

Carlos Henrique de Freitas

**ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS NAS RODOVIAS MG- 428 E
SP-334 COM ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES E
VALORAÇÃO ECONÔMICA DA FAUNA.**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos
Requisitos para obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Zoologia).

Rio Claro
Julho-2009

Carlos Henrique de Freitas

**ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS NAS RODOVIAS MG - 428
E SP - 334 COM ANÁLISE DOS FATORES CONDICIONANTES E
VALORAÇÃO ECONÔMICA DA FAUNA.**

Tese apresentada ao Instituto de Biociências do
Campus de Rio Claro, Universidade Estadual
Paulista Júlio de Mesquita Filho, como parte dos
Requisitos para obtenção do título de Doutor em
Ciências Biológicas (Zoologia).

Orientador: Prof. Dr. Nivar Gobbi

Co-Orientadora: Prof^a Dr^a Eleonore Zулnara Freire Setz

Rio Claro
Julho – 2009

Freitas, Carlos Henrique.

Atropelamentos de Vertebrados nas Rodovias MG - 428 e SP – 334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da Fauna, 2009 - 85p

Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus de Rio Claro. Departamento de Zoologia

Orientador: Nivar Gobbi

Co - orientadora: Eleonore Zulnara Freire Setz

1- Atropelamentos no Brasil 2. Cerrado 3. Regressão Logística 4. DAP 5. Valoração contingente. I Título

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
(ZOOLOGIA)

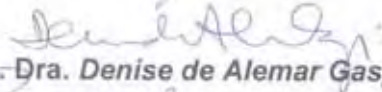
TESE DE DOUTORADO defendida em 16.07.2009:

Atropelamento de vertebrados nas rodovias MG-428 e SP-334 com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna

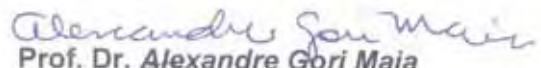
CARLOS HENRIQUE DE FREITAS

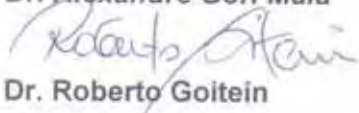
Comissão Examinadora:


Prof. Dr. *Nivar Gobbi*


Profa. Dra. *Denise de Alemar Gaspar*


Prof. Dr. *Ricardo Tadeu Santori*


Prof. Dr. *Alexandre Gori Maia*


Prof. Dr. *Roberto Goitein*

**Ao futuro de um cadáver que hoje jaz sobre a
rija estrada, onde o ciclo se reinicia e a semente
para o caminho da vida está lançada.**

**A minha esposa Adriana
e o meu filho Cauê,
companhias fundamentais e
alicerces para o futuro.**

**E aos meus pais, Denizar Alves de Freitas e Rosa Maria Casadei de Freitas
que acreditaram no meu trabalho e sempre estiveram dispostos a ajudar,
iluminar e amparar.**

AGRADECIMENTOS

- Ao orientador Prof. Dr Nivar Gobbi e a co-orientadora Prof^ª Dr^ª Eleonore Zulnara Freire Setz simplesmente por irem muito além de uma mera orientação de tese. Por serem colaboradores e parceiros, idealistas e entusiastas perspicazes, por algumas vezes pais severos e por outras, amigos e carinhosos, mas principalmente, pelo histórico de apoio a pesquisa e exemplos a serem seguidos.
- A UNESP – Rio Claro pela oportunidade de realizar este trabalho e por oferecer todos os conhecimentos adquiridos ao longo destes, já saudosos, quatro bons e proveitosos anos.
- Ao Centro Universitário do Planalto de Araxá (UNIARAXÁ) pelo apoio financeiro e todo o suporte que foi oferecido na realização deste trabalho.
- Ao Prof. Dr. José Salatiel Rodrigues Pires da UFSCar, pela prontidão em nos atender e auxiliar com o nascimento da idéia desta tese.
- Ao Dr John A. Bissonete do *U. S. Geological Survey, Utah Cooperative Fish and Wildlife Research Unit, College of Natural Resources and Utah State University* pela atenção dispensada com a metodologia de valoração de fauna, envio de bibliografia pertinente e correção do abstract.
- Aos Profs. Drs Ademar Ribeiro Romeiro e Alexandre Gori Maia, pelas valiosas orientações iniciais acerca do método da valoração contingente.
- A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais e ao UNIARAXÁ pela concessão de duas bolsas de iniciação científica as alunas do curso de Ciências Biológicas Jéssica Elias Reis e Carla da Silva Justino, sem as quais este trabalho ficaria incompleto e não renderia tantos frutos.
- Aos Profs Drs Betina Rodrigues da Cunha e Vitor Alberto Matos pela experiência compartilhada ao final do trabalho e pelo apoio consistente e firme.
- Ao Prof. Dr. Woodruff Whitman Benson pelas dicas estatísticas e apoio ao projeto.
- Ao Prof. Dr. Gilberto Antônio de Oliveira (*in memorian*) que tornou minha vida mais amena e feliz durante meus quatro anos iniciais em Araxá e hoje permanece vivo na minha memória, sendo um eterno exemplo de dedicação e inteligência na carreira acadêmica.
- Ao professor e empreendedor do Marketing, Wagner de Freitas Oliveira por ter possibilitado a ótima campanha de entrevistas com todo o material produzido pelo projeto “Estrada Ecológica” em parceria com o grupo ZEMA.
- Ao grupo ZEMA, na pessoa de seu fundador e Presidente Sr Ricardo Zema, pelo apoio financeiro incondicional e por acreditarem na causa ambiental.
- As Polícias Militares Rodoviárias dos Estados de São Paulo e Minas Gerais, respectivamente, através dos Tenentes Cláudio Ferreira da Silva e Aauto Ferreira da Silva

pela ótima prestação de serviços fornecidos pelos seus comandados na realização das entrevistas de valoração contingente.

- Ao amigo e ornitólogo, professor da Universidade de Franca Prof. MSc. Tadeu Artur de Melo Júnior, pela identificação precisa das aves, pelo entusiasmo e pela confiança neste trabalho.

- Ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) pela concessão de autorização para a realização das coletas de campo.

- Ao Prof. Dr. Célio F. B. Haddad pela excelente disciplina de Biologia de Anfíbios e pela identificação das espécies deste trabalho, além de nos possibilitar uma ótima referência em pesquisa.

- Ao Prof. MSc. Paulo Manzani pela identificação dos répteis, prestatividade e correção das informações.

- As gentis amigas e parceiras, Prof^a Dr^a Danielle Rodrigues dos Santos e Prof^a MSc Camilla Moreira Ribeiro pelas produtivas discussões, troca de experiências e incentivo constante.

- Ao Bebê, hoje, Dr. Aloysio da Biologia Vegetal, pela grande hospitalidade em Rio Claro, pelos altos papos, coleta e envio de bibliografias, entrega de documentos e valiosas dicas acadêmicas, valeu compadre!

- Ao biólogos e amigos Rui Cristiano Dias (Ruiô), Marcos Domingos, que se dispuseram a observar animais mortos desde o princípio e colaboraram intensivamente com sua energia, empolgação e idéias oportunas. Ao Rui também pelo auxílio nas coletas e agradável companhia, além de irradiar paixão pelo meio ambiente.

- As alunas Jéssica e Carla por terem feito um belo trabalho de iniciação científica.

- Aos preciosos alunos e biólogos Átila, William, Cristiano, Roberta e Gabriel pela grande ajuda nas coletas e prazerosos momentos de permuta no ensinar e aprender.

- A todos os alunos do Centro Universitário do Planalto de Araxá - UNIARAXÁ que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho, tornando-me forte, experiente, paciente e sobretudo, professor e pesquisador.

- A todos aqueles que de uma forma ou outra contribuíram para a plena realização desta tese, meu muito obrigado.

- A Deus e a natureza, ou vice-versa, por proporcionarem um mundo magnífico de idéias e problemas, com soluções simples em lugares inesperados.

RESUMO

As estradas causam a mortalidade de animais, bem como a remoção de habitats, a fragmentação da paisagem, o efeito de borda e criam uma barreira física a muitas espécies. Alguns fatores estão relacionados aos atropelamentos, como por exemplo tipo de acostamento, topografia e vegetação. O desenho da estrada (curva ou reta) tem influência na velocidade dos veículos e é um importante fator condicionante que necessita ser considerado. Além disso, os atropelamentos podem atrair animais necrófagos ou domésticos (cães e gatos) para as carcassas, aumentando a probabilidade de novos atropelamentos. Embora vários estudos sobre atropelamentos de vertebrados tenham sido publicados no mundo, poucos tem documentado a mortalidade no Brasil. Nós realizamos um estudo que focou nos fatores causais bem como no valor (Disposição A Pagar – DAP) dos animais mortos em colisões com veículos. Nossa proposta foi documentar a composição de espécies e a riqueza e compreender os fatores espaciais e temporais relacionados a mortalidade na rodovia. Nós registramos e identificamos as espécies e o número de vertebrados atropelados em dois trechos de rodovias estaduais (97 Km da MG-428 e 63 Km da SP-334) no sudeste do Brazil. As rodovias foram amostradas semanalmente, de janeiro a dezembro de 2007. Além disso medidas de variáveis explanatórias relacionadas as estradas foram incluídas: tipo de acostamento, topografia, tipo de vegetação e desenho da estrada. Nós usamos estes dados para examinar a relação entre as variáveis explanatórias e a mortalidade dos grupos de vertebrados nas estradas ao longo do tempo. Foi realizado o teste do qui-quadrado de aderência para examinar a distribuição espacial dos atropelamentos. Nós também entrevistamos 601 motoristas para obter a disposição a pagar (DAP) pela conservação da fauna. Usamos a regressão logística para estabelecer a relação entre as variáveis independentes com a localização e o número de atropelamentos registrados. Usamos a correlação linear para examinar como certos aspectos do perfil do usuário (a saber: renda mensal, nível de escolaridade e frequência de uso da rodovia) estiverem relacionados à disposição a pagar pela conservação. Adicionalmente, nós usamos os testes não-paramétricos de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis para verificar diferenças nos valores da DAP. Nós encontramos 746 animais atropelados representando 118 espécies de vertebrados. Aves compreenderam 48,1% de todos os atropelamentos, mamíferos (36,7%), animais domésticos (17,6%), anfíbios (9,1%) e répteis (6,2%). Os répteis foram proporcionalmente e mais frequentemente atropelados durante a estação chuvosa, enquanto

carnívoros e animais domésticos (cães) foram atropelados com maior frequência durante a estação seca. Os atropelamentos foram agregados (MG - 428 $\chi^2 = 124.23$, $p = 0.03$ e SP - 334 $\chi^2 = 150.87$, $p < 0.001$) nas duas estradas. O valor médio da DAP para todos os usuários foi R\$ 2,17 \pm 2,53 (US\$ 0.95 \pm 1.10, cotação 01/04/09). A renda mensal, nível de escolaridade e frequência de uso da rodovia foram positivamente correlacionados com a DAP. Nosso estudo sugere que a maioria dos usuários poderia contribuir quase que igualmente, isto é, tiveram valores de DAP similares. Com base na média diária do fluxo de veículos, no intervalo de confiança da DAP e valores dos prejuízos e perdas de veículos, nós estimamos que os custos anuais dos atropelamentos de animais foram entre R\$ 3,48 e 4,54 milhões (US\$ 1,5 e 2,0 milhões). Oitenta e oito por cento dos usuários estiveram dispostos a pagar. Nós consideramos o método usado muito eficiente, dadas algumas restrições. Está claro que a maioria das pessoas desconhecem a magnitude do problema dos atropelamentos de animais. A estratégia de utilizar fotos de animais mortos nas rodovias para a obtenção dos dados de disposição a pagar dos usuários, pode muito bem influenciar suas repostas.

PALAVRAS-CHAVE: Atropelamentos no Brazil.Cerrado. Regressão Logística. DAP. Valoração contingente.

ABSTRACT

Roads result in mortality on the road as well as habitat removal, landscape fragmentation, edge effects, and pose a physical barrier to many species. Some roadside factors are related to road-kills, e.g., type of shoulder, topography, and vegetation. Road alignment (curved or straight) has an influence on vehicle speed and is an important conditioning factor needing consideration. Additionally, road-kills may attract scavengers or domestic animals (cats and dogs) to carcasses, increasing the probability of new road-kills. Although many studies on vertebrate road-kill have been published around the world, few have documented road mortality in Brazil. We conducted a study that focused on causal factors as well as the value (Willingness To Pay) of animals killed by vehicle collisions. Our purpose was to document species composition and richness and to understand the spatial and temporal patterns of road-related mortality. We recorded the number and species identification of vertebrates killed on two state roads segments (63 Km of SP - 334 and 97 Km of MG - 428) in southeastern Brazil. The roads were surveyed weekly from January to December 2007. Additional road related explanatory variables measured, included: type of shoulder, topography, vegetation type, and road design. We used that data to examine correlations between the explanatory variables and the mortality of vertebrate groups on the roads over time. We performed the chi-square goodness of fit to examines the spatial road-kills distribution. We also interviewed 601 vehicle drivers to assess their Willingness To Pay (WTP) for fauna conservation. We used logistic regression to relate the independent variables with the location and number of mortalities we recorded. We used linear correlation to examine how certain aspects of the user profile (namely, monthly income, education level, and frequency of road use) were related to the user's willingness to pay for conservation. Additionally, we used Kruskal-Wallis and Mann-Whitney non-parametric analyses to test for differences in the WTP values. We found 746 road-caused mortalities representing 118 vertebrate species. Birds comprised 48.1% of all mortalities, mammals (36.7%), domestic animals (17.6%), amphibians (9.1%) and reptiles (6.2%). Reptiles were proportionally more frequently killed during the rainy season, while carnivores and domestic animals (dogs) were killed more frequently during the dry season. Road-kills were aggregated (MG-428 $\chi^2 = 124.23$, $p = 0.03$ and SP - 334 $\chi^2 = 150.87$, $p < 0.001$) on both roads. The mean WTP value for all road users was US\$ 0.95 \pm 1.10 (04/01/2009 dollar quotation). Monthly income, level of education, and road use

frequency were positively correlated with WTP. Our study suggested that most users would contribute about equally; i.e., had similar WTP values. Given the average mean daily traffic volume, the WTP confidence interval, and values for vehicle damage and loss, we estimated that the annual costs of animal-vehicles collisions were between US\$ 1.5 and 2.0 million (04/01/2009 dollar quotation). Eighty-eight percent of users were willing to pay. We considered the method we used to be very efficient, given our constraints. It is clear that people are largely unaware of the magnitude of the animal-vehicle collision problem. A strategy involving using photos of road-killed animals when obtaining data on willingness to pay from drivers may well influence their responses.

KEY-WORDS: Road-kill. Brazil.Cerrado. Logistic Regression. WTP. Contingent Valuation.

SUMÁRIO

	Pág.
I - Introdução Geral e Revisão da Literatura.....	01
II – Literatura Citada.....	07
Capítulo 1 – Atropelamentos de vertebrados em área de cerrado no sudeste do Brasil: composição e riqueza de espécies.....	12
I - Introdução.....	12
II – Material e Métodos.....	14
Área de estudo.....	14
Rodovias.....	15
Métodos.....	18
Análise dos dados.....	18
Riqueza de espécies.....	19
III – Resultados.....	19
Distribuição temporal dos atropelamentos.....	27
Riquezas de espécies.....	28
IV – Discussão.....	30
V – Referências Bibliográficas.....	36
Capítulo 2 – Distribuição espacial dos atropelamentos de vertebrados no sudeste do Brasil e associação com fatores condicionantes.....	41
I – Introdução.....	41
II – Material e Métodos.....	42
Área de Estudo.....	42
Rodovias.....	43
Métodos.....	46
Análise dos dados.....	46
III – Resultados.....	48
IV – Discussão.....	55
V – Referências Bibliográficas.....	59
Capítulo 3 – Disposição a pagar (DAP) dos usuários das rodovias SP 334 e MG 428 pela conservação de vertebrados atropelados: estimativa dos impactos econômicos.....	64

I – Introdução.....	64
II- Material e Métodos.....	66
Coleta de dados.....	66
Análises estatísticas.....	68
III – Resultados.....	69
IV – Discussão.....	74
VI – Referências Bibliográficas.....	78
Considerações Finais.....	82
Anexo I – Planilha de Campo.....	86
Anexo II – Planilha Entrevistas Valoração Contingente.....	87
Anexo III – Fotos dos três capítulos.....	88

I – INTRODUÇÃO GERAL E REVISÃO DA LITERATURA

As estradas infligem grandes impactos ao ambiente, principalmente a remoção direta do hábitat durante a construção da rodovia, produzindo um ambiente físico e químico diferente daquele das áreas adjacentes, além de alterar a hidrologia através da interrupção e redirecionamento do fluxo de água sobre a terra. E, de outro modo, produzem elevadas concentrações de metais pesados e sais nas regiões adjacentes, devido às emissões dos veículos e atividades de manutenção da rodovia (HAWBAKER & RADELOFF, 2004). Também desencadeiam a fragmentação dos habitats, produzindo bordas de alto contraste em paisagens de matas contínuas, o que isola os animais, impedindo o movimento de alguns e provocando a mortandade por atropelamentos em muitos (OXLEY *et al.*, 1974; BONNET & NAULLEAU, 1996; FORMAN *et al.*, 2003; HAWBAKER & RADELOFF, 2004; Figura 1).

