parâmetros estatísticos e matrizes hexagonais. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto– INPE. **Anais...**Foz do Iguaçu, 2013. p. 3382 – 3389.

BURNS, M. D. de M. et al. Consideração sobre o Monitoramento de Fauna da BR-392. In: BAZZO, G. C. (Org.). **Monitoramento e Mitigação de Atropelamento de Fauna**. Departamento Nacional de Transportes e Infraestrutura. Brasília, 2012. p.44 – 57.

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

CAMARGO, B. M. et al. Variação sazonal e espacial de vertebrados silvestres atropelados em três rodovias do bioma pampa, sul do Brasil. In: *Road Ecology Brazil* 2011. **Anais...**Lavras, 2011. p. 143-156.

CARVALHO, A. S.; PEREIRA, L. G. Análise espaço-temporal da distribuição de *hotspots* de atropelamento de fauna em uma rodovia localizada na região amazônica brasileira. In: *Road Ecology Brazil* 2014. **Anais...**Lavras, 2014.p. 6-10.

CARVALHO, C. F.; IANNINI CUSTÓDIO, A. E.; MARÇAL JÚNIOR, O. Wild vertebrates road-kill aggregations on the BR-050 high way, state of Minas Gerais, Brazil. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 3, p. 951-959, mai/jun. 2015.

CASELLA, J. **Influência da BR-262 no desflorestamento e na perda da fauna silvestre por atropelamentos no Sudoeste do Brasil, MS**. 2010. 91 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2010.

Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE). **Brasil - atropelamentos de fauna selvagem**. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015. Disponível em: <<http://http://cbee.ufla.br/portal/atropelometro/>>. Acesso em: 11 oct. 2015.

CHEREM, J. J.; KAMMERS, M.; GHIZONI-Jr, I. R.; MARTINS A. Mamíferos de médio e grande porte atropelados em rodovias do Estado de Santa Catarina, Sul do Brasil. **Biotemas**. Florianópolis, v.20, n. 2, p. 81-96, set. 2007.

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

COELHO, I.P.; COELHO, A.V.P.; KINDEL, A. Road-kills of vertebrate species on two high ways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. **European Journal of Wild life Research**, v. 54, p. 689-699, 2008.

COELHO, I. P. et al. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. **Journal of Environmental Management**, v.112, p. 17-26. 2012.

COELHO, A.V.P. et al. **Siriema: Road mortality software**. Manual do Usuário V. 2.0. NERF, UFRGS, Porto Alegre, Brasil. 2014. Disponível em: www.ufrgs.br/siriema.

COSTA L. S. Levantamento de mamíferos silvestres de pequeno e médio porte atropelados na BR 101, entre os municípios de Joinville e Piçarras, Santa Catarina. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 666-672, mai/jun. 2011.

CORRÊA, M. A. F.; VILELLA, F. S.; OLIVEIRA, E. V. Os tatus e os tamanduás. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 37-45.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT). **Relatório de Impacto Ambiental - RIMA**. Distrito Federal, 2016. 135 p. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/download/meio-ambiente/acoes-e-atividades/estudos-ambientais/br-290-rs-.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

DORNAS, R. A. P. et al. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p.139-152.

ESPERANDIO, I. B. **Padrões espaciais de mortalidade de mamíferos silvestres e domésticos na Rota do Sol**. 2011. 20 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ESPERANDIO, I. B. **Rodovias atuam como barreira para o fluxo gênico de roedores subterrâneos?** 2014. 31 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

FAHRIG, L. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v. 34, n.p.487–515, 2003.

FERNANDES, F. A. et al. Os roedores. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 55-87.

FERREIRA, F. Z.; GRILO, C.; REVILLA, E. Risco de mortalidade e volume de tráfego: análise aplicada a espécies com diferentes requisitos ecológicos. In: *Road Ecology Brazil 2014*. **Anais...Lavras**, 2014. p. 90-91.

FISCHER, W. A. **Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para conservação da região do Pantanal, MS**. 44 p. 1997. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal do Mato Grosso, Campo Grande, 1997.

FOGLIATTI, M. C.; FILIPPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Interciência, 2004. 249 p.

FORMAN, R. T. T. Road ecology: A solution for the giant embracing us. **Landscape Ecology**, v. 13, p. 3 - 5, 1998.

FORMAN, R. T. T; ALEXANDER, L. E. Roads and their major ecological effects. **Annual Reviews in Ecology and Systematics**, v.29, p. 207-231, 1998.

FREITAS, C. H. **Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos condicionantes e valoração econômica da fauna**. 2009.85p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, São Paulo, 2009.

FREITAS, L. E. **A influência dos padrões de paisagem no atropelamento de fauna: o caso da BR-040**. 2012. 340 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

FREITAS, T. R. O.; QUINTELA, F. M. Os morcegos. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 139-159.

FUNDAÇÃO ZOOBOTÂNICA. **Lista de espécies da fauna ameaçada**. Porto Alegre, 2014. Disponível em: http://www.fzb.rs.gov.br/upload/2014090911580809_09_2014_especies_ameacadas.pdf. Acesso em: 13 nov. 2015.

GraphPad Software, **In Stat guide to choosing and interpreting statistical tests**, *GraphPad Software*, Inc., San Diego California USA. 1998. Disponível em: <http://www.graphpad.com>.

GRILO, C. A rede viária e a fauna – Impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p. 35-57.

GUMIER-COSTA, F.; SPERBER, C. F. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil. **ACTA Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 459–466, 2009.

HASENACK, H.; CORDEIRO, J. L. P. (org). 2006. **Mapeamento da cobertura vegetal do Bioma Pampa**. Porto Alegre, UFRGS, Centro de Ecologia. 30 p. Relatório técnico Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Biodiversidade e Florestas no âmbito do mapeamento da cobertura vegetal dos biomas brasileiros). Disponível em: http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo/index.php?option=com_content&view=article&id=116:mapeamentopampa&catid=14:download-non-visible>. Acesso em: 13 nov. 2015.

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

HENGEMÜHLE, A. CADEMARTORI, C. V. Levantamento de mortes de vertebrados silvestres devido a atropelamento em um trecho da Estrada do Mar (RS-389). **Biodiversidade Pampeana**, Uruguaiana, v. 6, n. 2, p. 4-10, dez. 2008.

HERRMANN, M. L. P.; ROSA, R. O Relevo. In: IBGE. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil: Região Sul**. Rio de Janeiro: 1990. p. 55-84.

IOB, G.; STOLZ, J. F. B. As cuícas, as guaiquicas e gambás. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 23-36.

JAEGER, J. A. G.; et al. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. **Ecological Modeling**, v. 185, p. 329–348. 2005.

JACKSON, N.D.; FAHRIG, L. Relative effects of road mortality and decreased connectivity on population genetic diversity. **Biological Conservation**, v.144, n. 12, p. 3143–3148, 2011.

JOCHEN, A.; JAEGER, G.; FAHRIG, L. Effects of Road Fencing on Population Persistence. *Conservation Biology*, v. 18, n. 6, p. 1651-1657, 2004.

KASPER, C. B.; MAZIM, F. Os cervos e os porcos-do-mato. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 121-131.

KASPER, C. B. et al. Os carnívoros. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 160-188.

KOCH, F.; PEREIRA, T. S. Os bugios e o mico. In: GONÇALVES, G. L.; QUINTELA, F. M.; FREITAS, T. R. O. (Org.). **Mamíferos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Editora Pacartes, 2014. p. 47-54.

KOENEMANN, J.G. **Mamíferos nativos atropelados em uma área no bioma pampa:variação sazonal e efeito do tipo de habitat**. 2009. 59 p. Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Biologia, Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo, 2009.

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

LAUXEN, M. S. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: Um guia de procedimentos para tomada de decisão**. 2012. 146 p. Monografia (Especialização) – Programa de Pós-Graduação em Biologia Animal, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

LEITE, R. M. S. et al. Atropelamentos de mamíferos silvestres de médio e grande porte nas rodovias PR-407 e PR-508, Planície Costeira do estado do Paraná, Brasil. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p. 193-205.

LIMA, R. A. S.; FIGUEIREDO, A. P.; SOARES, C. M. Variação da taxa de atropelamento em diferentes tipos de pavimentação e número de pistas. In: *Road Ecology Brazil* 2014. **Anais...**Lavras, 2014. p. 42-43.

LISBOA, M. V. **Contribuição para tomada de decisão na classificação e seleção de alternativas de traçado para rodovias em trechos urbanizados**. 2002. 194 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

McGREGOR, R. et al. The effect of traffic volume on translocated small mammal movement. In: Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation. Irwin, C. L; GARRET, P.; McDERMOTT, K. P (Eds). **Center for Transportation and the Environment**, North Carolina State University. p. 394-396. 2004.

MAMEMDES, S. B., ALBO, C. L. R. **Impressões do Cerrado e Pantanal: subsídios para observação de mamíferos silvestres não voadores**. 2ª ed. Campo Grande, MS: Ed. UFMS. 2008. 206p.

MARTINELLI, M. M.; VOLPI, T. A. Mamíferos atropelados na Rodovia Armando Martinelli (ES-080), Espírito Santo, Brasil. **Natureza online**, v. 9, n. 3, p. 113-116. 2011.

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

MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Secretaria da Agricultura. Porto Alegre: 1961. 42p.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Tree Reviews**, v. 10, n. 2, p. 273-377, 1995.

OLIVEIRA, D. da S.; SILVA, V. M. Vertebrados silvestres atropelados na BR 158, RS, Brasil. **Biotemas**, Florianópolis, v. 25, n. 4, p. 229-235, dez. 2012.

PINHEIRO, B. F.; TURCI, L. C. Vertebrados atropelados na estrada da Variante (BR-307), Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Natureza online**, Santa Tereza, ES, v.11, n. 2, p. 68-78. 2013.

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

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

REIS, N. R. et al. **Guia ilustrado: mamíferos do Paraná Brasil**. Pelotas, RS: Editora USEB. 2009. 264p.

RODRIGUES, F. H. G. **Biologia e Conservação do Lobo-Guará na Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF**. 2002. 96 p. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Universidade de Campinas, Campinas, 2002.

RODRIGUES, A. M. R. N.; FREITAS, C. H. Fatores associados a atropelamentos de animais através dos registros da Polícia Rodoviária Estadual de Araxá – MG. In: *Road Ecology Brazil* 2014. **Anais...**Lavras, 2014.p.84-85.

ROSA, C. A. **Efeito de borda de rodovias em pequenos mamíferos de fragmentos florestais tropicais**. 2012. 104 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

ROSA, C. A. et al. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p. 79-99.

ROSA, A. O.; MAHUS, J. Atropelamentos de animais silvestres na rodovia RS-040. **Caderno de Pesquisa série Biologia**, v. 16, n. 1, p. 35-42. 2004.

ROSA, A.; BAGER, A. Review of the factors underlying the mechanisms and effects of roads on vertebrates. **Oecologia Australis**, v. 17, n. 1, p. 6-19, mar. 2013.

SAMPAIO, R. **Efeitos a longo prazo da perda do habitat e da caça sobre mamíferos de médio e grande porte na Amazônia Central**. 2007. 39 p. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2007.

SANTOS, A. L. P. G.; ROSA, C. A.; BAGER, A. Variação sazonal da fauna selvagem atropelada na rodovia MG-354, Sul de Minas Gerais – Brasil. **Biotemas**, v. 25, n. 1, p. 73-74, mar. 2012.

SANTANA, G. S. **Fatores influentes sobre atropelamentos de vertebrados silvestres em rodovias da Região Central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil.** 2010. 68 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade Animal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2010.

SCOSS, L. M. **Impacto de estradas sobre mamíferos terrestres: o caso do Parque Estadual do Rio Doce, Minas Gerais.** 2002. 86 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.

SCOSS, L. M. et al. Uso de parcelas de areia para o monitoramento de impacto de estradas sobre a riqueza de espécies de mamíferos. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 121-127, 2004.

SECCO, H. K. C. **Impactos de rodovias sobre primatas: o caso de estudo do sagui-de-tufos-pretos (*Callithrix penicillata*).** 2014. 67 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aplicada, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.

SEILER, A. Ecological Effects of Roads– a review. **Introductory Research Essay**, Uppsala, Sweden, n.9, 2001.

SEILER, A.; HELLDIN, J.; SEILER, C. Road mortality in Swedish mammals: results of a drivers' questionnaire. **Wild life biology**. v. 10, n. 3, 2004.

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. p. 165-190.2006.

SILVA, F. **Mamíferos Silvestres – Rio Grande do Sul.** 2. Ed. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul. 1994. 246p.

SILVA, D. E. et al. Monitoramento de vertebrados atropelados em dois trechos de Rodovias na Região Central do Rio Grande do Sul – Brasil. **Ciências Ambientais**, Ed. UnilaSalle, Canoas, v. 7, n. 1, jul. 2013.

SOUSA, M. A. N.; MIRANDA, P. C. Mamíferos terrestres encontrados atropelados na Rodovia BR-230/PB entre Campina Grande e João Pessoa. **BioFar**, v. 4, n. 2, p. 72 – 82, 2010.

SOUZA, S. A. et al. Impactos de atropelamentos de animais silvestres no trecho da Rodovia SP-215 confrontante ao Parque Estadual de Porto Ferreira – Porto Ferreira, SP (Nota científica). **Instituto Florestal**, v. 22, n. 2, p. 315-323, dez. 2010.

SOUZA, J. L.; ANACLETO, T. C. S. Levantamento de mamíferos atropelados na rodovia BR-158, estado do Mato Grosso, Brasil. In: BAGER, A (Ed.). **Ecologia de Estradas: Tendências e pesquisas**. Lavras, MG: Editora UFLA, 2012. p.207-221.

SPELLERBERG, I. Ecological Effects of Roads and Traffic: A Literature Review. **Global Ecology and Biogeography Letters**, v. 7, n. 5, p. 317-333, 1998.

SPELLERBERG, I. MORRINSON, T. The ecological effects of new roads – a literature review. **Science for Conservation**, Wellington, New Zealand, v. 84, 1998.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. **Plano Básico Ambiental do Projeto de Adequação da Capacidade e Duplicação da Rodovia BR-116/RS**. Relatório técnico não publicado. 2009a.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. **Estudo de Impacto Ambiental do Projeto de Adequação da Capacidade e Duplicação da Rodovia BR-116/RS**. Relatório técnico não publicado. 2009b.

STE - SERVIÇOS TÉCNICOS DE ENGENHARIA S.A. **Relatório Semestral 01**. Relatório técnico não publicado. 2013.

TEIXEIRA, F. Z. **Detectabilidade da fauna atropelada: Efeito do método de amostragem e da remoção de carcaças**. 2010. 11 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Bacharelado em Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

TEIXEIRA, F. Z. et al. Are road-kill *hotspots* coincident among different vertebrate groups? **Oecologia Australis: Road Ecology**, v. 17, n. 1, p. 36-47, mar. 2013a.

TEIXEIRA, F. Z. et al. Vertebrate road mortality estimates: Effects of sampling methods and carcass removal. **Biological Conservation**, v. 157, p. 317-323, 2013b.

TEIXEIRA, M. B. et al. Vegetação. In: IBGE- **Levantamento de recursos naturais**. IBGE, Rio de Janeiro, 1986. v. 33, p. 541- 620. Mapa de cobertura vegetal e uso do solo, trecho do km 300,5 ao km 373,2

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

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

Van der REE, R. et al. Effects of Roads and Traffic on Wildlife Populations and Landscape Function: Road Ecology is Moving toward Larger Scales. **Ecology and Society**, v. 16, n. 1, 2011.

VIEIRA, E. M. Highway mortality of mammals in central Brazil. **Ciência e Cultura**, n. 48, p. 270-272. 1996.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A – Comparação do número de atropelamentos interanual em 2013 e 2014

Comparação n° atropelamentos entre anos (2013 x 2014)

Unpaired t test with Welch correction

Do the means of 2013 and 2014 differ significantly?

P value

The two-tailed P value is 0.9463, considered not significant.

Welch correction applied. This test does not assume equal variances.

Welch's approximate t = 0.06763 with 76 degrees of freedom.