Os primeiros estudos com atropelamentos datam do início da era automotiva. Em meados do século XIX, Henry David Thoreau descreveu os resultados de um choque entre a roda de um vagão e uma tartaruga e em 1895 Barbour relata mortes de aves causadas pelas estradas de ferro do estado de Nebraska nos Estados Unidos (FORMAN *et al.*, 2003). Muitos artigos do início do século dezenove registraram mortes de vertebrados em estradas (WHITE, 1927 e 1929; BLOCHER, 1926, 1927 e 1936; BRYENS, 1931; BAUMGARTNER, 1934; RUSSEL, 1938 *apud* FORMAN *et al.*, 2003).



Figura 1 - Efeitos das estradas: individualmente, nos animais, e nas populações selvagens. (Modificado de FORMAN *et al.* 2003).

Segundo STONER (1925) *apud* PUGLISI *et al.* (1974) a mortandade causada por veículos motorizados já era um problema desde o início de 1924 quando as mortes de mamíferos, répteis e aves já eram registradas nos Estados Unidos.

Os atropelamentos da fauna selvagem são um sério problema em malhas rodoviárias desenvolvidas e em desenvolvimento ao redor do mundo (SAEKI & MACDONALD, 2004). Na Inglaterra os atropelamentos foram considerados a principal causa de mortes de texugos (*Meles meles*), onde foram encontrados em um ano, 984 animais mortos em estradas do sudeste e sudoeste do país (DAVIES *et al.*, 1987). Neste e em outros estudos parece haver uma certa sazonalidade nos atropelamentos, com picos na primavera e no verão (Anfíbios: DAVIES *et al.*, 1987; Répteis: ROSEN & LOWE, 1994; KOENIG *et al.*, 2002; Aves e mamíferos: McCLURE, 1951; Mamíferos: BELLIS & GRAVES, 1971; LOUGHRY & McDONOUGH, 1996; SAEKI & MACDONALD, 2003).

KOENIG *et al.* (2002), baseando-se em registros de animais resgatados pelo serviço de informação e resgate da vida selvagem na Austrália, encontrou que os atropelamentos são a terceira maior causa de mortandade de lagartos (*Tiliqua scincoides*) e que o pico de salvamento de animais feridos por colisões com veículos, ocorre na primavera, indicando sazonalidade.

Segundo HELS & BUCHWALD (2001) o impacto das rodovias sobre a fauna pode ser verificado de duas maneiras principais: diretamente, ao permitir o atropelamento e morte dos indivíduos e indiretamente, através da fragmentação e isolamento das populações. Estes ainda consideram uma mortandade de mais de 25% para *Pelobates fuscus* e 21% pra *Rana temporaria/Rana arvalis* como tendo um efeito significativo na população destas espécies de anfíbios na Dinamarca. Cerca de 5,5 milhões de répteis e sapos são mortos anualmente nas rodovias da Austrália (EHMANN, 1985).

Podem ser enumerados vários fatores que influenciam os atropelamentos de animais nas estradas, mas, segundo FORMAN *et al.* (2003) estes podem ser resumidos em apenas três grupos:

- Velocidade dos veículos e volume de tráfego;
- Características da paisagem;
- Comportamento e ecologia das espécies.

SAEKI & MACDONALD (2003) registraram que o aumento da mortalidade de um canídeo (*Nyctereutes procyonoides*) por atropelamentos esteve positivamente correlacionada com o volume do tráfego e o tamanho da estrada no Japão. E, na Dinamarca, foi calculado

através de modelos matemáticos baseados na velocidade dos animais e intensidade do tráfego que a probabilidade de ser atropelado aumenta com o aumento no número de veículos por dia, diminuindo com o aumento da velocidade dos animais em anfíbios e mamíferos (HELMS & BUCHWALD, 2001).

A presença de corpos de água e vegetação próxima das rodovias, bem como de pontes que são utilizadas por alguns animais como corredores de conexão entre ambientes e o aumento da densidade de estradas por quilômetro quadrado de área geográfica são alguns fatores da paisagem que influenciam o aumento no número de atropelamentos de vertebrados e diminuição local das populações (van der ZEE *et al.*, 1992; PHILCOX *et al.* 1999; HUBBARD *et al.*, 2000; DIAS & FREITAS, 2005).

Para as espécies que possuem maior área de vida o impacto pode ser ainda maior. Em estudo realizado com o puma (*Puma concolor coryi*) na Florida, Estados Unidos, os atropelamentos isoladamente provocaram 49% de todas as mortes registradas para a espécie (MAEHR *et al.*, 1991). No sul da Califórnia é a única e mais importante causa de mortalidade da espécie (*P. concolor*). Entretanto, enquanto o efeito de mortalidade das estradas nas populações selvagens aumenta durante uma ou duas gerações após a rodovia ter sido instalada, os efeitos das estradas como barreiras provavelmente levarão várias gerações para serem observados (FORMAN *et al.*, 2003).

Em Testudines do estado de Nova York nos Estados Unidos (*Chrysemis picta* e *Chelydra serpentina*) a mortalidade nas estradas teve um grande potencial de alterar a estrutura de populações naturais devido a grande sensibilidade de fêmeas adultas aos atropelamentos (STEEN & GIBBS, 2004). Entretanto, modelos que propõe o uso de atropelamentos para obter dados sobre densidade e demografia de populações naturais devem ser analisados com cuidado, pois muitos fatores podem estar enviesando as análises, como a habilidade do pesquisador/coletor/auxiliar para identificar carcaças enquanto viaja em um veículo, taxas diferenciadas de decomposição em diferentes épocas do ano, atividades diferenciadas dos animais, além de alterações nas estradas provocadas pelo homem (LOUGHRY & MACDONOUGH 1996; BAKER *et al.* 2004).

No Brasil, estudos sobre atropelamentos de vertebrados tem crescido recentemente. O primeiro trabalho publicado sobre o assunto foi realizado há mais de duas décadas, e nos últimos anos houve um crescimento no número de trabalhos sobre o assunto, entretanto ainda não há divulgação de registros oficiais, tendo sido encontrado apenas um projeto no rio Grande do Sul (DNER/IME, 2001). E até hoje seis estudos publicados e três dissertações de mestrado foram realizados especificamente sobre o assunto (NOVELLI *et al.*, 1988; VIEIRA,

1996; FISCHER, 1997; RODRIGUES *et al.*, 2002; PRADA 2004; BAGATINI, 2006; PRADO *et al.*, 2006; MELO & SANTOS-FILHO, 2007; PFEIFER *et al.*, 2008).

No primeiro estudo, NOVELLI *et al.* (1988) registrou 144 aves mortas, de oito ordens, 13 famílias e 15 espécies na BR – 471, entre a Vila da Quinta e a Estação Ecológica do Taim no Rio Grande do Sul. Já no segundo trabalho publicado, VIEIRA (1996) encontrou 82 mamíferos atropelados de 15 espécies, apresentando uma estimativa de 730 exemplares de mamíferos atropelados em um ano, entre Brasília-DF e Belo Horizonte na rodovia BR-040 e entre Brasília e Campinas-SP, nas rodovias BR 040, BR 050 e SP 330.

FISCHER (1997) encontrou uma diversidade de 84 espécies de vertebrados atropelados totalizando 1402 exemplares em um trecho da BR – 262 no Pantanal. Enquanto PRADA (2004) trabalhou no entorno de três unidades de conservação no estado de São Paulo (Estação Ecológica de Jataí, Parque Estadual de Vassununga e Área de Relevante Interesse Ecológico Cerrado Pé-de-Gigante) e registrou em um ano, 596 atropelamentos de vertebrados de 81 espécies, sendo 45 espécies de aves e 23 de mamíferos, somando-se ainda répteis (11 espécies) e anfíbios (duas espécies). RODRIGUES *et al.* (2002) e BAGATINI (2006) realizaram estudos na região do planalto Central, na Estação Ecológica de Águas Emendadas, tendo encontrado centenas de exemplares atropelados, entre eles o lobo-guará (*Chrysocyon brachiurus*) espécie ameaçada pelos atropelamentos.

Os demais estudos foram realizados em Goiânia (PRADO, 2006), Cáceres, Mato Grosso (MELO & SANTOS-FILHO, 2007) e no Rio Grande do Sul (PFIFER *et al.* 2008), todos em rodovias federais, com uma média de 53 espécies de vertebrados atropelados e altos índices anuais de atropelamentos (>3 exemplares/Km/ano).

Em um estudo piloto, na região de Araxá e Franca, foram encontrados 36 mamíferos, pertencentes à pelo menos 10 espécies de médio e grande porte mortos em trechos de quatro rodovias durante cerca de um ano (BR-262, BR-050, MG-428 e SP-334, n_{total} = 300 Km) sendo registrados quatro tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e obtendo-se uma estimativa de *ca.* 266 mortes de mamíferos por ano (FREITAS & DIAS, 2004).

Nos Estados Unidos, MCCLURE (1951) verificou 51 espécies de aves e 15 de mamíferos atropelados em um período de três anos no estado americano de Nebraska, com uma amostra de *ca.* de 124 mil quilômetros (77 mil milhas), fato que revela a diferença na diversidade de espécies entre aquele país e o Brasil.

Além da ocorrência das espécies, os atropelamentos podem fornecer dados sobre demografia e estrutura de uma população (LOUGHRY & McDONOUGH, 1996; SAEKI & MACDONALD, 2003; STEEN & GIBBS, 2004), distribuição espacial (SAEKI &

MACDONALD, 2003; DODD JR *et al*, 2004; STEEN & GIBBS, 2004), deslocamentos e padrão de atividades diárias (PUGLISI *et al*, 1974; MADER, 1984; HELS & BUCHWALD, 2001; STEEN & GIBBS, 2004), bem como prejuízos causados aos humanos e veículos (REED *et al.*, 1982; ROMIN & BISSONETTE, 1996; BISSONETE *et al.*, 2008). É possível ainda ter dados precisos dos riscos que os animais correm ao transpor uma rodovia e fazer análises de custo benefício na adoção de medidas mitigadoras (HELS & BUCHWALD, 2001; REED *et al*, 1982). Além disso, colisões com grandes animais e tentativas dos motoristas de evitar estas colisões podem resultar em perdas humanas, grandes danos aos veículos e a mortalidade de espécies ameaçadas da fauna (*Odocoileus virginianus* - BELLIS & GRAVES, 1971; *Myrmecophaga tridactyla* – FREITAS & DIAS, 2004).

Segundo os dados de ROMIN & BISSONETTE (1996), com base em valores de animais caçados (valor de uso direto), os prejuízos econômicos com acidentes envolvendo veículos e cervos (*Odocoileus spp.*) nos Estados Unidos em 1980, seriam, grosso modo, da magnitude de 260 milhões de dólares anuais, excluindo-se os prejuízos para conserto.

O impacto da caça e destruição de habitats sobre a fauna em florestas tropicais tem sido amplamente reconhecidos (CHIARELLO, 1999; MYERS, 2000). Entretanto, impactos sobre populações de vertebrados nos períodos de construção e pós-construção das rodovias no Brasil são escassos (*obs. pess.*).

Desta forma, este estudo buscará preencher parte desta lacuna, quantificando os atropelamentos de vertebrados em duas rodovias estaduais de dois importantes estados brasileiros, além de proceder a análise dos fatores condicionantes dos atropelamentos, principalmente os ligados a estrada, como o desenho da rodovia, a presença de acostamento e construções, a paisagem, topografia, altitude, presença e tipo de vegetação e aos animais, como o comportamento e ocorrência em locais com um número de carcaças atropeladas maior que a média, além da quantificação dos impactos ecológicos e econômicos destes atropelamentos junto a população de motoristas da rodovia.

Para a análise dos prejuízos ecológicos será feita a valoração econômica dos vertebrados atropelados com a utilização do método da valoração contingente. Trata-se de uma metodologia utilizada de forma costumeira como mecanismo econômico de estimação dos custos ambientais ou do valor de recursos naturais, sendo amplamente aceita por organismos internacionais (MAIA, 2002). Trata-se de captar a disposição a pagar (DAP) ou a disposição a aceitar (DAC) das pessoas em relação a um determinado recurso, procurando, dessa forma estimar o valor máximo (DAP) ou mínimo (DAC) atribuídos por uma população a um recurso (MAIA, 2004; FREITAS, *obs. pess.*).

Na Austrália, TISDELL & WILSON (2004) captaram a DAP da população de Brisbane, em relação à conservação de cangurus das árvores (*Dendrolagus spp.*) em dois momentos, um antes e outro depois de receberem mais informações e conhecimento sobre espécies ameaçadas daquele país. Os autores então verificaram que, com o aumento do conhecimento sobre as espécies, a DAP da população aumentava proporcionalmente e o suporte para a espécie também crescia na medida que se registrava a ocorrência de outras espécies ícones mais conhecidas (coalas e cangurus).

NEWELL (1999) postula que enquanto a ciência não conscientizar a população, através de vários artigos sobre o assunto, não haverá avanços significativos nas medidas de conservação adotadas.

No Brasil, poucos trabalhos de valoração de fauna tem sido feitos (BEGOSSI & RICHERSON, 1993; MAY *et al.*, 1999) e a valoração de animais mortos em colisões com veículos, até a presente data é desconhecida. Assim, além de servir como um importante parâmetro para estimar os custos econômicos da perda de indivíduos, a valoração de fauna também poderá representar um ótimo instrumento de conscientização da população nas áreas de estudo – no momento da apresentação dos cenários durante a aplicação dos questionários. Servindo ainda como estudo pioneiro da valoração contingente aplicada aos atropelamentos de vertebrados.

Para demonstrar que os efeitos das rodovias na fauna de vertebrados no sudeste do Brasil podem ser muito mais impactantes do que se imagina. E que podem ser até mesmo maiores que os impactos da devastação, a caça ou o comércio ilegal (HELS & BUCHWALD, 2001; FORMAN *et al.*, 2003; SAEKI & MACDONALD, 2004), escolheram-se para a realização do trabalho duas rodovias estaduais: uma no estado de Minas Gerais e outra no de São Paulo, ambas cortando áreas fragmentadas com vários tipos de vegetação e paisagens.

Desta forma, a tese está estruturada da seguinte maneira: no 1º Capítulo será apresentada a descrição das espécies atropeladas, sua composição e riqueza, de maneira a se estabelecer um panorama geral dos vertebrados atropeladas nas rodovias e no Brasil, com o objetivo de facilitar a compreensão e as discussões a serem realizados nos demais capítulos. No 2º capítulo é apresentada a distribuição espacial e são apresentados os fatores condicionantes associados aos atropelamentos de vertebrados e no 3º é apresentada a metodologia da valoração contingente através da obtenção da DAP dos usuários das rodovias e são elaboradas as estimativas do impacto econômico dos atropelamentos de vertebrados na região e no Brasil.

II- LITERATURA CITADA

- BAKER, P. J.; HARRIS, S.; ROBERTSON, C. P. J.; SAUNDERS; WHITE, P. C. L. Is it possible to monitor mammal population changes from counts of road traffic casualties? An analysis using Bristol's red foxes *Vulpes vulpes* as an example. *Mammal Review* 34 (1): p. 115-130, 2004.
- BAGATINI, T. Evolução dos índices de atropelamento de vertebrados silvestres nas rodovias do entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas, DF, Brasil, e eficácia de medidas mitigadoras. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília (UnB), Brasília – DF: 55p.
- BEGOSSI, A. & RICHERSON, P.J. Biodiversity, family income and ecological niche: a study on the consumption of animal foods on Buzios Island (Brazil). *Ecology of food and nutrition* 30 (1): p. 51-61, 1993.
- BISSONETTE, J. A.; KASSAR, C. A. & COOK, L. J. Assessment of costs associated with deer-vehicle collisions: human death and injury, vehicle damage, and deer loss. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1): p. 17-27, Spring, 2008.
- BONNET, X.; NAULLEAU, G. Catchability in snakes: consequences for estimates of breeding frequency. *Canadian Journal of Zoology* 74: p. 233-239, 1996.
- BELLIS, E. D.; GRAVES, H. B. Deer mortality on a Pennsylvania interstate highway. *Journal of Wildlife Management* 35 (2): p. 232-237, 1971.
- CHIARELLO, A. O. Effects of fragmentation of the Atlantic forest on mammal communities in south-eastern Brazil. *Biological Conservation* 89: p. 71-82, 1999.
- CLEVINGER, A. P.; BRYAN, C. & GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road –kill aggregations. *Biological Conservation* 109: p. 15-26, 2003.
- DAVIES, J. M.; ROPER, T. J. & SHEPHERDSON, D. J. Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology, London* 211: p. 525-529, 1987.
- DIAS, R. C. & FREITAS, C. H. Vertebrate road-kills on BR-262 highway in southeastern Brazil. The Association for Tropical Biology Conservation Annual Meeting - Frontiers in Tropical Biology and Conservation, Uberlândia, Brazil: p. 139, 2005.

- DNER/IME. Projeto de Ampliação da Capacidade Rodoviária das Ligações com os Países do Mercosul BR-101 Florianópolis (SC) - Osório (RS) - Programa de Proteção a Fauna e Flora, Subprograma de proteção à fauna. Convênio Departamento Nacional de Estradas de Rodagem (DNER), Ministério dos Transportes e Instituto Militar de Engenharia (IME), Ministério da Defesa: p. 1 – 34, 2001.
- DODD Jr., C. K.; BARICHIVICH, W. J. & SMITH, L. L. Effectiveness of a barrier wall and culverts in reducing wildlife mortality on a heavily traveled highway in Florida. *Biological Conservation* 118: p. 619-631, 2004.
- EHMANN, H. & COGGER, H. G. Australia's endangered herpetofauna: A review of criteria and policies. *In*: GRIGG, G.; SHINE, R. & EHMANN, H. *The biology of Australasian frogs and reptiles*. Surrey Beatty and Royal Society of New South Wales, Sydney, Australia: p. 435-447, 1985.
- FISCHER, W.A. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal-MS. Dissertação de mestrado, UFMS, Corumbá. 44 p.,1997.
- FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T. & WINTER, T. *C. Road ecology – Science and solutions*. Island Press, Washington, DC, 482 p., 2003.
- FREITAS, C. H.; DIAS, R. C. Estudo dos atropelamentos fatais de mamíferos silvestres no triângulo mineiro e nordeste do estado de São Paulo. Livro de resumos do XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, Brasília – DF: p. 275, 2004.
- HAWBAKER, T. J. & RADELOFF, V. C. Roads and landscape pattern in northern Wisconsin based on a comparison of four road data sources. *Conservation Biology* 18 (5): p. 1233-1244, 2004.
- HUBBARD, M. W.; DANIELSON, B. J.; SCHMITZ, R. A. Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64: p. 707-712, 2000.
- HELMS, T. & BUCHWALD, E. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: p. 331-340, 2001.

- KOENIG, J.; SHINE, R. AND SHEA, G. The dangers of life in the city: patterns of activity, injury and mortality in suburban lizards (*Tiliqua scincoides*). *Journal of Herpetology*, 36 (1): p. 62–68, 2002.
- LOUGHRY, W. J. & McDONOUGH, M. Are road kills valid indicators of armadillo population structure? *American Midland Naturalist* 135: p. 53–59, 1996.
- MADER, H. J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: p. 81-96, 1984.
- MAIA, A. G. Valoração de recursos ambientais. Dissertação de mestrado, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas – SP, 2002.
- MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R. & REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações. Texto para discussão, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), nº 116: p.1–38, 2004.
- MAY, P. H.; NETO, F. C. V.; POZO, O. V. C. Valoração econômica da biodiversidade no Brasil: revisão da literatura. III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica-ECO-ECO, Recife - PE: 18 p., 1999.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403: p. 853-858, 2000.
- MCCLURE, E. H. An analysis of animal victims on Nebraska's highways. *Journal of Wildlife Management* 15 (4): p. 410-420, 1951.
- MAEHR, D. S.; LAND, E. D.; ROELKE, M. E. Mortality patterns of panthers in Southwest Florida. *Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies* 45: p. 201-207, 1991.
- MELO, E. S. & SANTOS-FILHO, M. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados terrestres. *Zoociências* 9(2): p. 185-192, 2007.
- NEWELL G.R. Australia's tree-kangaroos: current issues in their conservation. *Biological Conservation* 87 (1): p. 1-12, 1999.

- NOVELLI, R.; TAKASE, E. & CASTRO, V. Study of birds killed by collision with vehicles in a stretch of highway BR-471, between Quinta and Taim, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 5(3): p. 441-454, 1988.
- OXLEY, D. J.; FENTON, M. B.; CARMODY, G. R. The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11: p. 51-59, 1974.
- PHILCOX, C. K.; GROGAN, A. L.; MACDONALD, D. W. Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: p. 748-762, 1999.
- PFEIFER, I.; KINDEL, A. & COELHO, A. V. P. Road-kills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54: p. 689-699, 2008.
- PRADA, C. S. Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), São Carlos, São Paulo: 129 p., 2004.
- PRADO, T.R.; FERREIRA, A. A. & GUIMARÃES, Z. F. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, Maringá 28(3):237-241, 2006.
- PUGLISI, M. J.; LINDZEY, J. S. & BELLIS, E. D. Factors associated with highway mortality of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 38 (4): p. 799-807, 1974.
- REED, D. F.; BECK, T. D. I. & WOODARD, T. N. Methods of reducing deer-vehicle accidents: benefit-cost analysis. *Wildlife Society Bulletin* 10(4): p.349-354, 1982.
- RODRIGUES, F.H.G.; HASS, A., REZENDE, L. M., PEREIRA, C. S., FIGUEIREDO, C. F., LEITE, B. F. & FRANÇA, F. G. R. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF.; 2002; Fortaleza - CE. *Anais*. p 585-593.
- ROMIN, L. A. & BISSONETE, J. A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24 (2): p. 276-283, 1996.
- ROSEN, P. C.; LOWE, C. H. Highway mortality of snakes in the sonoran desert of southern Arizona. *Biological Conservation* 68: p. 143-148, 1994.

- SAEKI, M. & MACDONALD, D. W. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biological Conservation* 118: p. 559-571, 2004.
- STEEN, D. A. & GIBBS, J. P. Effects of roads on the structure of fresh water turtle populations. *Conservation Biology* 18 (4): p. 1143-1148, 2004.
- TISDELL, C.; WILSON, C. The public's knowledge of and support for conservation of Australia's tree-kangaroos and other animals. *Biodiversity and Conservation* 13: p. 2339-2359, 2004.
- VIEIRA, E. Highway mortality of mammals in central Brazil. *Ciência e Cultura*, 48 (4): p. 270-272, 1996.
- van der ZEE,, F. F.; WIERTZ, J.; TER BRAAK, C. J. F.; APELDOORN, R. C. Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in The Netherlands. *Biological conservation* 61: p. 17-22, 1992.

CAPÍTULO 1 – ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS EM ÁREAS DE CERRADO NO SUDESTE DO BRASIL: COMPOSIÇÃO E RIQUEZA DE ESPÉCIES

I- INTRODUÇÃO

Os atropelamentos de vertebrados no sudeste do Brasil são um problema crescente cujo estudo tem se ampliado rapidamente, fato que deve ser alvo de maior atenção por parte das políticas públicas e de conservação. Muitas espécies já foram registradas e o número de indivíduos, espécies e grupos atropelados não pára de crescer no país (BAGATINI, 2006; FISCHER, 1997; PFEIFER *et al.*, 2008; PRADA, 2004; VIEIRA, 1996).

Além disso, os atropelamentos podem fornecer informações sobre a fauna que ocorre em uma dada região, sua composição e distribuição ao longo da rodovia, além de permitir fazer inferências sobre a distribuição temporal das espécies e seu comportamento (BONNET, & NAULLEAU, 2006; LOVARI *et al.*, 2007).

E há pesquisas na área que demonstram a variação nos atropelamentos dos indivíduos de uma espécie ou grupo em função da fase do ciclo de vida, mobilidade e comportamento (BONNET *et al.*, 1999; FORMAN, *et al.* 2003; SEILER & HELLDIN, 2006) e sabe-se que a dieta está entre os principais fatores relacionados ao deslocamento dos animais (FREITAS, 2003)

A fragmentação e a destruição de habitats no sudeste brasileiro atingiu níveis alarmantes, afetando principalmente as espécies de cerrado e mata atlântica, dois grandes “hot spots” (MYERS, *et al.* 2000). Segundo MORELLATO & HADDAD (2000) a redução da Floresta Atlântica a cerca de 7,6% da sua extensão original relaciona-se com a extração e queima de madeira, carvão, agricultura, criação de gado e construção de cidades. Também enfatizam, em um compilado selecionado de artigos sobre este ecossistema, que os fragmentos florestais deveriam ser preservados e interconectados através de corredores de vegetação, pois apresentam alta diversidade de espécies e potencial para manter populações de grandes animais.

O cerrado brasileiro sofreu muito com a devastação pela agricultura e pecuária nos últimos 60 anos, pelo menos 67% da região tem sido convertida para o uso humano intensivo no início dos anos 90, e estimativas recentes tem apontado para uma redução de 80%, (MYERS *et al.* 2000; CAVALCANTI & JOLY, 2002). Em São Paulo, o cerrado foi reduzido de 14% a aproximadamente 1,2% da área do Estado, fato que levou o governo a aumentar o rigor na preservação deste ecossistema e criar a Lei Estadual nº 817 de setembro de 2008, conhecida como Lei de Proteção ao Cerrado (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE DE SÃO PAULO, 1997; SÃO PAULO, 2008).

A fauna do cerrado é bastante diversa, pois possui espécies dos biomas adjacentes (Caatinga, Mata Atlântica, Amazônia e Pantanal). Entre os répteis, são pelo menos 10 espécies de tartarugas, 5 crocodilianos, 15 anfisbenídeos, 47 lagartos, 107 cobras e 113 anfíbios (COLLI *et al.*, 2002). Há ainda 837 espécies de aves, sendo que 90,7% reproduzem-se na região (MACEDO, 2002) e 194 mamíferos (MARINHO-FILHO *et al.*, 2002).

Os atropelamentos de vertebrados podem ser estudados inicialmente quanto à riqueza, distribuição e composição sistemática, bem como em relação à composição das guildas de dieta e sua distribuição temporal. Dois estudos no Brasil foram realizados recentemente com relação a estes aspectos sistemáticos e a distribuição espaço-temporal dos atropelamentos, um deles no Rio Grande do Sul, em uma região de Mata Atlântica e outro na porção Atlântica do domínio dos cerrados, no nordeste do Estado de São Paulo (PRADA, 2004; PFEIFER *et al.*, 2008). GRILO *et al.* (2009) estudaram os atropelamentos de guildas de carnívoros no sul de Portugal em relação à composição e riqueza, distribuição espaço-temporal, fatores determinantes do ciclo de vida e da rodovia.

Desta forma, pretende-se, com este trabalho, descrever a composição, riqueza e características de espécies de vertebrados atropeladas em um mosaico de ambientes de cerrado em duas rodovias, uma em São Paulo e a outra em Minas Gerais. Este trabalho também deve auxiliar na conservação das espécies do cerrado Brasileiro e incentivar a ampliação dos estudos sobre atropelamentos de vertebrados e seus impactos nas diversas regiões do país.

Assim, ao se considerar o alto grau de devastação, a riqueza da fauna em ambientes de mosaicos de vegetação de cerrado e o grau de perturbação, bem como a proporção das espécies domésticas e silvestres atropeladas, apresenta a descrição e a distribuição destas espécies em uma região com fauna tão pouco conhecida do sudeste brasileiro e procura verificar as diferenças sazonais nos atropelamentos, em relação aos grupos e as guildas de dieta.

II – MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As rodovias amostradas estão localizadas entre os municípios de Araxá – MG (MG-428) e Franca – SP (SP-334), em uma região dividida pelo rio Grande (Figura 1), ficando a primeira em uma área menos povoada e habitada na margem direita do rio e a outra, mais povoada e ocupada, à margem esquerda. Como as características de relevo, hidrografia e clima são muito semelhantes faz-se primeiramente uma descrição breve e contínua.

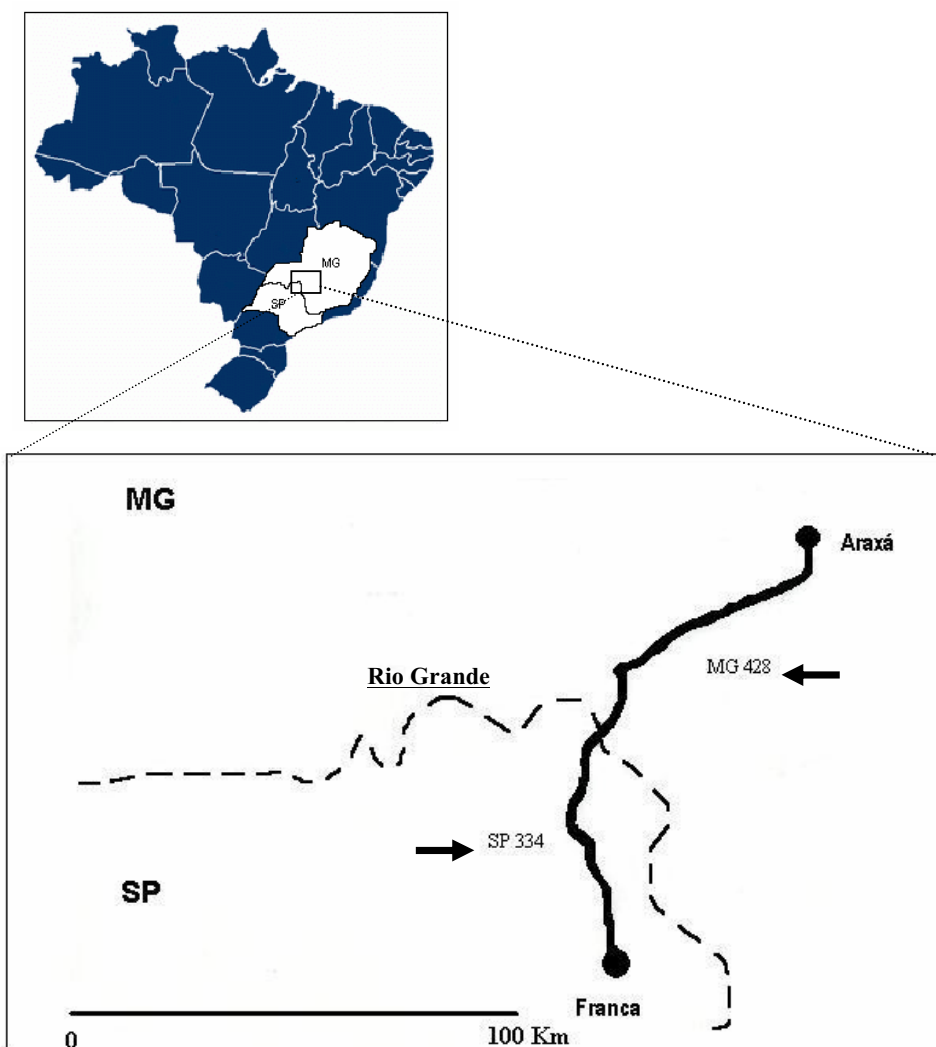


Figura 1 - Localização das rodovias de estudo, MG-428 e SP-334 (setas), MG – Minas Gerais e SP – São Paulo.

Nas duas regiões o relevo é bastante acidentado, com planaltos profundos e escarpas abruptas, com altitudes variando de 500 até mais de 1000m. Na hidrografia, ocorrem os rios Araguari e o rio Grande, cortando a estrada. Próximo de Araxá, há o rio Paranaíba, que em conjunto com o Grande irá compor a bacia do Paraná.