95% confidence interval

Mean difference = -0.07143 (Mean of 2014 minus mean of 2013)

The 95% confidence interval of the difference: -2.175 to 2.032

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

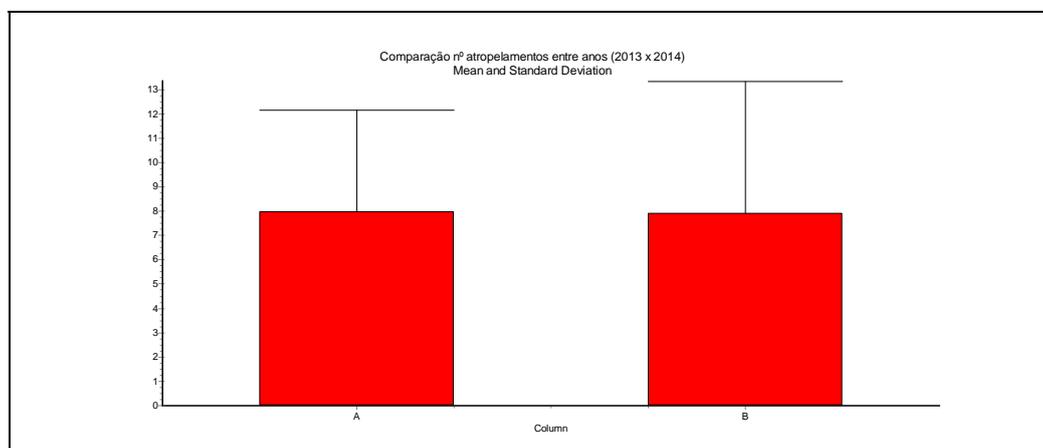
The t test assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
2013	0.1582 >	0.10	Yes
2014	0.1266 >	0.10	Yes

Summary of Data

Parameter:	2013	2014
Mean:	7.976	7.905
# of points:	42	42
Std deviation:	4.176	5.423
Std error:	0.6444	0.8367
Minimum:	2.000	0.000
Maximum:	21.000	20.000
Median:	7.000	7.000
Lower 95% CI:	6.675	6.215
Upper 95% CI:	9.278	9.595

* * *



APÊNDICE B – Comparação do número de atropelamentos entre as espécies mais atropeladas

Comparação spp. mais atropeladas

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is < 0.0001, considered extremely significant. Variation among column medians is significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.

Calculation detail

Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
Cavia sp.	42	2790.5	66.440
Cerdocyon thous	42	2187.0	52.071
Conepatus chinga	42	3664.0	87.238
D. albiventris	42	5554.5	132.25

Kruskal-Wallis Statistic H = 67.380 (corrected for ties)

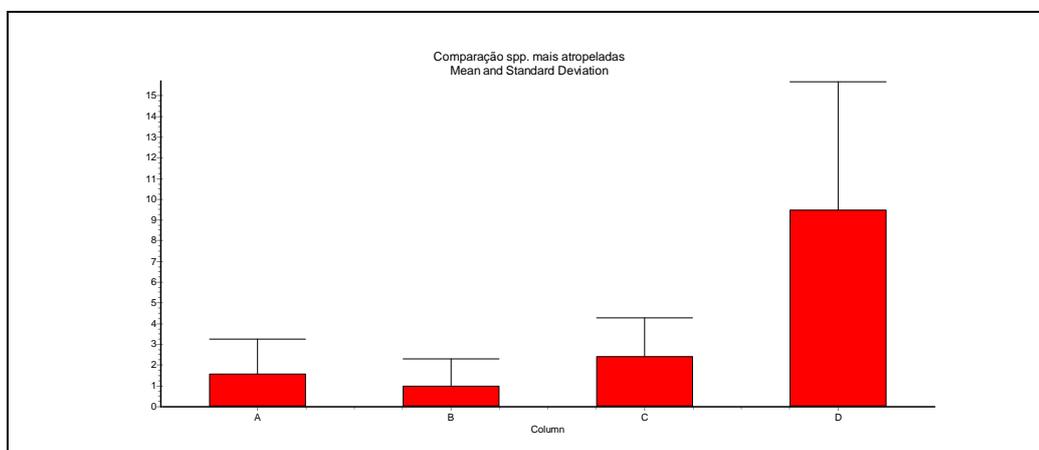
Dunn's Multiple Comparisons Test

Comparison	Mean Rank Difference	P value
Cavia sp. vs. Cerdocyon thous	14.369 ns	P>0.05
Cavia sp. vs. Conepatus chinga	-20.798 ns	P>0.05
Cavia sp. vs. Didelphis albiventris	-65.810***	P<0.001
Cerdocyon thous vs. Conepatus chinga	-35.167 **	P<0.01
Cerdocyon thous vs. Didelphis albiventris	-80.179***	P<0.001
Conepatus chinga vs. Didelphis albiventris	-45.012***	P<0.001

Summary of Data

Group	Number of Points	Median	Minimum	Maximum
Cavia sp.	42	1.000	0.000	7.000
Cerdocyon thous	42	0.000	0.000	4.000
Conepatus chinga	42	2.000	0.000	9.000
Didelphis albiventris	42	10.000	0.000	23.000

* * *



APÊNDICE C – Comparação do número de atropelamentos intrassazonal em 2013.

Sazonalidade 2013

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is 0.2186, considered not significant. Variation among column medians is not significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.

Calculation detail

Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
inverno	42	3638.5	86.631
outono	42	3993.0	95.071
primavera	42	3085.5	73.464
verão	42	3479.0	82.833

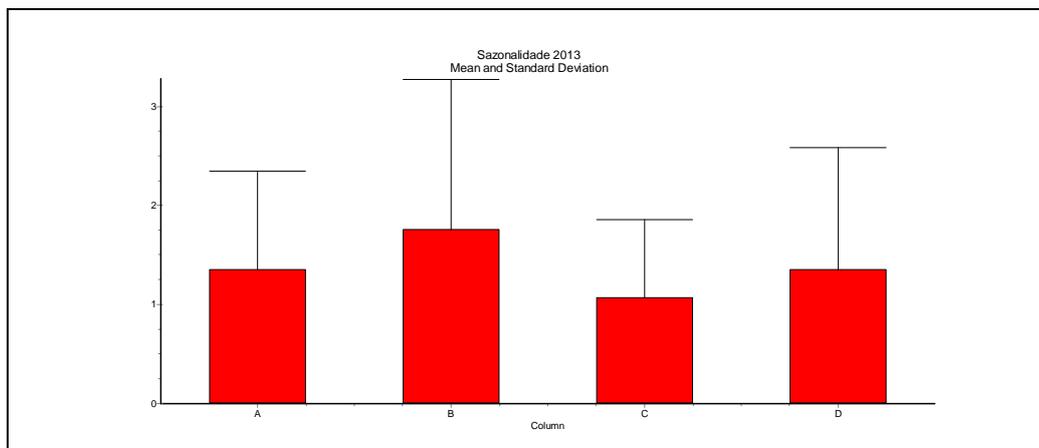
Kruskal-Wallis Statistic $H = 4.430$ (corrected for ties)

Post tests were not calculated because the P value was greater than 0.05.

Summary of Data

Group	Number of Points	Median	Minimum	Maximum
inverno	42	1.500	0.000	4.500
outono	42	1.500	0.000	5.000
primavera	42	1.000	0.000	3.000
verão	42	1.000	0.000	5.000

* * *



APÊNDICE D – Comparação do número de atropelamentos intrassazonal em 2014.

Sazonalidade 2014

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is 0.0597, considered not quite significant. Variation among column medians is not significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.

Calculation detail

Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
inverno	42	4247.5	101.13
outono	42	3357.5	79.940
primavera	42	3134.5	74.631
verão	42	3456.5	82.298

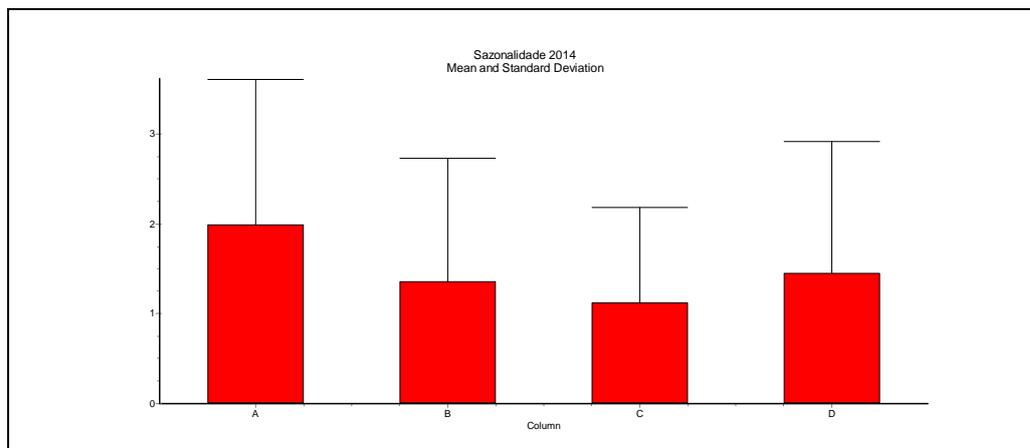
Kruskal-Wallis Statistic $H = 7.419$ (corrected for ties)

Post tests were not calculated because the P value was greater than 0.05.