O clima é do tipo *Cwb* (Mesotérmico - Araxá - MG) e *Cwa* (tropical de altitude, Franca-SP) na classificação de Koppen, temperado, com invernos secos e verões mais quentes em Franca e mornos em Araxá - MG (conforme PEEL *et al.*, 2007). As temperaturas médias oscilam entre 18,8-26,5 °C (19-22,5 °C/Araxá e 18,6-30,5 °C/Franca) e a pluviosidade anual média de 1650 mm para Araxá (CBMM – Araxá, dados não publicados) e 1598 mm para Franca (IMMET, dados não publicados). Portanto as duas regiões apresentam duas estações bem definidas, uma seca e fria e a outra úmida e quente, com temperaturas mais amenas em Araxá.

A vegetação típica é o cerrado com predomínio de cerrado *strictu sensu*, em grande parte substituída por atividades agrícolas, e campo limpo de cerrado (Parque Nacional da Serra da Canastra). Há também áreas de encontro de vegetações entre a floresta estacional e savana, matas de galeria e ciliar na região próxima ao rio Grande e demais corpos d'água do percurso (IBGE, 2004).

Nota-se no trecho inicial, na serra de Araxá, o predomínio dos campos rupestres e há uma maior conservação das porções do cerrado e suas formações fisionômicas, com menor fragmentação e alteração do que no trecho da SP-334. Também há maior abundância de grandes fragmentos de cerrado nas regiões adjacentes à rodovia, sendo que em alguns locais estes aparentam estar intactos (Fotos ANEXOS).

Rodovias

MG-428

A rodovia também está em bom estado de conservação do pavimento (Km 10 até 106, ao final em Rifaina), porém possui poucos trechos com acostamento e nas porções inicial e final, com um pequeno trecho intermediário (10 Km). Há apenas duas pistas de rolamento em toda a extensão, a sinalização é escassa, às vezes recoberta pela vegetação das margens que é cortada *ca.* uma vez por ano em porções próximas aos trevos de acesso ou fazendas.

Não há, aos lados, nenhuma cidade, mas ocorrem construções no trajeto, porém com frequência bem menor que a da SP-334. No trecho inicial, em Araxá, a rodovia margeia o

pátio da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM, Km 14). Os municípios próximos, a até 20 quilômetros, são Jaguará e Sacramento também interligados por estradas vicinais com a MG-428.

Deste modo, o trecho, apesar de ser um terço maior, apresenta apenas cinco trevos ou acessos a rodovias vicinais (Jaguará, Sacramento, Tapira, acesso CBMM/Argenita e acesso Araxá), dois postos de gasolina, sendo um abandonado, três construções de comércio, uma base da polícia rodoviária e apenas quatro quilômetros da rodovia margeados pela cidade de Araxá, um vilarejo (Boca da Mata) e empresa de Mineração (CBMM).

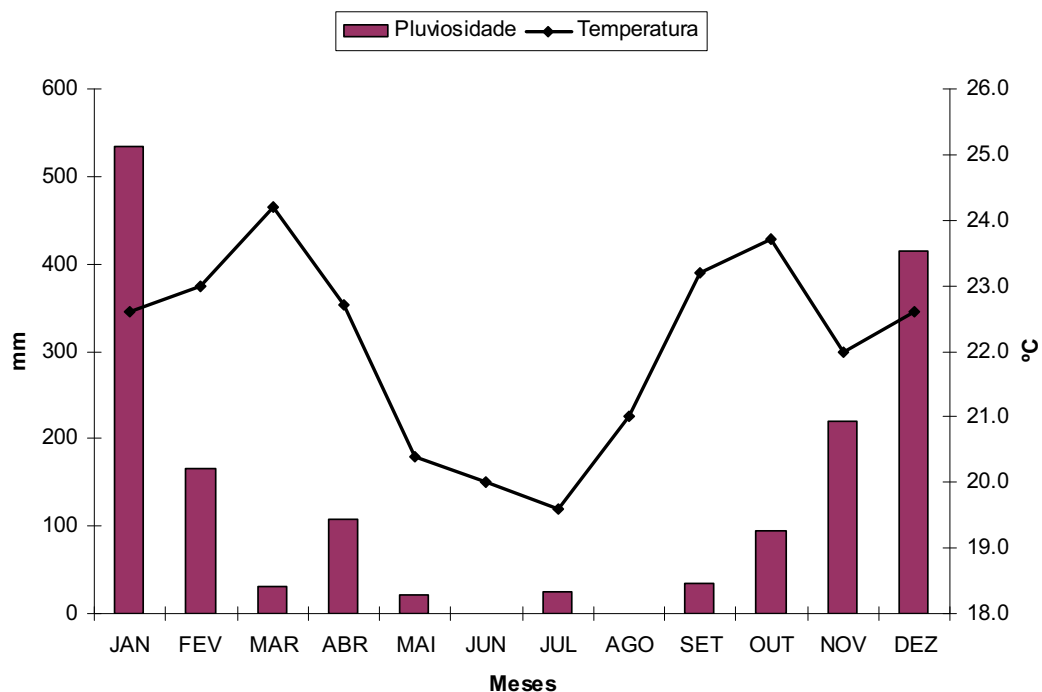


Figura 2 – Pluviosidades mensais totais (barras) e temperaturas médias mensais (linha contínua) no município de Araxá, ano de 2007 (Fonte: Estação Climatológica da Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração, Rodovia MG – 428, Km 14).

Ao longo do percurso sinuoso, com algumas curvas bastante fechadas (<90°) a altitude eleva-se por um relevo de grandes morros, montanhas, serras e vales, podendo chegar até os 1300 m quando sofre um novo declive na serra de Araxá chegando aos 1000 de altitude da cidade, no início do trajeto (Km 18).

No final (quilômetros 97 ao 106, próximo à divisa com São Paulo) aproxima-se da margem do rio Grande e do lago da represa de Jaguara, por cerca de 10 Km, local onde o relevo é de baixa altitude (500 m), pouco acidentado e plano.

Em Sacramento e próximo a Araxá a rodovia corta o entorno do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), distando entre 25 e 35 quilômetros das principais entradas do Parque além de vários córregos, riachos e o rio Araguari, em meio a uma profusão de curvas. Assim, a velocidade média e o tráfego são menores, na maior parte do trajeto, quando comparados com a SP-334.

Devido a região ser essencialmente agrária, há vários tipos de cultura ao longo da rodovia, desde Rifaina até Araxá (ou vice-versa), predominando café, soja, milho e silvicultura, onde há também plantações de batata, cana, feijão e frutas cítricas, bem como pastagens.

SP-334

O trecho da rodovia apresenta bom estado de conservação (Km 403 em Franca até Km 465 em Rifaina), possuindo de duas (maior parte do percurso) pistas de rolamento. Excetuando-se os três quilômetros iniciais, com quatro pistas de rolamento (apenas nos três quilômetros iniciais, já na área urbana de Franca). É bem sinalizada, com acostamento pavimentado em toda sua extensão e manutenção constante, com corte da vegetação das margens.

Ao longo do percurso a rodovia passa ao lado das cidades de Cristais Paulista (Km 415), Pedregulho (Km 439) e Rifaina (Km 462). Além dos municípios de Ribeirão Corrente, Jeriquara, Alto Porã e Igaçaba que estão interligados por estradas vicinais a SP-334 por uma distância de até 20 Km.

Assim, apesar do trecho ser bem menor, apresenta quatro cidades nas proximidades da rodovia resultando em 9 Km sendo margeados por áreas urbanas e maior número de construções, entre estes: 16 trevos ou passagens em nível (dois em Rifaina, um para Alto Porã, um para Igaçaba, quatro acessos em Pedregulho, um acesso para Estreito, um acesso para Jeriquara, três acessos para Cristais Paulista, um acesso para Ribeirão Corrente e três acessos para Franca), além de dois postos de gasolina e uma base da polícia rodoviária.

Entre o Km 430, um pouco antes de Pedregulho e o Km 460 a rodovia margeia o Parque Estadual das Furnas do Bom Jesus (PEFBJ), unidade de conservação com a presença de floresta estacional semidecidual e remanescentes de Mata Atlântica.

Há várias edificações nas margens, entre postos de gasolina, residências rurais, ranchos, construções abandonadas e trevos de acesso. A rodovia perpassa culturas de café, algodão, milho e frutas cítricas, além de pastagens e campos abandonados. O relevo é suave normalmente plano próximo de Franca, até Pedregulho, e bastante acidentado até as margens do rio Grande, com escarpas de morros, morros, colinas, vales e cânions nos lados da estrada, com altitudes variando de 550 á 1050 m e há aclives e declives ao longo do percurso. A rodovia é predominantemente reta, com curvas suaves e amplas (ângulos > 90°).

Métodos

O trecho de 160 quilômetros Km (63 Km na SP-334 e 97 Km na MG-428) foi percorrido 52 vezes, em viagens semanais de carro (janeiro a dezembro de 2007), totalizando 8320 Km, a uma velocidade média de 60 Km/h, com pelo menos dois observadores no veículo.

Sempre que um animal era avistado na pista ou acostamento, era feita uma parada para anotação, em planilha, dos seguintes dados: data e horário, espécie - que quando estava em bom estado era coletada para identificação posterior com o auxílio de guias especializados, chaves de identificação e/ou especialistas - Km e localização (rodovia MG-428 ou SP-334; Ver fotos e planilha em ANEXOS).

Análise dos Dados

Os dados foram tabulados em planilhas, arranjados em grupos taxonômicos e analisados segundo as estações do ano (**seca** - abril a setembro e **chuvosa** – outubro a março), para amostras de mais dois grupos ou todos os grupos foi feito o teste da Análise de Variância (ANOVA) e para testes envolvendo apenas duas amostras independentes, foi realizado o teste t de *Student*.

Para verificar se houve sazonalidade nos atropelamentos em função da dieta, os animais foram agrupados em guildas de herbívoros e carnívoros, carnívoros domésticos (cães e gatos), estes últimos, por serem mais abundantes e estarem mais próximos ao homem, como forma de verificar se também estão sujeitos as mesmas influências dos animais silvestres. Em seguida, obteve-se as proporções mensais dos atropelamentos de cada grupo/espécie e os dados foram separados em estação seca (abril a setembro) e chuvosa (outubro a março), em alguns casos procedeu-se a transformação com o arcoseno da raiz quadrada para atingir a

normalidade e proceder a análise paramétrica do teste t de *Student* de comparação de médias (SOKAL & ROHLF, 1995).

Todos os testes estatísticos foram realizados com auxílio do programa BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 2005).

Riqueza de Espécies

Para estimativa da riqueza total nas áreas, foram feitas curvas de rarefação utilizando-se os dados totais, da MG-428 e SP-334, com os estimadores de *Jackknife* e *Bootstrap*, o primeiro, que tende a superestimar os dados, pois considera todas as espécies e o segundo, com estimativas mais modestas e conservadoras, pois tende a excluir espécies raras na análise (conforme KREBS, 1989). Os dados foram analisados no programa *EstimateS* 7.5 (COLWELL, 2005).

Para as os cálculos de diversidade, os dados foram separados por estado (MG e SP), espécies e número de indivíduos e foram analisados com auxílio do software *Past* 1.83 (HAMMER *et al.*, 2001), para apresentação dos dados foram utilizados os índices de Shannon-Wiener e o teste t de Hutcheson para a comparação da diversidade (ZAR, 1996).

III- RESULTADOS

Foram registrados 746 atropelamentos ($4,7 \pm 2,8$ Atropelamentos/Km/ano), 455 ocorreram na MG - 428 ($4,7 \pm 2,4$ Atropelamentos/Km/ano) e 291 na SP-334 ($4,6 \pm 3,4$ Atropelamentos/Km/ano). Dentre os animais atropelados predominaram as aves com 2,3 atropelamentos/Km/ano, seguidos por mamíferos silvestres com 0,9, mamíferos domésticos 0,8, anfíbios 0,4 e répteis 0,3 (Figura 3).

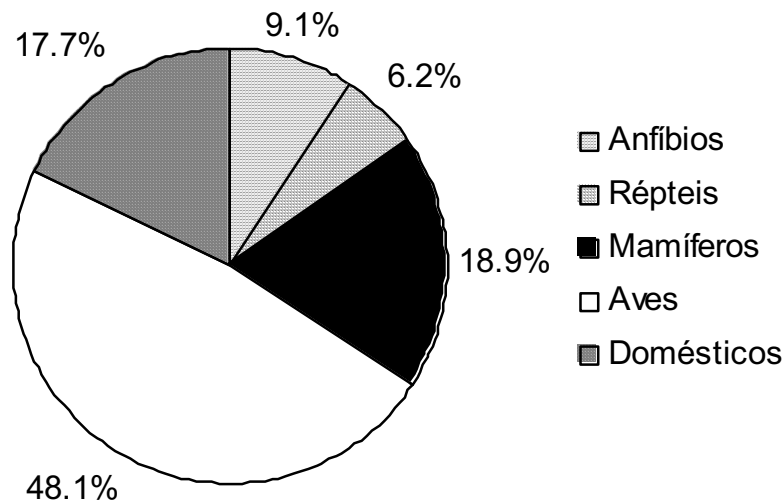


Figura 3 – Distribuição dos grupos taxonômicos de vertebrados atropelados nas rodovias SP-334 e MG- 428 no período de janeiro a dezembro de 2007 (n= 746).

A média de atropelamentos por dia de viagem foi de 14,3 e o desvio padrão foi de seis atropelamentos, resultando em uma média mensal de 62,2 registros, com 18,5 de desvio padrão ($0,4 \pm 0,2$ Atropelamentos/Km/mês).

Foram registrados 131 animais domésticos (17,6%) representados por cães, gatos, gado e galinhas e 615 silvestres (82,4%), com 68 ocorrências de anfíbios (9,1%), compreendendo quatro espécies, duas ordens e três famílias; 46 répteis (6,2%) de 21 espécies, duas ordens e oito famílias, sendo a maior parte Serpentes da família *Colubridae* (35% da classe). Considerando apenas os ofídios, estes perfizeram 78,3% do total da classe e 67% das espécies de répteis atropelados (Tabela I).

Os mamíferos (inclusive animais domésticos) compuseram 274 indivíduos (36,7%) de 26 espécies, cinco ordens e 11 famílias, sendo que os domésticos representaram 47,8% dos exemplares da classe e apenas 11,5% das espécies.

Aves foi o grupo com maior proporção de ocorrências em todos os meses do ano e em relação a todos os outros grupos ($F= 21.7$, $p<0.0001$, Figura 4). Foram registradas 358 ocorrências (48,1%), com 63 espécies de 14 ordens e 29 famílias, sendo o grupo mais rico e abundante dentre os animais atropelados. Os Passeriformes compuseram 39,7% das aves atropeladas e 42% das espécies, sendo que a família *Emberizidae* compôs 83% dos indivíduos e 35% das espécies de Passeriformes atropelados, ocupando o segundo e o sexto lugar no “ranking” das espécies mais atropeladas (Tabelas I e II).

Aproximadamente dois terços dos atropelamentos (61%) foram na MG-428 e um terço na SP-334 (39%), o que está proporcional ao tamanho dos trechos amostrados nas duas rodovias, 97 (60,6%) e 63 Km (39.4%) respectivamente.

A diversidade de espécies de animais atropelados nas duas rodovias diferiu segundo o teste t ($t = 2,26$; $p < 0.05$), com maior número de espécies na rodovia MG-428 ($H'_e = 3.68$ nits para MG - 428, $n = 88$ espécies e $H'_e = 3.45$ nits para SP - 334, $n = 62$ espécies), refletindo que há diferenças entre as duas regiões amostradas no bioma Cerrado.

A composição das espécies diferiu nas duas rodovias. Dentre os répteis, a jibóia (*Boa constrictor*) apresentou apenas exemplares atropelados em São Paulo ($n=5$), enquanto que a dormideira (*Sybinomorphus mikanii*) foi registrada apenas em Minas Gerais ($n= 5$). Embora registrada nos dois estados, a falsa-coral (*Oxyrrophus guibei*) teve maior ocorrência em Minas Gerais (6 vs. 1; Tabela I). Dentre os mamíferos, a jaritataca (*Conepatus semistriatus*) foi registrada apenas na MG-428 ($n= 28$ exemplares).