Summary of Data

Group	Number of Points	Median	Minimum	Maximum
inverno	42	1.500	0.000	6.500
outono	42	1.000	0.000	4.000
primavera	42	1.000	0.000	4.000
verão	42	1.000	0.000	5.000

* * *



APÊNDICE E – Comparação do número de atropelamentos inter-sazonal (inverno de 2013 e 2014).

Comparação inverno 2013-2014

Unpaired t test with Welch correction

Do the means of inv/2013 and inv/2014 differ significantly?

P value

The two-tailed P value is 0.0349, considered significant. Welch correction applied. This test does not assume equal variances. Welch's approximate $t = 2.153$ with 67 degrees of freedom.

95% confidence interval 678

Mean difference = 0.6310 (Mean of inv/2014 minus mean of inv/2013)
The 95% confidence interval of the difference: 0.04603 to 1.216

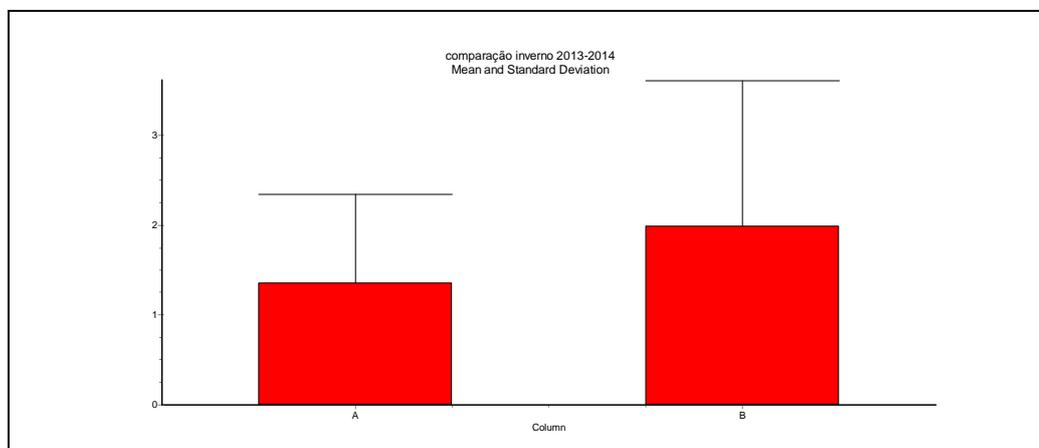
Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?
The t test assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
inv/2013	0.1401	>0.10	Yes
inv/2014	0.1898	0.0972	Yes

Summary of Data

Parameter:	inv/2013	inv/2014
Mean:	1.357	1.988
# of points:	42	42
Std deviation:	0.9895	1.621
Std error:	0.1527	0.2501
Minimum:	0.000	0.000
Maximum:	4.500	6.500
Median:	1.500	1.500
Lower 95% CI:	1.049	1.483
Upper 95% CI:	1.666	2.493

* * *



APÊNDICE F – Comparação do número de atropelamentos inter-sazonal (verão de 2013 e 2014).

Comparação verões 2013-2014

Unpaired t test with Welch correction

Do the means of verão/2013 and verão/2014 differ significantly?

P value

The two-tailed P value is 0.7478, considered not significant.

Welch correction applied. This test does not assume equal variances.

Welch's approximate t = 0.3226 with 79 degrees of freedom.

95% confidence interval

Mean difference = 0.09524 (Mean of verão/2014 minus mean of verão/2013)

The 95% confidence interval of the difference: -0.4923 to 0.6828

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

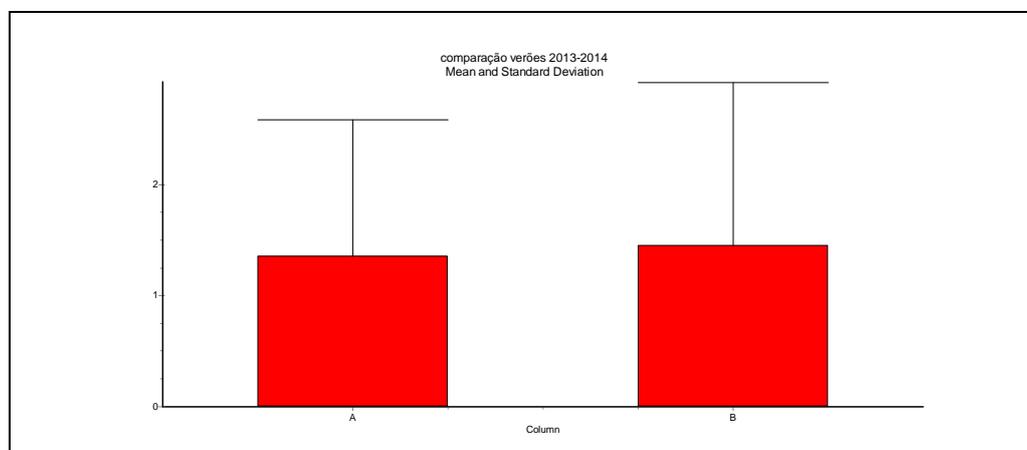
The t test assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is tested using the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
verão/2013	0.1401	> 0.10	Yes
verão/2014	0.1898	0.0972	Yes

Summary of Data

Parameter:	verão/2013	verão/2014
Mean:	1.357	1.452
# of points:	42	42
Std deviation:	1.226	1.468
Std error:	0.1892	0.2266
Minimum:	0.000	0.000
Maximum:	5.000	5.000
Median:	1.000	1.000
Lower 95% CI:	0.9750	0.9947
Upper 95% CI:	1.739	1.910

* * *



APÊNDICE G – Comparação do número de atropelamentos inter-sazonal (outono de 2013 e 2014).

Comparação outono 2013-2014

Unpaired t test with Welch correction
Do the mean sof out/2013 and out/2014 differ significantly?

P value

The two-tailed P value is 0.2030, considered not significant.
Welch correction applied. This test does not assume equal variances.

Welch's approximate t = 1.283 with 81 degrees of freedom.

95% confidence interval

Mean difference = -0.4048 (Mean of out/2014 minus mean of out/2013)
The 95% confidence interval of the difference: -1.032 to 0.2227

Assumption test: Are the data sampled from Gaussian distributions?

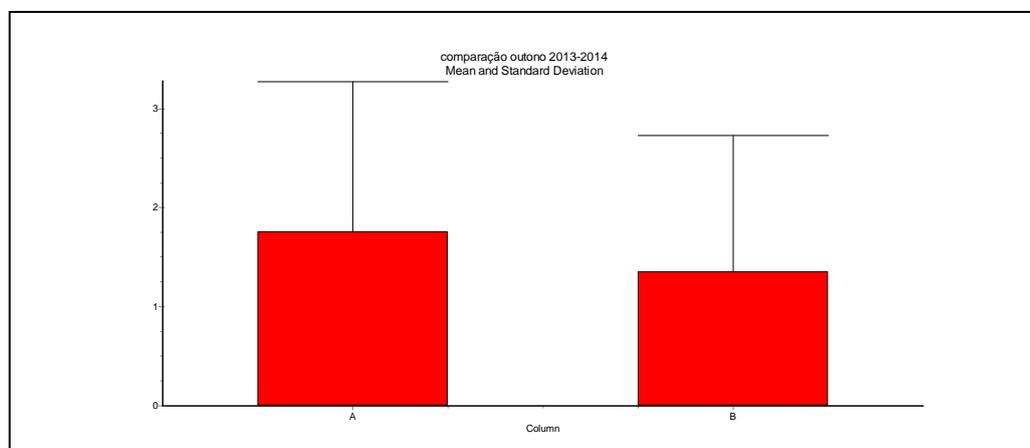
The t test assumes that the data are sampled from populations that follow Gaussian distributions. This assumption is test educing the method Kolmogorov and Smirnov:

Group	KS	P Value	Passed normality test?
out/2013	0.1401	>0.10	Yes
out/2014	0.1898	0.0972	Yes

Summary of Data

Parameter:	out/2013	out/2014
Mean:	1.762	1.357
# of points:	42	42
Stddeviation:	1.511	1.376
Stderror:	0.2332	0.2123
Minimum:	0.000	0.000
Maximum:	5.000	4.000
Median:	1.500	1.000
Lower 95% CI:	1.291	0.9282
Upper 95% CI:	2.233	1.786

* * *



APÊNDICE H – Comparação do número de atropelamentos inter-sazonal (primavera de 2012, 2013 e 2014).

Comparacao primaveras 2012-2014

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is 0.0510, considered not quite significant. Variation among column medians is not significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least one column has two or more identical values.