Das 63 espécies de aves identificadas, 27 (36,5%) foram registradas exclusivamente na MG - 428 e 14 (22,2%) apenas na SP - 334. Para alguns grupos houve uma grande diferença, os Emberizidae foram observados em 94 ocasiões em Minas Gerais e apenas 20 registros em São Paulo. Dentre as espécies, o gênero *Sporophila*, o tiziu (*Volatinia jacarina*) e o tico-tico (*Zonothrichia capensis*) foram registrados em uma proporção *ca.* cinco vezes maior na MG-428 (23 vs. 5, 56 vs. 11 e 5 vs. 1 exemplares, respectivamente, Tabela I).

O pardal (*Passer domesticus*) e a coruja-orelhuda (*Rhynoptynx clamator*) foram registrados apenas em São Paulo enquanto a coruja buraqueira (*Athene cunicularia*) foi registrada em uma proporção seis vezes maior nesta mesma rodovia.

Tabela I – Vertebrados atropelados nas rodovias SP-334 e MG-428, segundo classificação taxonômica. FR = Frequência Relativa sem e com animais domésticos; FR = Frequência Relativa (% da classe). Nomes das categorias superiores e de espécies domésticas em negrito.

Espécies	Nome comum (Família)	Número de Exemplares		FR (s/dom.)	FR (c/dom.)	FR (Classe)
		MG-428	SP-334			
LISSAMPHIBIA						
Ordem Anura						
<i>Leptodactylus ocellatus</i>	Rã-manteiga (Leptodactylidae)	2	0	0.003	0.003	2.9%
<i>Rhinella schneideri</i>	Sapo-cururu (Bufonidae)	33	12	0.073	0.060	66.2%
<i>Rhinella rubescens</i>	Sapo-avermelhado (Bufonidae)	10	0	0.016	0.013	14.7%
<i>Rhinella</i> sp	Sapo-cururu (Bufonidae)	10	0	0.016	0.013	14.7%
Ordem Gymnophiona						
<i>Siphonops</i> sp.	Cecília negra (Caeciliidae)	1	0	0.002	0.001	1.5%
Total da Classe		56	12	11.0%	9.1%	100%
REPTILIA						
Ordem Chelonia						
<u>Subordem Pleurodira</u>						
<i>Acanthochelys spixii</i>	Cágado (Chelidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
Ordem Squamata						
<u>Subordem Lacertilia</u>						
<i>Amphisbaena alba</i>	Anfisbena (Amphisbaenidae)	2	1	0.005	0.004	6.5%
<i>Tupinambis merianae</i>	Lagarto-teiú (Teiidae)	2	0	0.003	0.003	4.3%
<i>Ameiva ameiva</i>	Lagarto (Teiidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Amphisbaena mertensi</i>	Anfisbena (Amphisbaenidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Polychrus acutirostris</i>	Lagarto (Polychrotidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Gekkonidae</i>	Lagartixa (Gekkonidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<u>Subordem Serpentes</u>						
<i>Oxyrrophus guibei</i>	Falsa-coral (Colubridae)	6	1	0.011	0.009	15.2%
<i>Boa constrictor</i>	Jibóia (Boidae)	0	5	0.008	0.007	10.9%
<i>Sybinomorphus mikanii</i>	Dormideira (Colubridae)	5	0	0.008	0.007	10.9%
<i>Pseudoboa</i> sp.	Cobra (Colubridae)	3	1	0.007	0.005	8.7%
<i>Crotalus durissus</i>	Cascável (Viperidae)	0	2	0.003	0.003	4.3%
<i>Bothrops</i> sp.	Jararaca (Viperidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Chironius quadricarinatus</i>	Cobra-cipó (Colubridae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Epicrates senchria</i>	Jibóia vermelha (Boidae)	0	1	0.002	0.001	2.2%
<i>Erythrolampus aesculapii</i>	Cobra-coral (Colubridae)	0	1	0.002	0.001	2.2%
<i>Liophis poecilogirus</i>	Cobra-de-capim (Colubridae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Philodryas olfersii</i>	Cobra-verde (Colubridae)	0	1	0.002	0.001	2.2%
<i>Spillotes pulatus</i>	Caninana (Colubridae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
<i>Bothrops pauloensis</i>	Urutu.jararaca (Viperidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%

Tabela I – Cont.

Espécies	Nome comum (Família)	Número de Exemplares		FR (s/dom.)	FR (c/dom.)	FR (Classe)
<i>Bothrops moojeni</i>	Caiçaca (Viperidae)	1	0	0.002	0.001	2.2%
Ophidia NI*		4	0	0.007	0.005	8.7%
Total da Classe		33	13	7.5%	6.2%	100%
AVES						
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu (Emberizidae)	56	11	0.109	0.090	18.7%
<i>Sporophila</i> sp.	Passarinho (Emberizidae)	18	3	0.031	0.028	5.9%
<i>Cariama cristata</i>	Seriema (Cariamidae)	12	4	0.026	0.021	4.5%
<i>Columba livia</i>	Pomba-européia (Columbidae)	1	15	0.026	0.021	4.5%
<i>Coragyps atratus</i>	Urubu preto (Cathartidae)	2	12	0.023	0.019	3.9%
<i>Columbigalina talpacoti</i>	Rolinha roxa (Columbidae)	8	4	0.020	0.016	3.4%
<i>Caracara plancus</i>	Carcará (Falconidae)	5	5	0.016	0.013	2.8%
<i>Ammodramus humeralis</i>	Tico-tico-do-campo(Emberizidae)	7	2	0.015	0.012	2.5%
<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto (Cuculidae)	4	5	0.015	0.012	2.5%
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja-buraqueira (Strigidae)	1	6	0.011	0.009	2.0%
<i>Guira guira</i>	Anu-branco (Cuculidae)	4	2	0.002	0.008	1.7%
<i>Sporophila nigricollis</i>	Baiano (Emberizidae)	4	2	0.010	0.008	1.7%
<i>Zonotrichia capensis</i>	Tico-tico (Emberizidae)	5	1	0.010	0.008	1.7%
<i>Passer domesticus</i>	Pardal (Passeridae)	0	5	0.008	0.007	1.4%
<i>Rhynoptynx clamator</i>	Coruja-orelhuda (Strigidae)	0	5	0.008	0.007	1.4%
<i>Zenaida auriculata</i>	Pomba-de-bando (Columbidae)	2	3	0.008	0.007	1.4%
<i>Aratinga aurea</i>	Periquito-rei(Psittacidae)	2	2	0.007	0.005	1.1%
<i>Nothura maculosa</i>	Codorna (Tinamidae)	3	0	0.005	0.004	0.8%
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Bacurau (Caprimulgidae)	1	2	0.005	0.004	0.8%
<i>Thraupis sayaca</i>	Sanhaço-cinzento (Thraupidae)	1	2	0.005	0.004	0.8%
Gallus gallus	Galinha (Phasianidae)	3	0	–	0.004	0.8%
<i>Brotogeris chiriri</i>	Periquito-de-encontro (Psittacidae)	0	2	0.003	0.003	0.6%
<i>Caprimulgus rufus</i>	Curiango (Caprimulgidae)	2	0	0.003	0.003	0.6%
<i>Fluvicola nengeta</i>	Lavadeira-mascarada (Tyrannidae)	0	2	0.003	0.003	0.6%
<i>Lathrotriccus euleri</i>	Enferrujado (Tyrannidae)	1	1	0.003	0.003	0.6%
<i>Megascops choliba</i>	Corujinha-do-mato (Strigidae)	1	1	0.003	0.003	0.6%
<i>Nystalus chacuru</i>	João-bobo (Bucconidae)	0	2	0.003	0.003	0.6%
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi (Tyrannidae)	0	2	0.003	0.003	0.6%
<i>Pyaia cayana</i>	Alma-de-gato (Cuculidae)	2	0	0.003	0.003	0.6%
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Andorinha (Hirundinidae)	2	0	0.003	0.003	0.6%
<i>Tyto alba</i>	Coruja-de-igreja (Tytonidae)	0	2	0.003	0.003	0.6%

Tabela I – Cont.

Espécies	Nome comum (Família)	Número de Exemplares		FR (s/dom.)	FR (c/dom.)	FR (Classe)
<i>Amazilia lactea</i>	Beija-flor (Trochilidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Alipiopsitta xanthops</i>	Papagaio-galego (Psittacidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Aramides cajanea</i>	Saracura (Rallidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Aratinga auricapilla</i>	Jandaia-de-testa-vermelha (Psittacidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Camptostoma obsoletum</i>	Risadinha (Tyrannidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Colaptes campestris</i>	Pica-pau-docampo (Picidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Colibri serrirostris</i>	Beija-flor (Trochilidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Columbina sp</i>	Rolinha (Columbidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Columbina squammata</i>	Fogo-apagou (Columbidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Coryphospingus cucullatus</i>	Tico-tico-rei (Emberizidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Crypturellus parvirostris</i>	Inhambú-chororó (Tinamidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Cyanocompsa brissonii</i>	Azulão (Cardinalidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Cyanocorax cristatellus</i>	Gralha-do-campo (Corvidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Elaenia flavogaster</i>	Guaracava (Tyrannidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Eupetomena macroura</i>	Beija-flor-tesoura (Trochilidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Furnarius rufus</i>	João-de-barro (Furnariidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Galbula ruficauda</i>	Ariramba-de-cauda-ruiva (Galbulidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Mimus saturninus</i>	Sabiá-do-campo (Mimidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Patagioenas picazuro</i>	Pombão (Columbidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Biguá (Phalacrocoracidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Rhynchotus rufescens</i>	Perdiz (Tinamidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião-carijó (Accipitridae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Sicalis flaveola</i>	Canário-da-terra (Emberizidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Sicalis luteola</i>	Tipio (Emberizidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Sicalis sp</i>	Canário (Emberizidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Sporophila plumbea</i>	Patativa (Emberizidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Taraba major</i>	Choró-boi (Thamnophilidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Thamnophilus doliatus</i>	Choca-barrada (Thamnophilidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Troglodytes musculus</i>	Corruíra (Troglodytidae)	1	0	0.002	0.001	0.3%
<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-laranjeira (Turdidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri (Tyrannidae)	0	1	0.002	0.001	0.3%
AVES NI*		51	26	0.011	0.009	2.0%
Total da Classe		220	138	57.7%	48.1%	100%
MAMMALIA						
<i>Canis lupus familiaris</i>	Cachorro-doméstico (Canidae)	26	45	–	0.095	25.9%

Tabela I – Cont.

Espécies	Nome comum (Família)	Número de Exemplos		FR (s/dom.)	FR (c/dom.)	FR (Classe)
<i>Felis catus</i>	Gato-doméstico (Felidae)	18	32	—	0.067	18.2%
<i>Conepatus semistriatus</i>	Jaritataca (Mephitidae)	28	0	0.046	0.038	10.2%
<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba (Dasypodidae)	11	6	0.028	0.023	6.2%
<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro-do-mato (Canidae)	7	9	0.026	0.021	5.8%
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá-de-orelha-branca (Didelphidae)	5	10	0.024	0.005	5.5%
<i>Dasypus novemcinctus</i>	Tatu-galinha (Dasypodidae)	5	5	0.016	0.013	3.6%
<i>Lycalopex vetulus</i>	Raposa-do-campo (Canidae)	4	4	0.013	0.011	2.9%
Bos taurus	Boi (Artiodactyla: Bovidae)	7	0	—	0.009	2.6%
<i>Myrmecophaga trydactyla</i>	Tamanduá-bandeira (Myrmecophagidae)	5	1	0.010	0.008	2.2%
<i>Dasypus septemcinctus</i>	Tatu-mulita (Dasypodidae)	3	1	0.007	0.005	1.5%
<i>Galictis vittata</i>	Furão (Mustelidae)	1	2	0.005	0.004	1.1%
<i>Hylaeamys megacephalus</i>	Rato-do-arroz (Cricetidae)	1	2	0.005	0.004	1.1%
<i>Procyon cancrivorus</i>	Mão-pelada (Procyonidae)	1	2	0.005	0.004	1.1%
<i>Coendou prehensilis</i>	Ouriço-cacheiro (Erethizontidae)	1	1	0.003	0.003	0.7%
<i>Eira bárbara</i>	Irara (Mustelidae)	2	0	0.003	0.003	0.7%
<i>Hydrochoerus hydrochaeris</i>	Capivara (Caviidae)	1	1	0.003	0.003	0.7%
<i>Puma yagouaroundi</i>	Gato-mourisco (Felidae)	2	0	0.003	0.003	0.7%
<i>Tamandua tetradactyla</i>	Tamanduá-mirim (Myrmecophagidae)	0	2	0.003	0.003	0.7%
<i>Cabassous unicinctus</i>	Tatu-de-rabo-mole (Dasypodidae)	1	0	0.002	0.001	0.4%
<i>Chrysocyon brachiurus</i>	Lobo-guará (Canidae)	0	1	0.002	0.001	0.4%
<i>Leopardus sp.</i>	Gato-do-mato (Felidae)	1	0	0.002	0.001	0.4%
<i>Lontra longicaudis</i>	Lontra (Mustelidae)	0	1	0.002	0.001	0.4%
<i>Nasua nasua</i>	Quati (Procyonidae)	1	0	0.002	0.001	0.4%
<i>Oligoryzomys sp.</i>	Rato-do-campo (Cricetidae)	1	0	0.002	0.001	0.4%
<i>Sphigurus spinosus</i>	Ouriço (Erethizontidae)	0	1	0.002	0.001	0.4%
Rodentia NI*	Ratos	12	1	0.021	0.017	4.7%
Carnívora NI*	Gatos	2	1	0.005	0.004	1.1%
Total da Classe		146	128	24.1%	36.7%	100%
Total Geral		455	291			

*NI = Não Identificado.

Tabela II – As 10 espécies de vertebrados com maior número de registros de exemplares atropelados nas rodovias MG – 428 e SP – 334, no período de janeiro a dezembro de 2007.

Posição	Espécie	Nome Comum	Frequência Relativa
1º	<i>Canis lupus familiaris</i>	Cachorro	9.49%
2º	<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	8.96%
3º	<i>Felis catus</i>	Gato	6.68%
4º	<i>Rhinella schneideri</i>	Sapo	6.02%
5º	<i>Conepatus semistriatus</i>	jaritaca	3.74%
6º	<i>Sporophila sp</i>	tico-tico	2.81%
7º	<i>Euphractus sexcinctus</i>	tatu-peba	2.27%
8º	<i>Cariama cristata</i>	seriema	2.14%
9º	<i>Columba lívia</i>	pombo-europeu	2.14%
10º	<i>Cercocyon thous</i>	cachorro-do-mato	2.14%

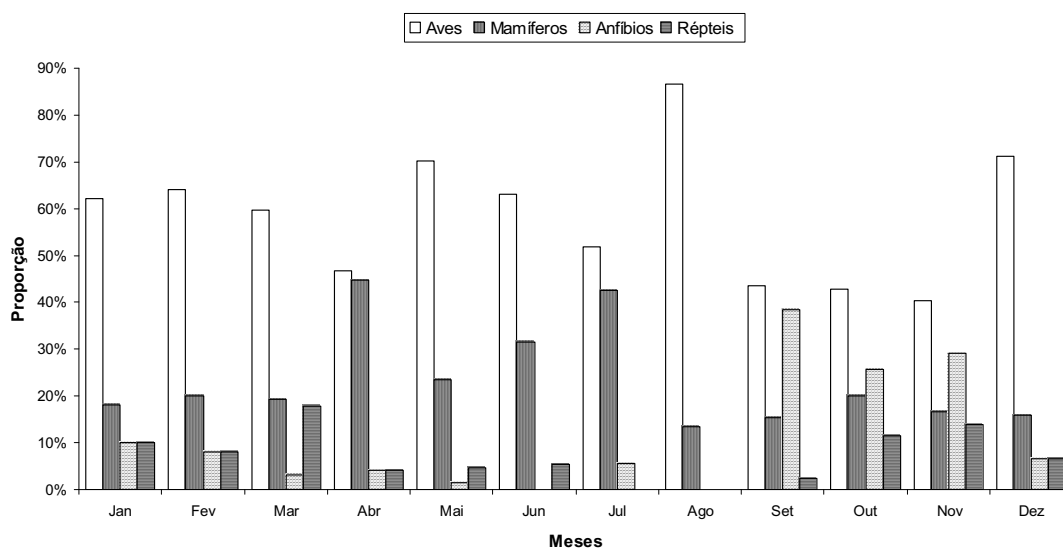


Figura 4 – Distribuição das proporções de atropelamentos dos quatro grupos de vertebrados registrados nas rodovias MG-428 e SP-334 (n = 615).

O urubu (*Coragyps atratus*), a pomba européia (*Columba livia*), o gambá (*Didelphis albiventris*), o cachorro (*Canis lupus familiaris*) e o gato (*Felis catus*), espécies domésticas e fortemente sinantrópicas, foram todos registrados com número bem maior de exemplares na SP - 334. (respectivamente 12 vs. 2; 15 vs. 1; 10 vs. 5; 45 vs. 26 e 32 vs. 18).

Distribuição temporal dos Atropelamentos

A Figura 4 faz referência aos atropelamentos em geral, considerando-se todos os grupos, exceto animais domésticos. Houve sazonalidade nas proporções de atropelamentos de répteis, com maior ocorrência na estação chuvosa ($F= 21.7$; $p<0.0001$, p -Tukey <0.05 ; Figura 4).

Entre os anfíbios, verificou-se uma queda nos meses de seca, mas com a ocorrência de chuvas, os sapos (*Rhinella* sp.), bastante comuns, voltavam a aparecer, provocando uma maior variação entre os meses e dias do que entre as estações ($p>0.05$).

No mês de agosto houve proporcionalmente maior ocorrência de atropelamentos de aves, tendo sido registrado apenas mais um grupo (mamíferos) que apresentou baixo número de ocorrências (Figura 5).

Quando consideram-se os grupos de animais (aves+mamíferos) por dieta, não houve sazonalidade nos atropelamentos em insetívoros, herbívoros e onívoros ($p>0.05$). Entretanto, os carnívoros e os cães foram encontrados em maior proporção na estação seca ($t = 2.23$, $p = 0.05$ e $t = 7.75$, $p<0.001$, respectivamente).

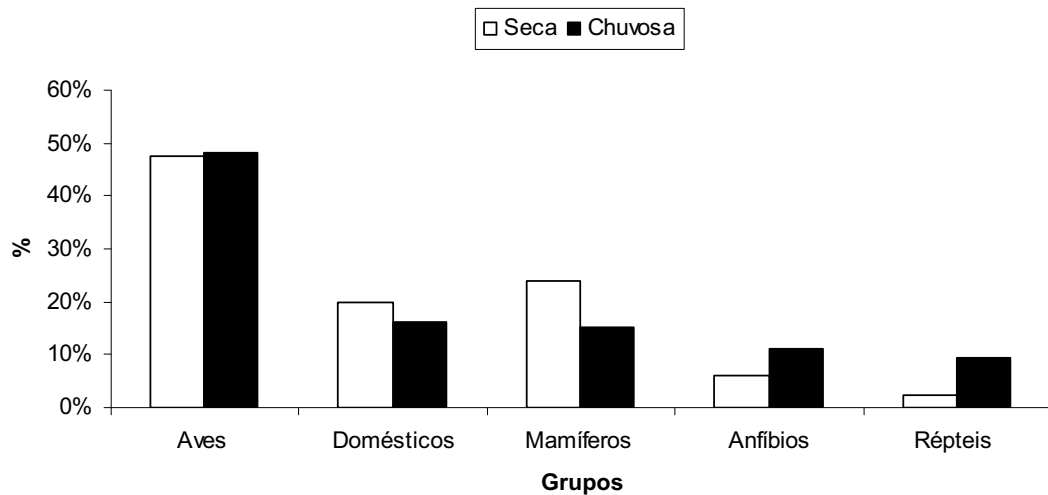


Figura 5 – Proporção dos atropelamentos dos grupos de vertebrados nas estradas de SP e MG no ano de 2007, segundo estações do ano (seca = abril a setembro; chuvosa= outubro a março; ANOVA $F = 21.7$; $p < 0.0001$, **Répteis p-Tukey < 0.05**).

Riqueza de Espécies

Foram estimadas cerca de 140 espécies nas duas rodovias pelo método de *Bootstrap* e 171 espécies pelo método de *Jackknife*. Quanto às estimativas por rodovia, os valores são, desde a primeira semana de amostragem maiores para a rodovia MG – 428 quando comparados a SP – 334 nos dois métodos, confirmando a maior diversidade (conforme descrito acima) encontrada no trecho em Minas Gerais (Figura 6).

Embora o trecho em Minas Gerais represente apenas 60,6% do tamanho total dos dois trechos amostrados, o número estimado de espécies na rodovia MG - 428 pelo método de *Bootstrap* foi 106,7 e pelo *Jackknife* 133,1, representando 76,2% e 77,8% do total de espécies estimadas, respectivamente nos dois métodos (Figura 6).

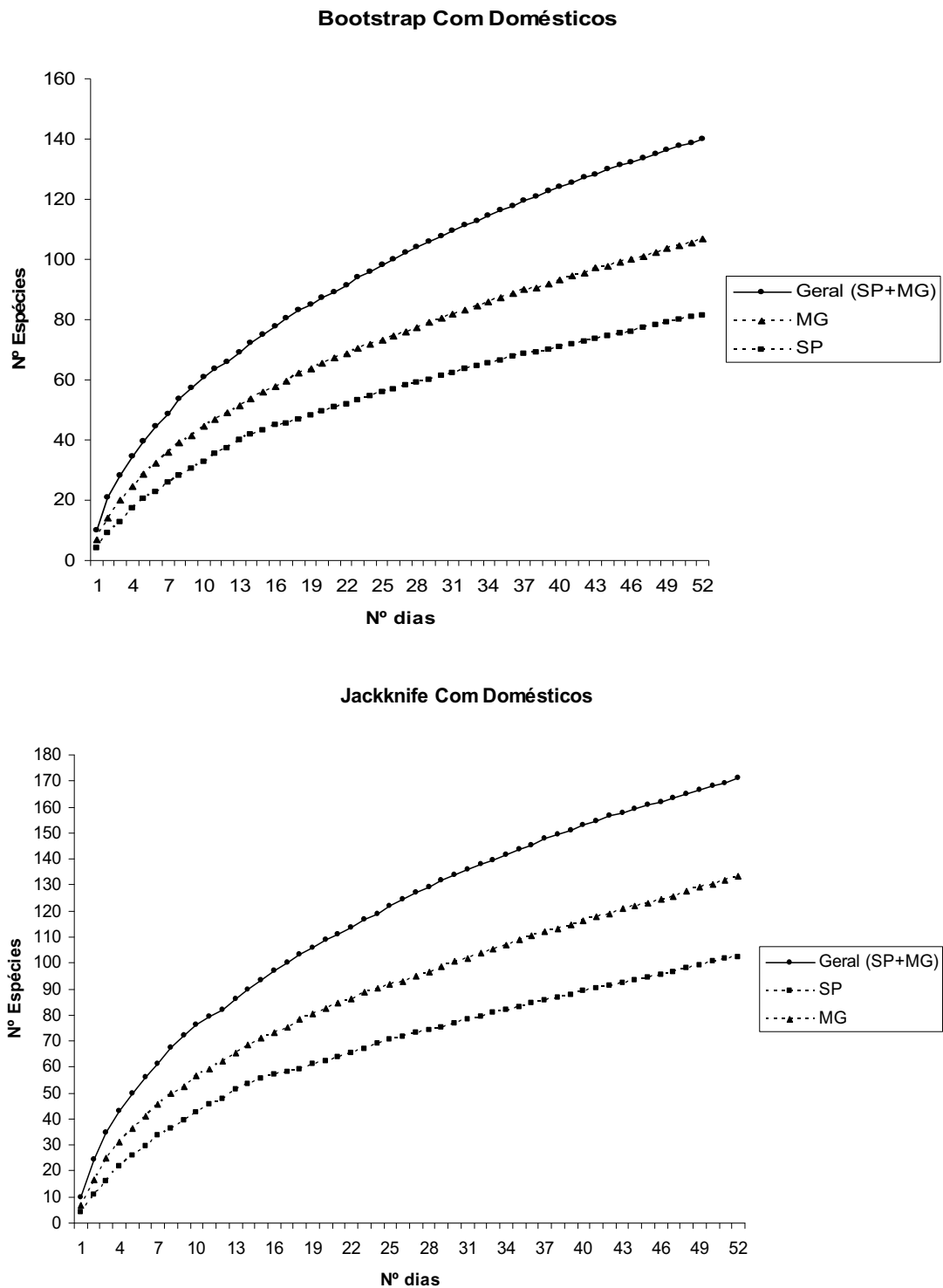


Figura 6 - Curvas de rarefação das espécies de vertebrados, baseadas nos métodos de *Bootstrap* (acima) e *Jackknife* (abaixo). considerando-se o valor Geral (número total de espécies), das rodovias SP-334 (SP) e MG-428, com base nos 52 dias de amostragem, de janeiro a dezembro de 2007.

IV - DISCUSSÃO

Os atropelamentos são uma boa fonte de informação acerca das espécies que ocorrem em uma região e podem ser utilizados para a comparação das faunas, medida indireta do impacto das diferentes rodovias e obtenção de dados sobre distribuição espacial e temporal das espécies (BARTON, 2002; PFEIFER *et al.*, 2008).

O número de espécies e exemplares encontrados neste estudo é maior que muitos daqueles registrados em outras localidades do Brasil (Tabela III). E, apesar de considerar que as estradas margeiam duas unidades de conservação e áreas prioritárias para a conservação de biodiversidade nos dois estados e no Brasil, ainda assim, na comparação com estudos em áreas semelhantes o número é superior.

PRADA (2003) registrou 81 espécies de vertebrados pertencentes a 596 exemplares mortos em estradas margeando a Estação Ecológica de Jataí e outras unidades de Conservação (UCs) em Luís Antônio e São Carlos – SP. Enquanto que os trechos amostrados no estudo desta autora são o perímetro das UCs, não sendo verificados outros fragmentos de vegetação maiores, além deste perímetro. Além disso notou-se uma proporção maior de quilômetros amostrados distantes das unidades de conservação, quando comparados a este trabalho.

No presente trabalho, além de margear duas UCs (entorno do PNSC e perímetro do PEFBJ), por muitas vezes as estradas cortam fragmentos de vegetação (matas de galeria, ciliar e cerrado).

Além disso, fatores como o desenho da estrada (presença de muitas retas), a topografia dos lados, a provável ocorrência de maior número de corpos d'água que se reflete na maior ocorrência absoluta de atropelamentos de anfíbios neste estudo (68 vs 35 em PRADA, 2003) são fatores que podem explicar as diferenças encontradas (CLEVENGER *et al.*, 2003; GUNSON & CLEVINGER, 2003; ver Capítulo 2). SANTOS (2007) encontrou alta correlação entre a ocorrência de corpos d'água e os atropelamentos de sapos (*Bufo bufo*) no norte da Espanha.

O estudo de FISCHER (1997) é o que apresentou maior número absoluto de vertebrados e o maior esforço amostral (15000 Km percorridos), sendo os mamíferos o grupo de maior proporção e os registros de anfíbios o menor dentre todos, já que PFEIFER *et al.* (2008) não registrou o grupo. Provavelmente a maior ocorrência de mamíferos no estudo do Pantanal possa estar refletindo uma maior abundância do grupo que em outras regiões. Alia-se o hábito noturno comum da mastofauna e o desenho das rodovias no Pantanal, com mais

retas e topografia plana, fatores que devem favorecer a maior velocidade dos veículos e o maior risco de colisões.

Entre os estudos realizados, o total de exemplares e o número total de espécies, podem variar em função das características dos ambientes estudados, do esforço amostral e capacidade de visualização dos animais na estrada, além de fatores relacionados à rodovia e ao fluxo de veículos.

PFEIFER *et al.* (2008) não registraram anfíbios em seu estudo, por considerarem difícil a visualização de exemplares muito pequenos na estrada. Este pode ser um dos motivos que fez com que o trabalho no Pantanal registrasse número tão pequeno de exemplares do grupo em uma região que, ao contrário, deveria ter muitos exemplares.

Nota-se que a distribuição das proporções dos grupos de vertebrados atropelados são semelhantes nos diferentes estudos que estão concentrados no Cerrado, exceto os estudos de Campo Grande (FISCHER, 1997) e entre Osório e Torres - RS (PFEIFER *et al.*, 2008) que foram realizados em ambientes diferenciados dos demais (Mata Atlântica e Pantanal), com a interferência marcante da umidade e a presença de muitos corpos d' água próximos.

TABELA III - Principais estudos realizados no Brasil com fauna de vertebrados atropelados. Os espaços indicam ausência da informação no estudo. (* Não Incluiu animais domésticos). Av. = Aves; Mam. = Mamíferos; Dom. = Domésticos; Anf. = Anfíbios; Rep. = Répteis e NI = Não Identificado.

Local (Rodovias)	Total de Indivíduos	Nº de Espécies	Proporção dos Grupos (%)	Esforço Amostral (Km)	Nº Atrops./Km /ano x10	Referência
Brasília (BR-020, DF-128 e 345)	170	34 (+ 3 dom.)	Av. 51; Mam. 17; Dom. 17; Anf. 5 e Rep. 10	2040	28,2	BAGATINI (2006)
Cáceres-MT (BR-070)	211	41	Av. 59; Mam. 26; Anf. 5 e Rep. 10	1575	33,5	*MELO & SANTOS-FILHO (2007)
Goiânia (BR-153/GO-060)	141	26	Av. 48; Mam. 34, Anf. 8 e Rep. 10	ca. 1152	73,4	*PRADO <i>et al</i> (2006)
Campo Grande - Corumbá/MS (BR-262)	1402	82	Av. 19; Mam. 67; Anf. 1 e Rep. 13	15000	30	*FISCHER (1997)
Franca/SP - Araxá/MG (MG-428/SP-334)	615 (+131 dom.)	111 (+4 dom.)	Av. 48; Mam. 19; Dom. 18, Anf. 9 e Rep. 6	8320	47	Este estudo
São Carlos-SP (SPs-253, 330, 215, 310, 318, 255)	596	81	Av. 52; Mam. 31; Anf. 6 e Rep. 9; NI 2	12440,48	24,9	*PRADA (2004)
Osório/Torres-RS (BR-101, RS-389)	869	92	Av. 19,5; Mam. 63; Rep. 18	-	40,8	*PFEIFER <i>et al</i> (2008)

A maior riqueza registrada para este estudo também pode ser reflexo do mosaico de ambientes cortado pelas duas rodovias, que passa pelas várias gradações do cerrado, ecossistemas de altitude, além de matas estacionais, Atlântica e ciliar, bem como ambientes em vários níveis de degradação antrópica. No estudo de FISCHER (1997) com a terceira maior riqueza de espécies encontrada este pode ser o caso, já que o trecho percorrido foi de 420 Km e perpassava áreas de Cerrado, Floresta Estacional e Chaco, bem como áreas de ecótono ou transicionais entre estes três tipos de ecossistemas.

A alta taxa de atropelamentos por quilômetro neste trabalho pode estar relacionada a diversos fatores inerentes a estrada e ao seu entorno. Como nos estudos de PRADO (2006) e PFEIFER *et al.* (2008), deve estar relacionada a presença de vegetação próxima das rodovias somada ao maior fluxo e velocidade dos veículos.

Outro fator que diferencia este estudo dos demais (exceto BAGATINI, 2006) é a inclusão de animais domésticos nos registros, pois estes vertebrados também usam normalmente a estrada e podem auxiliar na compreensão tanto do impacto direto dos atropelamentos, como quanto aos impactos indiretos, como a relação dos registros ao grau de urbanização e a interferência na fauna nativa, através das proporções registradas.

Neste caso, as espécies domésticas ou sinantrópicas tiveram maiores registros de atropelamentos na rodovia em São Paulo (SP - 334), pois há uma maior ocupação humana nas adjacências da rodovia, além da alteração dos ambientes próximos desta no trecho entre Franca e Rifaina. Estes fatores devem ter influenciado o maior número proporcional de atropelamentos de animais domésticos na SP-334 (1,24 vs. 0,56 atropelamentos/Km/ano na MG-428), com a diminuição da riqueza e diversidade de espécies atropeladas no trecho de São Paulo.

MONJE-NAJERA (1996) também encontrou alto índice de cães e gatos atropelados na Costa Rica, fato relacionado ao comportamento destas espécies estarem associadas a ambientes humanos com tráfego de veículos e maior preocupação com a conservação de espécies silvestres naquele país.