Calculation detail

Group	Number of Points	Sum of Ranks	Mean of Ranks
primav/2012	42	3128.5	74.488
primav/2013	42	2429.0	57.833
primav/2014	42	2443.5	58.179

Kruskal-Wallis Statistic H = 5.952 (corrected for ties)

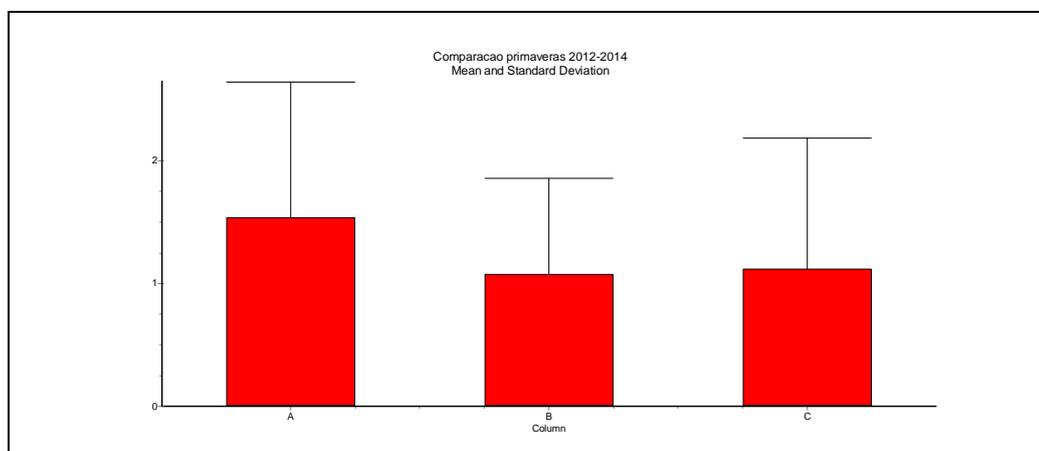
Dunn's Multiple Comparisons Test

Comparison	Mean Rank Difference	P value
primav/2012 vs. primav/2013	16.655 *	P<0.05

Summary of Data

Group	Number of Points	Median	Minimum	Maximum
primav/2012	42	1.500	0.000	5.500
primav/2013	42	1.000	0.000	3.000
primav/2014	42	1.000	0.000	4.000

* * *



APÊNDICE I – Comparação do número de atropelamentos entre campanhas e variáveis meteorológicas (Estação Meteorológica de Porto Alegre)

Atropelamentos X Clima - Estação Meteorológica de POA

Multiple Regression Results

What equation fits the data the best?

$$[A:\text{Atropelamentos}] = 6.135 + 0.1377*[C:\text{Média Mínimas}] + 0.07862*[D:\text{Precipitação}]$$

Variable	Coefficient	SE	95% Confidence Interval	
(constant)	6.135	21.743	-42.308 to	54.579
C:Média Mínimas	0.1377	1.033	-2.164 to	2.439
D:Precipitação	0.07862	0.05352	-0.04063 to	0.1979

How good is the fit?

R squared = 24.24%.

This is the percent of the variance in A: Atropelamentos explained by the model.

The P value is 0.2495, considered not significant.

The P value answers this question:

If there were no linear relationship among the variables, what is the chance that R squared would be that high (or higher) by chance?

Since P is high, the rest of the results will be of little interest.

Sum-of-squares	802.33
SD of residuals	8.957
R squared	0.2424
Adjusted R squared	0.0909
Multiple R	0.4924
F	1.6000

Which variable(s) make a significant contribution?

Variable	t ratio	P value	Significant?
(constant)	0.2822	0.7836	No
C:Média Mínimas	0.1333	0.8966	No
D:Precipitação	1.469	0.1726	No

Each P value compares the full model with a simpler model omitting one variable. It tests the effect of one variable, after accounting for the effects of the others.

Is multicollinearity a problem?

Variable	VIF	R2 with other X
C:Média Mínimas	1.66	0.3972
D:Precipitação	1.66	0.3972

Each R squared quantifies how well that X variable is predicted from the other X variables (ignoring Y). VIF is calculated from R squared.

All R squared values are low (<0.75). The X variables are independent of each other. Multicollinearity is not a problem.

Correlation Matrix

	C:	D:		A: (Y)
C:Média Mínimas	1.0000	-0.6303		-0.2810
D:Precipitação	-0.6303	1.0000		0.4910

Each correlation coefficient (r) is calculated independently, without considering the other variables.

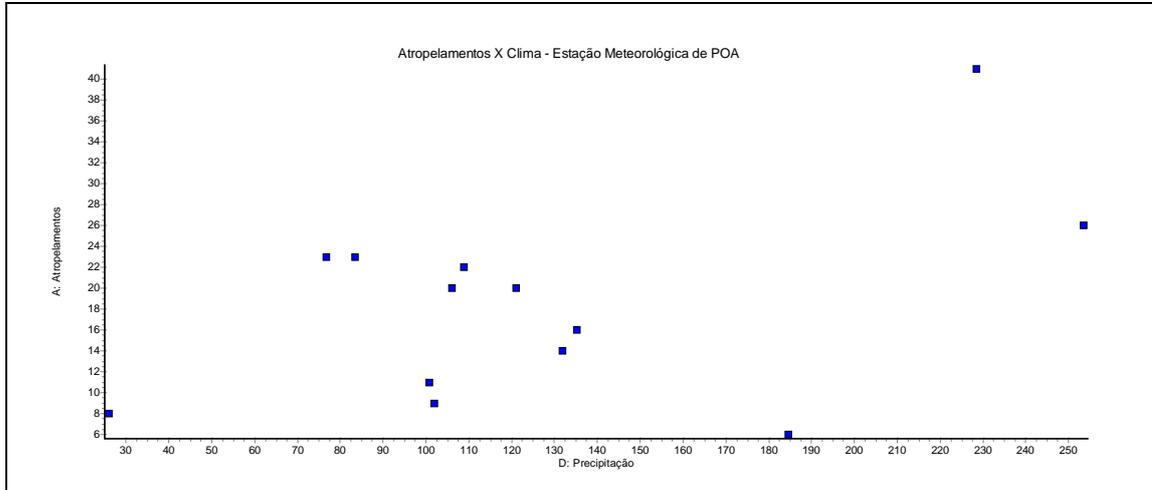
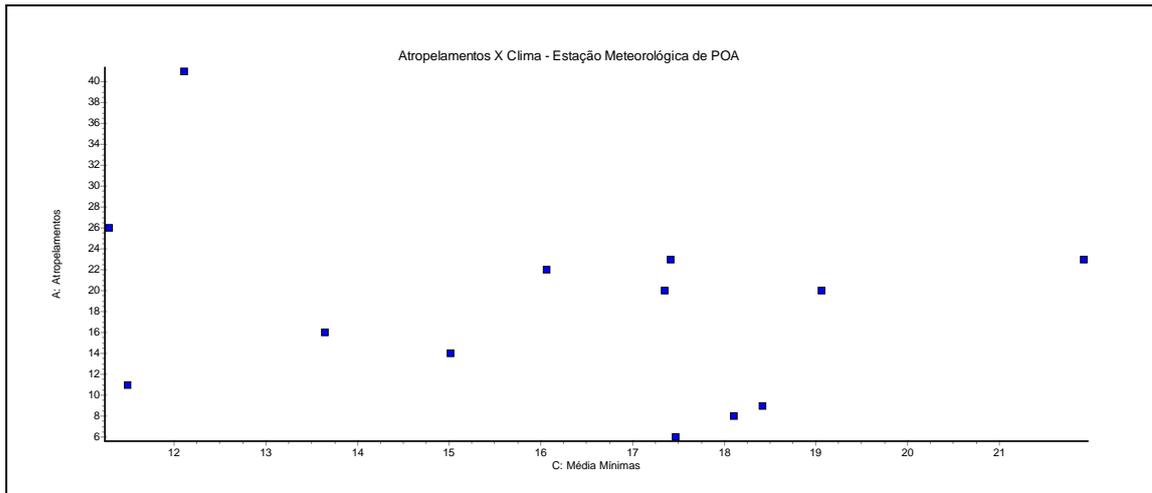
Summary of your data

Number of rows (subjects) analyzed: 13

Number of rows with missing data, excluded from calculations: 0

Number of degrees of freedom ($\#subjects - \#variables - 1$): 10

* * *



APÊNDICE J – Comparação do número de atropelamentos entre campanhas e variáveis meteorológicas (Estação Meteorológica de Camaquã)

Multiple Regression Results - Estação Meteorológica de Camaquã

What equation fits the data the best?

$$[A:\text{Atropelamentos}] = 49.686 - 0.8921*[C:\text{Média Mínimas}] + 0.004345*[D:\text{Precipitação}]$$

Variable	Coefficient	SE	95% Confidence Interval
(constant)	49.686	11.013	25.148 to 74.223
C:Média Mínimas	-0.8921	0.6568	-2.355 to 0.5713
D:Precipitação	0.004345	0.03175	-0.06640 to 0.07509

How good is the fit?

R squared = 17.31%.

This is the percent of the variance in A: Atropelamentos explained by the model.

The P value is 0.3866, considered not significant.

The P value answers this question:

If there were no linear relationship among the variables, what is the chance that R squared would be that high (or higher) by chance?

Since P is high, the rest of the results will be of little interest.

Sum-of-squares	456.45
SD of residuals	6.756
R squared	0.1731
Adjusted R squared	0.0077
Multiple R	0.4160
F	1.0467

Which variable(s) make a significant contribution?

Variable	t ratio	P value	Significant?
(constant)	4.511	0.0011	Yes
C: Média Mínimas	1.358	0.2042	No
D: Precipitação	0.1368	0.8939	No

Each P value compares the full model with a simpler model omitting one variable. It tests the effect of one variable, after accounting for the effects of the others.

Is multicollinearity a problem?

Variable	VIF	R2 with other X
C:Média Mínimas	1.23	0.1865
D:Precipitação	1.23	0.1865

Each R squared quantifies how well that X variable is predicted from the other X variables (ignoring Y). VIF is calculated from R squared.

All R squared values are low (<0.75). The X variables are independent of each other. Multicollinearity is not a problem.

Correlation Matrix

	C:	D:		A: (Y)
C:Média Mínimas	1.0000	0.4318		-0.4142
D:Precipitação	0.4318	1.0000		-0.1434

Each correlation coefficient (r) is calculated independently, without considering the other variables.

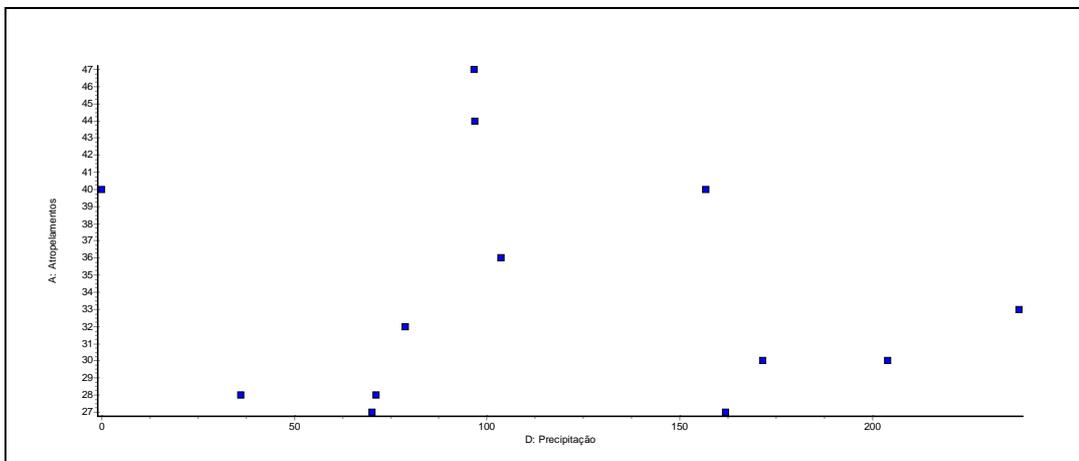
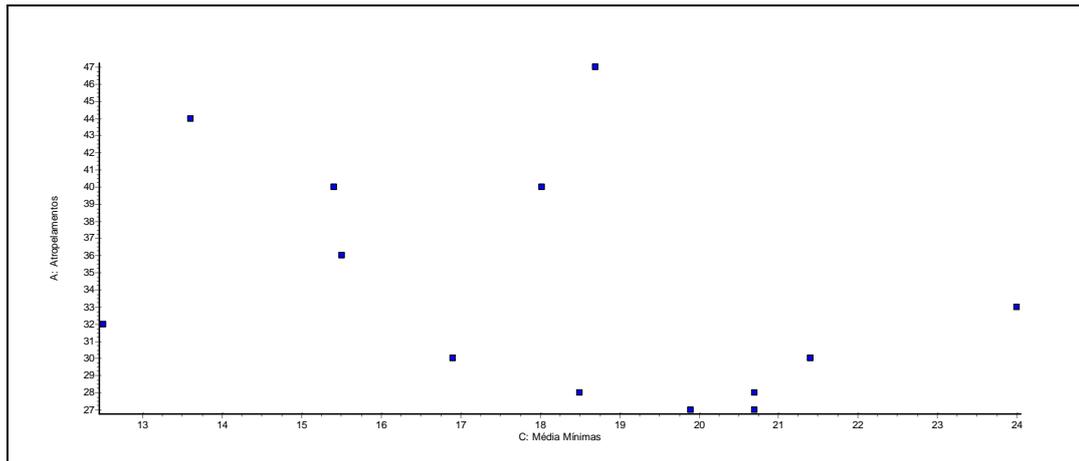
Summary of your data

Number of rows (subjects) analyzed: 13

Number of rows with missing data, excluded from calculations: 0

Number of degrees of freedom ($\#subjects - \#variables - 1$): 10

* * *



APÊNDICE K – Comparação do número de atropelamentos entre campanhas e variáveis meteorológicas (Estação Meteorológica de Pelotas)

Atropelamentos X Clima - Estação Meteorológica de Pelotas

Multiple Regression Results

What equation fits the data the best?

[A:Atropelamentos] = 14.013 - 0.1166*[C:Média Mínimas] - 0.02654*[D:Precipitação]

Variable	Coefficient	SE	95% Confidence Interval	
(constant)	14.013	4.334	4.356	to 23.669
C:Média Mínimas	-0.1166	0.2391	-0.6493	to 0.4161
D:Precipitação	-0.02654	0.01788	-0.06637	to 0.01330

How good is the fit?

R squared = 19.18%.

This is the percent of the variance in A: Atropelamentos explained by the model.

The P value is 0.3448, considered not significant.

The P value answers this question:

If there were no linear relationship among the variables, what is the chance that R squared would be that high (or higher) by chance?

Since P is high, the rest of the results will be of little interest.

Sum-of-squares	88.651
SD of residuals	2.977
R squared	0.1918
Adjusted R squared	0.0302
Multiple R	0.4380
F	1.1868

Which variable(s) make a significant contribution?

Variable	t ratio	P value	Significant?
(constant)	3.233	0.0090	Yes
C:Média Mínimas	0.4877	0.6363	No
D:Precipitação	1.484	0.1685	No

Each P value compares the full model with a simpler model omitting one variable. It tests the effect of one variable, after accounting for the effects of the others.

Is multicollinearity a problem?

Variable	VIF	R2 with other X
C:Média Mínimas	1.00	0.0026
D:Precipitação	1.00	0.0026

Each R squared quantifies how well that X variable is predicted from the other X variables (ignoring Y). VIF is calculated from R squared.

All R squared values are low (<0.75). The X variables are independent of each other. Multicollinearity is not a problem.

Correlation Matrix

	C:	D:	A: (Y)
C:Média Mínimas	1.0000	-0.0510	-0.1173
D:Precipitação	-0.0510	1.0000	-0.4155

Each correlation coefficient (r) is calculated independently, without considering the other variables.