Segundo FORMAN *et al.* (2003) espécies que apresentam alta mobilidade intrínseca (a), atração pelo habitat da estrada (b), são generalistas (c), tem baixa densidade (d), baixa taxa de reprodução (e) e requerem grandes áreas para sobreviver (f), tem maiores probabilidades de serem atropeladas. Todas as espécies que apresentaram maior taxa de atropelamentos, encaixam-se em pelo menos duas destas características. Por exemplo, o cachorro e o gato (a, b, c), o tiziu, o tico-tico e o sapo (a, b), estes últimos, cujos indivíduos podem também, em dias de chuva, estar se confundindo com as luzes dos faróis dos veículos

refletidas em poças d'água acumuladas na estrada. Ainda há os mamíferos silvestres como o gambá (a, b, c), a jaritataca e o cachorro do mato (a, b, c), o tatu (b, c) e os tamanduás (a, b, d e f)..

Os estudos nos E.U.A. e Europa normalmente não registram atropelamentos de animais domésticos, talvez porquê hajam menos exemplares soltos próximos às rodovias, devido a leis mais rigorosas ou ao recolhimento periódico, ou simplesmente os estudos não registrarem este tipo de ocorrência. Também nos casos de vias com grande número de faixas próximas as cidades, onde a densidade aumenta, deve ser mais difícil a travessia.

A presença elevada de cães e gatos na rodovia pode estar associada á atração por fontes de alimento, como a presença das carcaças de animais atropelados e lixo jogado pelos veículos, como matéria orgânica e/ou restos de animais abatidos.

Fato igualmente importante é a ocorrência de bovinos apenas no trecho até Araxá, que também podem ser atraídos (como as aves) pelo capim nas margens das rodovias, pois os sete exemplares registrados foram encontrados no acostamento ou há no máximo alguns metros deste. Os animais, na maioria adultos (n = 5) não apresentaram sinais de ferimentos que indicassem a ocorrência dos atropelamentos. Nos registros da polícia apenas dois deles foram confirmados. Isto pode ser explicado por alguns motoristas não notificarem o acidente ou a polícia não encontrar o animal durante a noite, quando a maior parte dos acidentes ocorrem. Há ainda a possibilidade de alguns destes animais terem morrido intoxicados com ervas que afetam o processo de ruminação e podem ser mais abundantes nas margens das rodovias.

No Rio Grande do Sul, embora haja marcada sazonalidade climática, esta somente foi determinada para os atropelamentos de répteis com maior ocorrência também no período chuvoso (PFIFER *et al.*, 2008). Enquanto RODRIGUES *et al.* (2002) não observaram padrão marcante nos atropelamentos de mamíferos ao longo do ano.

PRADA (2004) registrou sazonalidade no atropelamento de mamíferos, maior na estação chuvosa, sendo que algumas espécies como os tatus, foram registradas cinco vezes mais em relação à seca, o que pode estar relacionado ao fato de deslocarem-se mais sobre a terra em função do encharcamento do solo. Verificou-se neste estudo menor número de atropelamentos na seca, porém ressalte-se que há variações entre as classes e deve-se considerar a dinâmica temporal em relação também ao ciclo de vida, particularmente para cada espécie.

De forma geral isto deve estar correto, pois quando há análise por espécie, há alterações na demografia e razão sexual (DAVIES *et al.*, 1987; LOUGHRY &

McDONOUGH, 1996; LOVARI *et al.* 2007), em função das diferenças nos comportamentos dos indivíduos.

Em relação aos carnívoros, pode-se inferir que: estes animais deslocam-se mais pelo ambiente na estação seca, sofrendo maior risco de atropelamento, além de algumas espécies (urubu, cães, gaviões e felinos) estarem usando a estrada como fonte de alimento ou corredor de dispersão, daí a ocorrência de maior número de colisões na estação seca. MAEHR *et al.* (1991) registrou a mortalidade de 15 pumas na Flórida (*Puma concolor coryi*), sendo que houve maior número entre novembro e janeiro (9), embora os atropelamentos ocorram o ano todo.

O fato de não haver sazonalidade de herbívoros e insetívoros, pode indicar que estes animais possuem recursos suficientes e deslocam-se pelo ambiente o ano todo, com frequência semelhante, embora seu alimento possa sofrer oscilações. Também podem usar a estrada como corredor ou fonte de alimento (insetívoros e cães) ao longo do ano todo. Afinal também há outros momentos em que os exemplares podem estar se dispersando ou a procura de parceiros. Além disso, a ocorrência de atropelamentos é um evento probabilístico que depende da presença de veículos, do tamanho, altura e largura destes.

Portanto o agrupamento dos indivíduos em guildas, pode estar sujeito as variações comportamentais específicas e individuais em respostas as diversas alterações que ocorrem no ambiente das rodovias, de forma que as generalizações e padrões fiquem alterados. Deste modo, mais estudos devem ser feitos neste sentido, para permitirem conclusões definitivas.

Quanto a riqueza, das 170 espécies estimadas, 48,5% são aves, o que representam cerca de 82 espécies, em uma área de aproximadamente 160 ha, considerando-se a largura média das rodovias em 10 m. DONATELLI *et al.* (2007) encontrou 180 e 126 espécies de aves em dois fragmentos florestais no interior de São Paulo, um com respectivamente 350 e 480 ha, valores comparáveis aos encontrados aqui, o que indica que os atropelamentos podem ser uma boa forma de levantamento das espécies, desde que se considere o tamanho das áreas e as características dos ambientes. No caso deste estudo, a diversidade de ambientes cortados pela estrada e o tamanho do esforço amostral devem ser levados em consideração, entretanto a maioria das aves possui pequeno tamanho, o que dificulta a visualização, portanto a estimativa do número total de aves pode ser maior.

O registro de várias espécies de passeriformes em Minas Gerais, indica a diversidade de espécies na região, possuindo pelo menos duas regiões prioritárias para a conservação de aves no estado e no Brasil (Serra da Canastra e Araxá – MG; BIODIVERSITAS, 2005).

Também deve ser considerada a presença de muito capim às margens da rodovia e no

acostamento que permite a ocorrência de muitos Passeriformes da família Emberizidae. SICK (1997) considera os emberezídeos predominantemente granívoros, e o bico denuncia este hábito, embora, em algumas espécies, ocorra a ingestão ocasional de insetos, artrópodes e frutos. Ainda relata que são espécies que tem o hábito de ir ao solo, após terem colhido uma haste de capim, para se alimentarem comodamente. Este fato pode ser corroborado neste trabalho, já que as espécies do grupo costumavam voar de um lado para outro da estrada, entre as moitas de capim no acostamento, estando entre as espécies mais atropeladas nas duas rodovias.

Entre os mamíferos, com 20,9% das espécies atropeladas, que na estimativa obtida representam 34 espécies (*Jackknife*), a maior parte registrada em ambientes de cerrado. , Considerando-se que neste bioma são encontradas 194 espécies (MARINHO-FILHO *et al.*, 2003), neste estudo estariam representadas 17,5% das espécies de mamíferos do cerrado. Como não houve nenhum quiróptero (n = 91 espécies em MARINHO-FILHO *et al.*, 2003), o número cai para 103, assim às espécies atropeladas passam a representar 22,3% (1/5) dos mamíferos do cerrado (exceto Chiroptera).

No caso da jaritaca (*Conepatus semistriatus*) ser registrada apenas na rodovia mineira, tal fato deve ser relacionado ao rio Grande, que deve ser uma barreira a dispersão desta espécie na região e seu limite sul regional, já que a mesma ocorre do México a Colômbia, Venezuela, Peru e Brasil, com registros para o estado de São Paulo (CHEIDA *et al.*, 2006).

Ainda muitas espécies não são amostradas devido à alta taxa de remoção, por serem lançadas para fora da rodovia ou pela difícil visualização como é o caso dos roedores que podem ficar camuflados, pois muitas vezes tem a coloração semelhante a estrada ou ao substrato do acostamento. As estimativas de riqueza são bastante promissoras para a região, considerando-se ainda que as curvas de rarefação estejam com uma inclinação positiva em todos os casos.

Os atropelamentos foram muito úteis para o levantamento da fauna da região, que ainda não havia sido extensivamente amostrada. Os dados são muito importantes para o registro da ocorrência de várias espécies de vertebrados no Alto Paranaíba em Minas Gerais e nordeste de São Paulo, além de servirem como base para o entendimento da biologia e comportamento de algumas espécies que vivem próximas a rodovias.

O número de espécies e exemplares de animais atropelados é um dos mais elevados do Brasil. Ainda a presença de muitos cães e gatos, bem como de espécies sinantrópicas são

fatos que devem servir de alerta para pesquisadores e biólogos envolvidos com a conservação de espécies na região que possui duas importantes unidades de conservação.

V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AYRES, M.; AYRES Jr., M. & SANTOS, A. S. BioEstat 4.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém - PA, MCT – CNPq, 2005.
- 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. Brasília - DF: UNB - Universidade de Brasília: 55 p., 2006.
- BARTON, J. Wildlife mortality: head-on collisions. *In*: SHERWOOD, B.; CUTLER, D. & BURTON, J. (eds). Wildlife and roads - the ecological impact. 1st ed. London: Imperial College Press: p. 279-285, 2002.
- BIODIVERSITAS. Áreas prioritárias para a conservação de aves em Minas Gerais. *In*: DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S., MACHADO, A. B. M., SEBAIO, F. A. & ANTONINI, Y. (editores). Biodiversidade em Minas Gerais, 2ª ed. Belo Horizonte - MG: Fundação Biodiversitas, 2005.. Disponível em: [http://www.biodiversitas.org.br/atlas/aves.pdf] Acesso em: 30/03/2009.
- BONNET, X. & NAULLEAU, G. Catchability in snakes: consequences for estimates of breeding frequency. *Canadian Journal of Zoology* 74(2): p. 233-239, 1996..
- BONNET, X.; NAULLEAU, G. & SHINE, R. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89(1): p. 39-50, 1999..
- CAVALCANTI, R. B. & JOLY, C. A. Biodiversity and Conservation Priorities in the cerrado region. *In*: OLIVEIRA PSM, R. J., editor. The cerrados of Brazil: Ecology and natural history of a Neotropical Savanna New York - NY: Columbia University Press. p 351-367, 2002.
- CHEIDA, C. C.; NAKANO-OLIVEIRA, E.; FUSCO-COSTA, R.; ROCHA-MENDES, F. & QUADROS, J. Ordem Carnívora. *In*: REIS, N. R. *et al.* (editores). Mamíferos do Brasil Londrina - PR: Editora da Universidade Estadual de Londrina: p. 231-276, 2006.

- CLEVINGER, A. P., CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109(1): p. 15-26, 2003..
- COLLI, G. R.; BASTOS, R. P. & ARAUJO, A. F. B. The character and dynamics of the cerrado herpetofauna. In: OLIVEIRA PSM, R. J., editor. *The cerrados of Brazil: Ecology and natural History of a Neotropical Savanna*. New York - NY: Columbia University Press. p. 223-241, 2002.
- COLWELL, R. K. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5: Persistent URL, 2005. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS7Pages/AboutEstimateS7.htm>> Acesso em 15/03/2009.
- DAVIES, J.M., ROPER, T. J. & SHEPERDSON, D. J. Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology*, London 211: p. 525-529, 1987.
- DONATELLI, R. J.; FERREIRA, C. D.; DALBERTO, A. C. & POSSO, S. R. Análise comparativa da assembléia de aves em dois remanescentes florestais no interior do Estado de São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia* 24 (2): p. 362-375, 2007.
- FISCHER, W. A. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal-MS. [Dissertação]. Campo Grande - MS: UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul: 44 p., 1997.
- FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T. & WINTER, T. C. (editors). *Road ecology – Science and solutions*, 1st ed. Washington, DC Island Press: 482 p, 2003.
- FREITAS C. H. Ecologia alimentar e comportamento de macacos-prego (Primates, Cebidae) nas fazendas Maggion e Santa Gemma, município de Franca - SP. Dissertação de Mestrado. Rio Claro - SP: Universidade Estadual Paulista " Júlio de Mesquita Filho" - UNESP: 97 p., 2003.
- GRILO, C.; BISSONETTE, J. A. & SANTOS-REIS, M. Spatial-temporal patterns in mediterranean carnivore road casualties: consequences for mitigation. *Biological conservation* 142: p. 301-313, 2009.

- GUNSON, K. E., CHRUSZCZ, B. & CLEVINGER, A. P. Large animal-vehicle collisions in the Central Canadian Rocky Mountains: patterns and characteristics. *In*: IRWIN C. L., GARRET, P. & McDERMOTT, K. P. (editors). Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation. Raleigh, NC.: Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, E.U.A.: p. 355-366, 2003. Disponível em: <<http://repositories.cdlib.org/jmie/roadeo/Gunson2003a>> Acesso em: fev/2009.
- HAMMER, O.; HARPER, D. A. T. & RYAN, P. D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. Version 1.83: Palaeontologia Eletrônica, 2001. Disponível em:< <http://folk.uio.no/ohammer/past/>> Acesso em: mar/2007.
- IBGE. Mapa de vegetação do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística e Ministério do Meio Ambiente (Orgs.), Brasília-DF, Brasil, 2004. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/mapas_ibge/tem_vegetacao.php>. Acesso em: 22/02/07.
- LOUGHRY, W.J. and McDONOUGH, C. M. Are road kills valid indicators of Armadillo population structure? *American Midland Naturalist* 135: p. 53-59, 1996.
- KREBS, C. J. *Ecological Methodology*. 1st ed. New York - NY: Harper Collins Publishers Inc. 654 p., 1989.
- LOVARI, S., SFORZI, A.; SCALA, C. & FICO, R. Mortality parameters of the wolf in Italy: does the wolf keep himself from the door? *Journal of Zoology, London*, 272 (2): p. 117-224, 2007.
- MACEDO, R. H. F. The avifauna: ecology, biogeography, and behavior. *In*: OLIVEIRA P. S. MARQUIS, R. J. (editors). *The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York - NY, Columbia University Press: p. 242-265, 2002.
- MAEHR, D. S., LAND, E. D.; ROELKE, M. E. Mortality patterns of panthers in Southwest Florida. *Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association fish and Wildlife Agencies* 45:201-207, 1991.
- MARINHO-FILHO, J.; RODRIGUES, F. H. G. & JUAREZ, K. M. The cerrado mammals: diversity, ecology, and natural history. *In*: OLIVEIRA P. S. MARQUIS, R. J. (editors). *The cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. New York - NY, Columbia University Press: p. 266-284, 2003.

- MONJE-NAJERA, J. M. Vertebrate mortality on tropical highways: the Costa Rican case. *Vida Silvestre Neotropical* 5(2):154-156, 1996.
- MORELATTO, L. P. C. & HADDAD, C. F. B. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. *Biotropica* 32 (4b): p. 786-792, 2000.
- MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(February, 2000): p. 853-858, 2000.
- SEMA-SP. Cerrado: bases para conservação e uso sustentável das áreas de cerrado do estado de São Paulo. São Paulo, Secretaria de Estado do Meio Ambiente: 113 p., 1997.
- PEEL, M. C.; FYNLAISON, B. L. & McMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Sciences* 11: p. 1633-1644, 2007.
- PFEIFER, I.; KINDEL, A. & COELHO, A. V. P. Road-kills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54(2008):689-699, 2008.
- PRADA, C. D. S. Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. [Dissertação]. São Carlos - SP: UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. 129 p., 2004.
- PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A. & GUIMARÃES, Z. F. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, Maringá, 28 (3): p. 237-241, 2006.
- RODRIGUES, F. H. G.; HASS, A.; REZENDE, L. M.; PEREIRA, C. S.; FIGUEIREDO, C. F.; LEITE, B. F. & FRANÇA, F. G. R. Impacto de rodovias sobre a fauna da Estação Ecológica de Águas Emendadas, DF. Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação, Fortaleza - CE. Anais. p. 585-593, 2002.
- SANTOS X.; LLORENTE, G. A.; MONTORI, A.; CARRETERO, M. A.; FRANCH, M.; GARRIGA, N. & RICHTER-BOIX, A. Evaluating factors affecting amphibian mortality on roads: the case of the Common Toad *Bufo bufo*, near a breeding place. *Animal Biodiversity Conservation* 30(1): p. 97-104, 2007.

SEILER, A. & HELLDIN, J. O. Chapter 8: Mortality in wildlife due to transportation. *In*: DAVENPORT, J. & DAVENPORT, J. L. (eds). The ecology of transportation managing mobility for the environment, Netherlands, Springer: p 165-189, 2006.

SICK, H. Ornitologia Brasileira. Rio de Janeiro - RJ: Editora Nova Fronteira: 862 p., 1997.