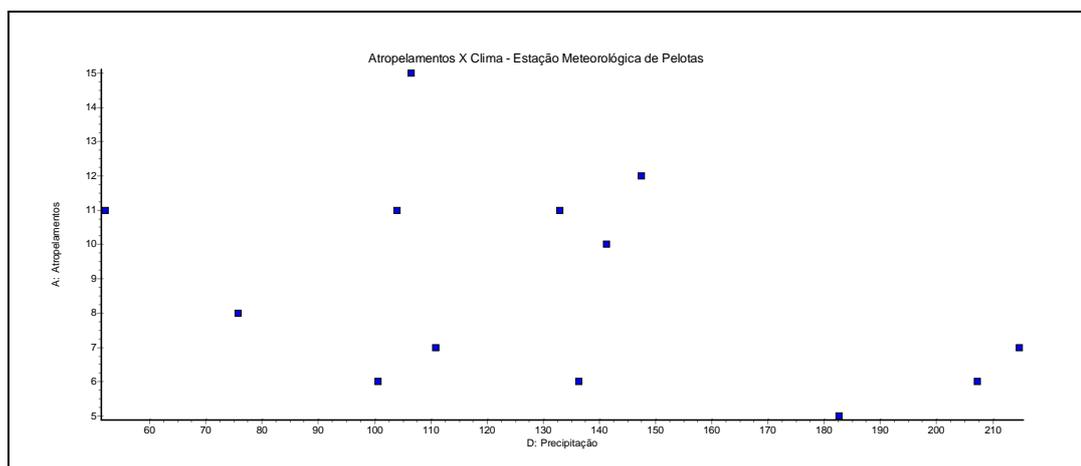
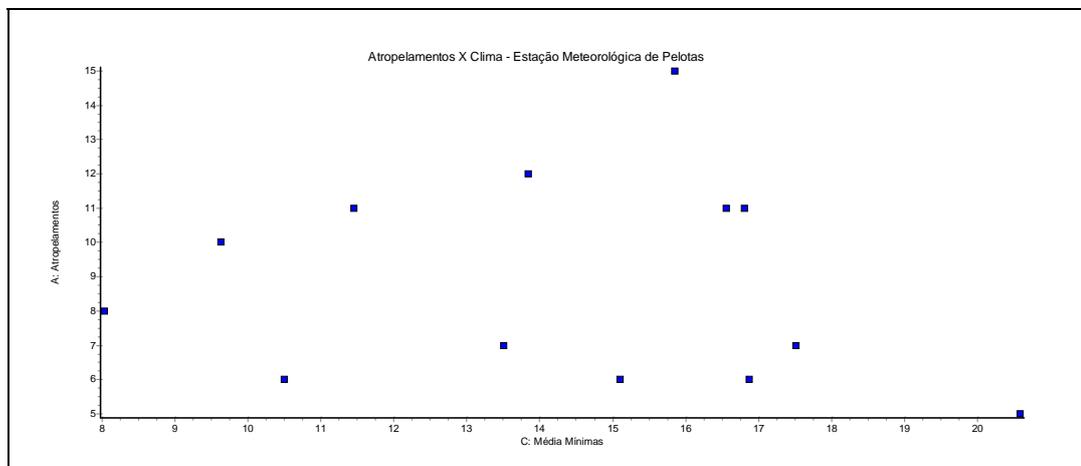
Summary of your data

Number of rows (subjects) analyzed: 13

Number of rows with missing data, excluded from calculations: 0

Number of degrees of freedom (#subjects - #variables - 1): 10

* * *



APÊNDICE L – Regressão linear entre o número de atropelamentos por campanha em relação ao volume médio mensal de tráfego (Praça do Retiro-Cristal)

Total de Atropelamentos X Volume Médio Mensal de Tráfego Retiro-Cristal

Linear Regression

Number of points = 13

Parameter	Best-fit Value	Standard Error	95% confidence interval	
			from	to
Slope	-0.5388	0.1546	-0.8790	-0.1986
Y intercept	102.75	22.369	53.516	151.98
X intercept	190.70			

Correlation coefficient (r) = -0.7245. r squared = 0.5249

Standard deviation of residuals from line (Sy.x) = 4.966

Test: Is the slope significantly different from zero?

The P value is 0.0051, considered very significant.

This result was obtained from the following ANOVA table.

Source of variation	Degrees of freedom	Sum of squares	Mean square
Linear regression (Model)	1	299.66	299.66
Deviations from linearity (Residual)	11	271.27	24.660
Total	12	570.92	

F = 12.151

Runs test: Do the number of runs indicate a linear model?

One way to evaluate linearity is by counting runs. If the data deviate substantially from linearity, the number of runs will be small.

There are 6 points above the line, 7 below, and 9 runs.

The P value is 0.8788, considered not significant.

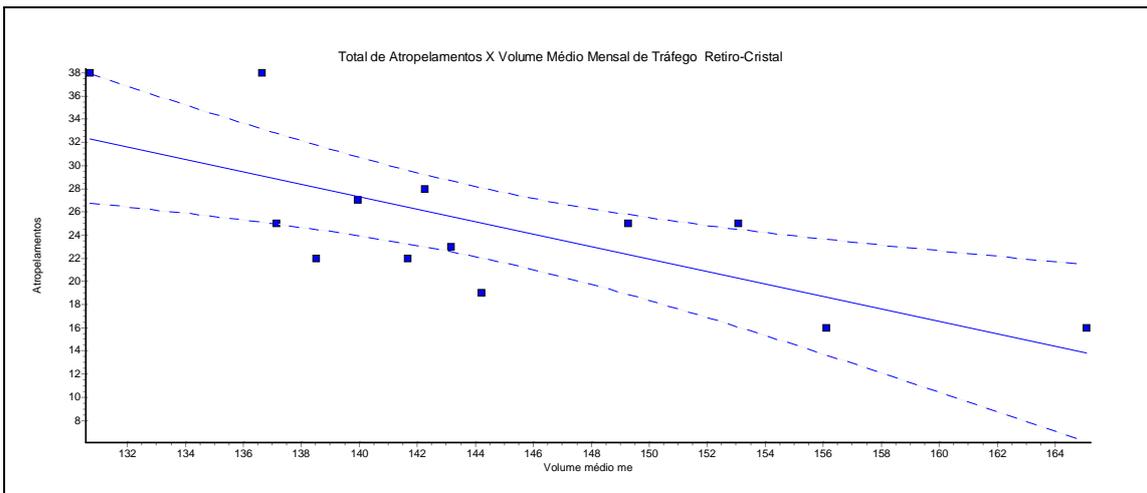
There is not a significant departure from linearity.

Standard Curve Calculations

X Values	Y Values
=====	=====

To perform standard curve calculations, you must enter the unknowns below the standard curve in the spreadsheet. Simply enter X values without Y, or Y values without X.

* * *



APÊNDICE M – Regressão linear entre o número de atropelamentos de *Didelphis albiventris* por campanha em relação ao volume médio mensal de tráfego (Praça do Retiro-Cristal)

Atropelamentos D. albiventris X Volume Médio Mensal de Tráfego Retiro-Cristal

Linear Correlation

Number of points = 13

Correlation coefficient (r) = -0.3133

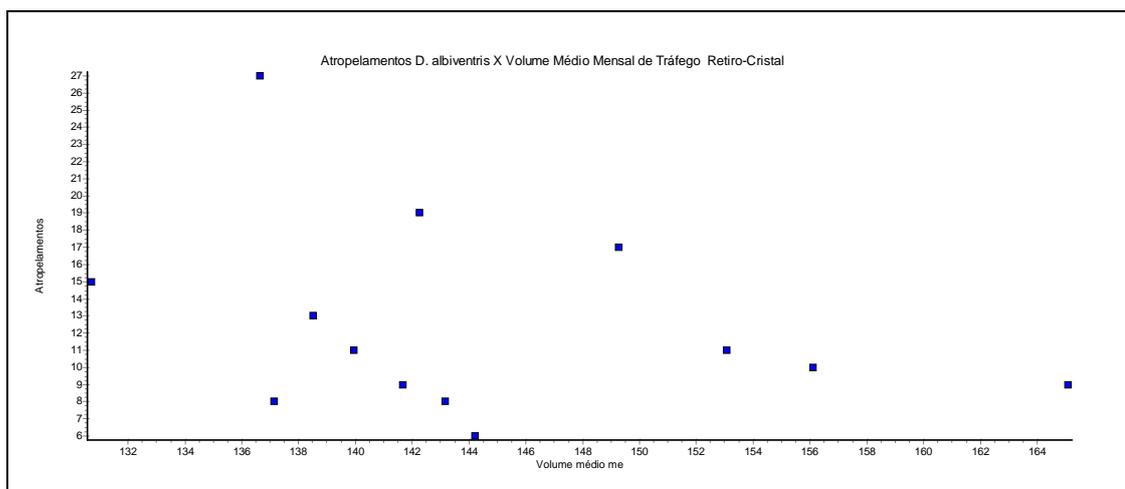
95% confidence interval: -0.7371 to 0.2874

Coefficient of determination (r squared) = 0.09814

Test: Is r significantly different than zero?

The two-tailed P value is 0.2973, considered not significant.

* * *



APÊNDICE N – Comparação do número de atropelamentos entre trechos

Comparação trechos 10 km

Kruskal-Wallis Test (Nonparametric ANOVA)

The P value is < 0.0001, considered extremely significant. Variation among column medians is significantly greater than expected by chance.

The P value is approximate (from chi-square distribution) because at least on column has two or more identical values.

Calculation detail

Number Of Group	Sum of Points Ranks	Mean of Ranks
10 km	131588.5	122.19
20 km	131866.0	143.54
30 km	132519.5	193.81
40 km	132028.0	156.00
50 km	132209.0	169.92
60 km	131944.5	149.58
70 km	132140.5	164.65
80 km	131870.5	143.88
90 km	132895.0	222.69
100 km	132042.5	157.12
110 km	131608.0	123.69
120 km	132070.5	159.27
130 km	131822.0	140.15
140 km	131664.0	128.00
150 km	13834.00	64.154
160 km	132060.0	158.46
170 km	131054.5	81.115
180 km	131027.5	79.038
190 km	131946.0	149.69
200 km	131580.0	121.54
210 km	13630.50	48.500

Kruskal-Wallis StatisticH = 74.716 (corrected for ties)

Dunn's Multiple Comparisons Test

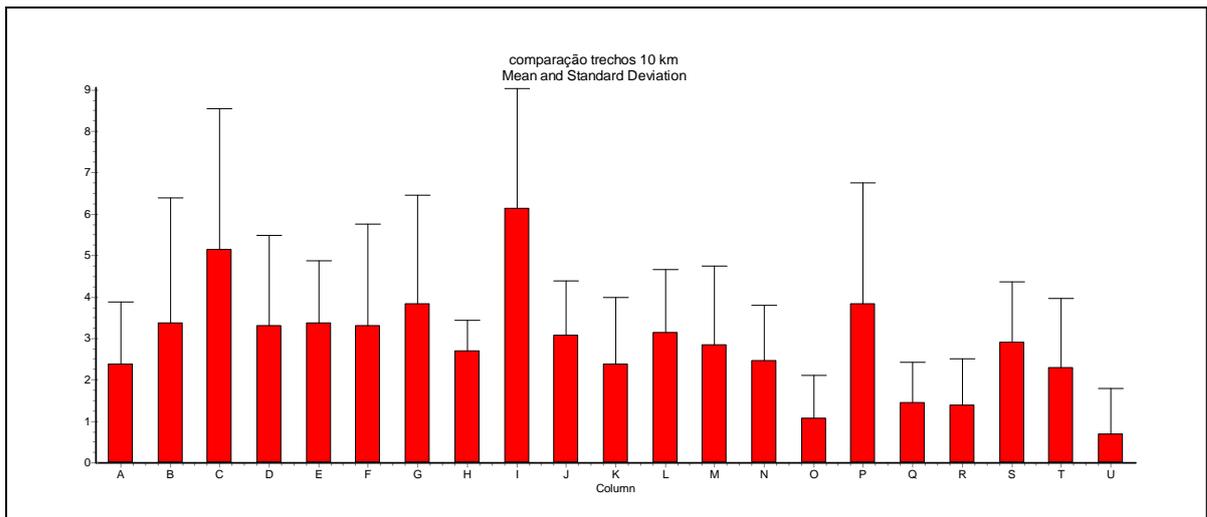
Mean Rank Comparison Difference	P value
30 km vs. 150 km	129.65 *** P<0.001
30 km vs. 170 km	112.69** P<0.01
30 km vs. 180 km	114.77** P<0.01
30 km vs. 210 km	145.31 *** P<0.001
40 km vs. 210 km	107.50* P<0.05
50 km vs. 150 km	105.77* P<0.05
50 km vs. 170 km	88.808ns P>0.05
50 km vs. 180 km	90.885ns P>0.05
50 km vs. 210 km	121.42** P<0.01
60 km vs. 210 km	101.08* P<0.05
70 km vs. 150 km	100.50* P<0.05
70 km vs. 210 km	116.15** P<0.01
90 km vs. 150 km	158.54 *** P<0.001
90 km vs. 170 km	141.58 *** P<0.001
90 km vs. 180 km	143.65 *** P<0.001
90 km vs. 210 km	174.19 *** P<0.001

100 km vs. 150 km	92.962ns	P>0.05
100 km vs. 210 km	108.62**	P<0.01
120 km vs. 150 km	95.115*	P<0.05
120 km vs. 210 km	110.77**	P<0.01
150 km vs. 160 km	-94.308*	P<0.05
160 km vs. 210 km	109.96**	P<0.01
190 km vs. 210 km	101.19*	P<0.05

Summary of Data

Number Of Group	Points	Median	Minimum	Maximum
10	km13	2.000	0.000	6.000
20	km13	3.000	0.000	11.000
30	km13	5.000	1.000	12.000
40	km13	4.000	0.000	7.000
50	km13	3.000	0.000	6.000
60	km13	3.000	0.000	8.000
70	km13	3.000	1.000	8.000
80	km13	3.000	1.000	4.000
90	km13	6.000	1.000	10.000
100	km13	3.000	1.000	5.000
110	km13	2.000	0.000	6.000
120	km13	3.000	0.000	6.000
130	km13	3.000	0.000	6.000
140	km13	2.000	0.000	5.000
150	km13	1.000	0.000	3.000
160	km13	3.000	0.000	8.000
170	km13	1.000	0.000	3.000
180	km13	2.000	0.000	3.000
190	km13	3.000	0.000	6.000
200	km13	2.000	0.000	5.000
210	km13	0.000	0.000	3.000

* * *



8. ANEXOS

Anexo A – Formulário para registro de atropelamento de fauna

REGISTRO DE ATROPELAMENTO DE FAUNA							
Informações gerais do Registro.							
Data:		N° Campanha:		N° Ficha:		Registrou:	
Horário:							
Clima:							
Chuvoso	Semi-chuvoso	Nublado	Parcialmente nublado	Ensolarado			
Dados de Localização							
Coordenadas N			Coordenadas E:			km:	
Lado da Via onde foi encontrada a carcaça:							
Esquerdo				Direito			
Local da Via onde foi encontrada a carcaça:							
Na Pista de Rolamento			No Acostamento		Fora da Via		
Informações da Rodovia							
Número de pistas:				Número de faixas:			
Tipo de pavimento:							
Pavimento Rígido (Cimento)				Pavimento Flexível (CBUQ)			
Divisão entre pistas							
Não apresenta		Canteiro divisório		Defensa metálica		Barreira de concreto	
Trecho com atividade							
Sem atividade				Com atividade			
Tipo de intervenção na obra							
Sem intervenção	Poda	Supressão	Limpeza	Terraplenagem	Asfaltamento	Duplicada	Em operação
Vazamento de alimentos na pista:							
Não				Se sim, qual?			
Características do trecho:							
Urbanizado				Agroecossistema			
Dados de identificação do animal vitimado.							
Grupo taxonômico:							
Invertebrados		Anfíbios		Répteis		Aves	Mamíferos
Nome Comum:							
Espécie:							
Sexo:							
Fêmea			Macho			Indefinido	
Se fêmea, informar:							
Prenhe		Lactante		Com filhotes		Indeterminado	
Estágio de maturação:							
Filhote		Juvenil		Adulto		Indeterminado	
Condições da carcaça:							
Nova				Velha			
Dados de coleta							
Coletado				Não coletado			
Número das fotos:							
Observações gerais:							

REGISTRO DE ATROPELAMENTO DE FAUNA				
Informações gerais do Registro.				
Data:	N° Campanha:	N° Ficha:	Registrou:	
Horário:				
Clima:				
Chuvoso	Semi-chuvoso	Nublado	Parcialmente nublado	Ensolarado
Dados de Localização				
Coordenadas N		Coordenadas E:		km:
Lado da Via onde foi encontrada a carcaça:				
Esquerdo		Direito		
Local da Via onde foi encontrada a carcaça:				
Na Pista de Rolamento		No Acostamento		Fora da Via
Informações da Rodovia				
Número de pistas:		Número de faixas:		
Tipo de pavimento:				
Pavimento Rígido (Cimento)		Pavimento Flexível (CBUQ)		
Divisão entre pistas				
Não apresenta		Canteiro divisório		Defensa metálica
Trecho com atividade				
Sem atividade		Com atividade		
Tipo de intervenção na obra				
Sem intervenção		Poda	Supressão	Limpeza
		Terraplenagem	Asfaltamento	Duplicada
		Em operação		
Vazamento de alimentos na pista:				
Não		Se sim, qual?		
Características do trecho:				
Urbanizado		Agroecossistema		
Dados de identificação do animal vitimado.				
Grupo taxonômico:				
Invertebrados		Anfíbios		Répteis
		Aves		Mamíferos
Nome Comum:				
Espécie:				
Sexo:				
Fêmea		Macho		Indefinido
Se fêmea, informar:				
Prenhe		Lactante		Com filhotes
				Indeterminado
Estágio de maturação:				
Filhote		Juvenil		Adulto
				Indeterminado
Condições da carcaça:				
Nova		Velha		
Dados de coleta				
Coletado		Não coletado		
Número das fotos				
Observações gerais:				