SÃO PAULO, S. M. A. Lei nº 817 de 11 de setembro de 2008: Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Cerrado no Estado de São Paulo, e dá providências correlatas. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria Estadual de Meio Ambiente: 4 p., 10 artigos, 2008. Disponível em: [www.ambiente.sp.gov.br/pdf/pl_817.pdf] Acesso em: 31/08/2009.

SOKAL, R. R. & ROHLF, F. J.. Biometry. New York: W. H. Freeman and Company. 880 p., 1995.

VIEIRA E. Highway mortality of mammals in central Brazil *Ciência e Cultura* 48 (4): p. 270-272, 1996.

ZAR, J. H. Bioestatistical analysis, 3rd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey: viii+ 662 p., 1996.

CAPÍTULO 2 - DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DOS ATROPELAMENTOS DE VERTEBRADOS NO SUDESTE DO BRASIL E ASSOCIAÇÃO COM FATORES CONDICIONANTES

I - INTRODUÇÃO

Os atropelamentos de vertebrados são um problema mundial, estima-se atualmente que seja a segunda maior causa de ameaça as espécies no planeta (KIEKEBUSCH, 2008). O Brasil tem sido foco de um número crescente de estudos referentes a atropelamentos em estradas (VIEIRA, 1996; FISCHER, 1997; PRADA, 2004; BAGATINI, 2006; PEREIRA *et al.*, 2006; PRADO *et al.*, 2006; SANTOS-FILHO & MELO, 2007; PFEIFER *et al.*, 2008).

De um modo geral vários estudos tem avaliado os fatores temporais e espaciais relacionados aos atropelamentos de vertebrados (McCLURE, 1951; PUGLISI *et al.*, 1974; MAEHR *et al.*, 1991; van der ZEE *et al.*, 1992; PHILCOX *et al.*, 1999; CLEVINGER *et al.*, 2003; GUNSON *et al.*, 2003; NIELSEN *et al.*, 2003; SAEKI & McDONALD, 2004; STEEN & GIBBS, 2004; PFEIFER *et al.*, 2008) enquanto outros procuram explicar os atropelamentos com base em características das espécies (hábitos, comportamento, demografia etc; Anfíbios: HELS & BUCHWALD, 2001, SANTOS *et al.*, 2007; Serpentes: BONNET *et al.*, 1999; Tatus: LOUGHRY & McDONOUGH, 1996; Lobos -LOVARI *et al.*, 2007). No Brasil, ainda não houve trabalho que relacionou os denominados fatores condicionantes dos atropelamentos, principalmente os ligados à rodovia (desenho da estrada, topografia, vegetação, altitude, acostamento, construções) e aos animais (hábitos, comportamento, atividade).

Apenas o estudo de PFEIFER *et al.* (2008), recentemente, focou o assunto, porém com uma análise mais relacionada ao índice de agregação dos atropelamentos (trechos da estrada

com maior ocorrência de eventos) ao tráfego (Volume Diário Médio - VDM) e a categorias taxonômicas superiores (Classes de vertebrados).

CLEVENGER *et al.* (2003) realizaram um estudo no Canadá com ênfase na presença de vários fatores associados às rodovias, cuja interferência poderia aumentar o número de ocorrências deste tipo de evento. Entre eles, ficou evidenciado que a presença de vegetação e a topografia ao lado das rodovias são fatores determinantes das ocorrências. E que provavelmente, devido a associação desses e de outros fatores relacionados as características da fauna, os atropelamentos ocorrem de forma agregada, portanto em pontos específicos da rodovia, fato também verificado no Japão por (SAEKI & McDONALD, 2004).

Há trabalhos que demonstram também que a velocidade dos veículos, a densidade do tráfego, o horário em que muitos animais entram em atividade e características peculiares a espécie, também são fatores importantes a serem considerados na ocorrência dos atropelamentos (HELS & BUCHWALD, 2001; SAEKI & MACDONALD, 2004; SEILER & HELLDIN, 2006).

Espécies aquáticas e terrestres, com hábitos diurnos ou noturnos, rápidas ou mais lentas como as serpentes, usam a estrada como corredor ou como forma de aquecer o corpo, o que aumenta o risco de atropelamentos (DAVIES *et al.*, 1987; BONNET *et al.*, 1999; PHILCOX *et al.*, 1999; HELS & BUCHWALD, 2001; SAEKI & MACDONALD, 2004).

O conhecimento dos fatores determinantes dos atropelamentos é fundamental para a tomada de decisão sobre onde e como devem ser aplicadas as medidas mitigadoras que propiciarão a conservação da fauna ao lado das rodovias, tornando as estradas mais permeáveis.

Deste modo, o objetivo deste estudo é apresentar a distribuição espacial dos atropelamentos de vertebrados em uma região situada no sudeste do Brasil e associar os resultados obtidos a alguns fatores condicionantes destas ocorrências.

II – MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

As rodovias amostradas estão localizadas entre os municípios de Araxá - MG e Franca-SP (Figura 1), em regiões com grande quantidade de veículos, com o total de 31782 para Araxá, ou um veículo para cada 2,76 habitantes e 141.408 para a cidade de Franca, ou um veículo para cada 2,26 habitantes (IBGE, 2007). O fluxo médio estimado para a rodovia

para a MG-428, 1566 veículos/dia (728 - 5306; DER-MG, 2008) e para a SP-334 é de 3475 veículos/dia (1835 - 5116; DER-SP, 2009).

O relevo é bastante acidentado nas duas regiões, com planaltos profundos e escarpas abruptas, com altitudes variando de 500 até mais de 1000m. Na hidrografia, os rios Grande e Araguari cortam a estrada e, próximo de Araxá, ocorre o rio Paranaíba, que em conjunto com o Grande forma a bacia do Paraná.

O clima é do tipo *Cwb* (Araxá - MG) e *Cwa* (tropical de altitude, Franca-SP) na classificação de Köppen, temperado, com invernos secos e mornos em Araxá - MG e invernos mais frios e verões mais quentes em Franca (conforme PEEL *et al.*, 2007). As temperaturas médias mensais oscilam entre 16 - 25 °C (19 - 22,5 °C/Araxá e 18.6 - 30,5 °C/Franca) e a pluviosidade anual média de 1650 mm para Araxá (CBMM – Araxá, dados não publicados) e 1598 mm para Franca (IMMET, dados não publicados), portanto as duas regiões apresentam duas estações bem definidas, uma seca e fria e a outra úmida e quente, com temperaturas mais amenas em Araxá.

A vegetação típica é o cerrado com predomínio de cerrado *strictu sensu*, áreas alteradas por atividades agrícolas e campo limpo de cerrado (Parque Nacional da Serra da Canastra - PNSC) há também áreas de encontro de vegetações entre a floresta estacional e savana, na região próxima ao rio Grande (IBGE, 2004).

Rodovias

MG-428

A rodovia está em bom estado de conservação do pavimento, porém possui poucos trechos com acostamento nas porções inicial, final e em um pequeno trecho intermediário (10 Km). Há apenas duas pistas de rolamento em toda a extensão, a sinalização é escassa, às vezes recoberta pela vegetação das margens que é cortada *ca.* uma vez por ano em porções próximas aos trevos de acesso ou fazendas.

Não há, aos lados, nenhuma cidade, mas ocorrem construções no trajeto, porém com frequência bem menor que a da SP-334. No trecho inicial, em Araxá, a rodovia margeia o pátio da Companhia Brasileira de Mineração e Metalurgia (CBMM, Km 14). Os municípios próximos, a até 20 quilômetros, são Jaguará e Sacramento também interligados por estradas vicinais com a MG-428. Há também trevos de acesso, postos de gasolina, construções rurais, ranchos, bares e restaurantes.

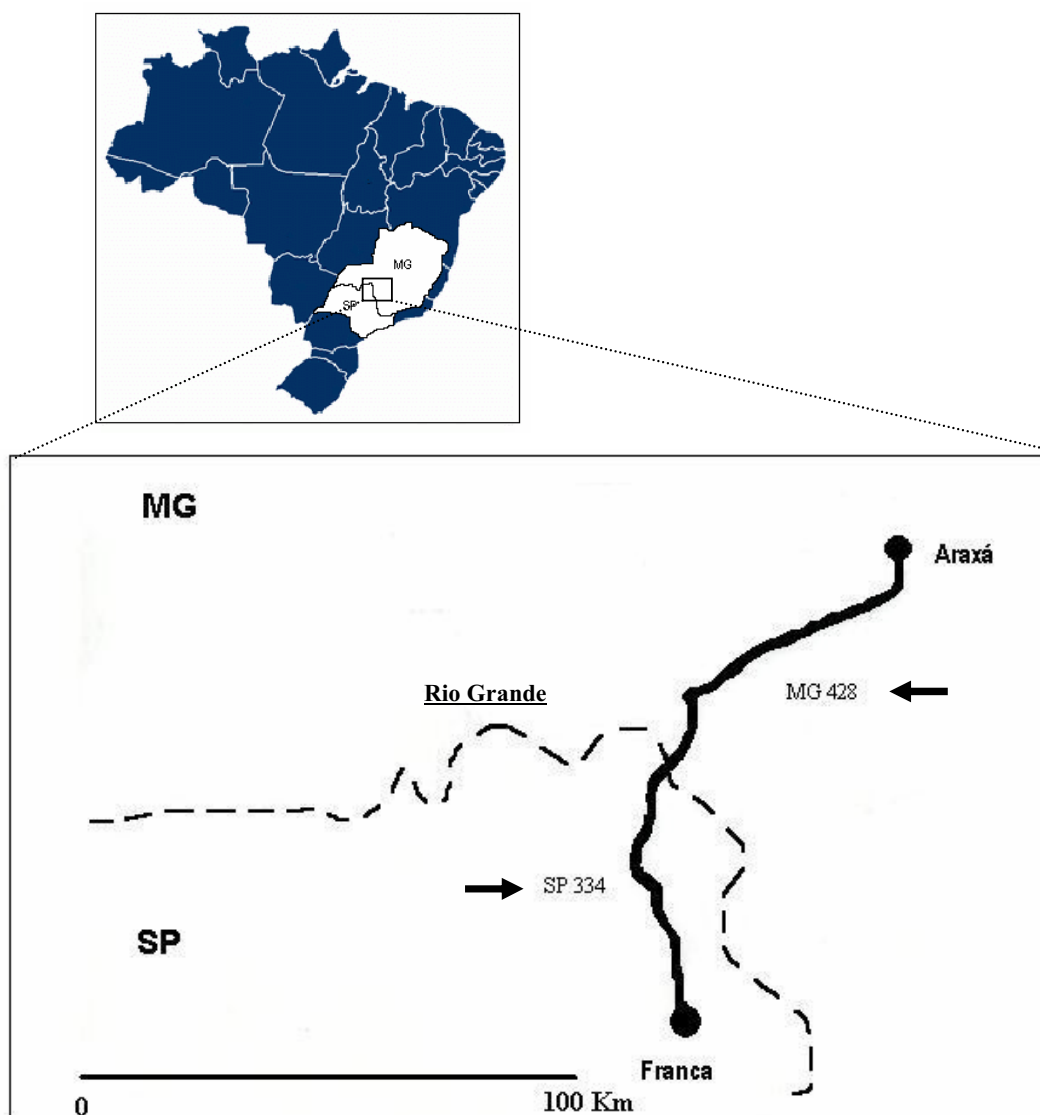


Figura 1. Localização das rodovias de estudo, MG-428 e SP-334 (setas), MG – Minas Gerais e SP – São Paulo.

Ao longo do percurso sinuoso, com algumas curvas bastante fechadas ($<90^\circ$) a altitude eleva-se por um relevo de grandes morros, montanhas, serras e vales, podendo chegar até os 1300 m quando sofre um novo declive na serra de Araxá chegando aos 1000 de altitude da cidade, no início do trajeto (Km 18).

No final (quilômetros 97 ao 106, próximo à divisa com São Paulo) aproxima-se da margem do rio Grande e do lago da represa de Jaguará, por cerca de 10 Km, local onde o relevo é de baixa altitude (500 m), pouco acidentado e plano.

Em Sacramento e próximo a Araxá a rodovia corta o entorno do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), além de vários córregos, riachos e o rio Araguari, em meio a uma profusão de curvas. Assim, a velocidade média e o tráfego são menores, na maior parte do trajeto, quando comparados com a SP-334.

Devido a região ser essencialmente agrária, há vários tipos de cultura ao longo da rodovia, desde Rifaina até Araxá (ou vice-versa), predominando café, soja, milho e silvicultura, onde há também plantações de batata, cana, feijão e frutas cítricas, bem como pastagens.

SP-334

O trecho da rodovia também apresenta bom estado de conservação, possuindo de duas (maior parte do percurso) a quatro pistas de rolamento (apenas nos três quilômetros iniciais, já na área urbana de Franca). É bem sinalizada, com acostamento pavimentado em toda sua extensão e manutenção constante, com corte da vegetação nas margens.

Ao longo do percurso a rodovia passa ao largo das cidades de Cristais Paulista (Km 415), Pedregulho (Km 439) e Rifaina (Km 462). Os municípios de Ribeirão Corrente, Jeriquara, Alto Porã e Igaçaba estão interligados por estradas vicinais a SP-334 por uma distância de até 20 Km.

Há várias edificações nas margens, entre postos de gasolina, residências rurais, ranchos, construções abandonadas e trevos de acesso. Há também culturas de café, algodão, milho e frutas cítricas, além de pastagens e campos abandonados. Entre os municípios de Franca e Pedregulho, o relevo é plano, tornando-se bastante acidentado, no terço final, até as margens do rio Grande, com escarpas de morros, morros, colinas, vales e cânions nos lados da estrada. A altitude varia de 550 á 1050 m e há aclives e declives ao longo do percurso. A rodovia é predominantemente reta, com curvas suaves e amplas (ângulos > 90°).







A vegetação predominante nas margens é a alterada, com várias áreas plantadas, em seguida encontra-se o cerrado e suas variações, mas há também floresta estacional semidecidual e matas ciliares, com matas secundárias em sua maior parte, fato que demonstra o estado de alteração e fragmentação da região. Entre as árvores ocorrentes nas margens da rodovia (até 50 m), as mais comuns são: eucalipto, ipê, quaresmeira e espécies nativas do cerrado.

Métodos

O trecho de 160 Km (97 Km na MG-428 e 63 Km na SP-334) foi percorrido 52 vezes, em viagens semanais de carro (janeiro a dezembro de 2007), totalizando 8320 Km, a uma velocidade média de 60 Km/h, com pelo menos dois observadores no veículo.

Sempre que um animal atropelado era avistado na pista ou acostamento, era feita uma parada para anotação, em planilha, dos seguintes dados: data e horário, espécie, quilômetro, localização geográfica (GPS), topografia, altitude, presença de acostamento, construções, uso do solo nos lados da rodovia e desenho da estrada (Tabela I).

Tabela I - Dados coletados em planilha de campo, para análise dos fatores condicionantes dos atropelamentos de vertebrados.

Espécie	Data e horário				
Quilômetro (Km)	Rodovia				
	MG-428	SP-334			
Localização	Coordenadas geográficas (GPS)				
Topografia	Dos lados da rodovia (linha escura representa o pavimento):				
	Escavada (1)			Plana (4)	
	Elevada (2)			Plano-escavada (5)	
	Escavada-elevada (3)			Plano-elevada (6)	
Altitude	Elevação (m)				
Acostamento	Presença (+)		Ausência (-)		
Construções*	Presença (+)		Ausência (-)		
Vegetação**	Presença (+)		Ausência (-)		
Desenho da Estrada	Reta	Curva	Aclive	Declive	Plana

* A até 200m da rodovia.

** Anotaram-se dados, referentes aos dois lados, sobre presença de: cerrado, matas, campos, pastagens, plantações, etc.

Análise dos Dados

Para descrição espacial, os dados amostrais dos atropelamentos (n = 746) foram agrupados por quilômetro nas duas rodovias. Para verificar se houve agregação dos atropelamentos ao longo dos quilômetros, realizou-se o teste do qui-quadrado (χ^2) de aderência, que procura verificar se as ocorrências de um evento distribuem-se uniformemente de acordo com o valor esperado (hipótese nula; VIEIRA, 1980).

A distribuição de Poisson, para dados espaciais e raros, foi utilizada, com base nos 746 eventos amostrais e serviu de parâmetro para probabilidades de ocorrência de atropelamentos em número igual ou menor e maior que o valor médio registrado.

Para análise da influência dos fatores condicionantes dos atropelamentos foi usado o teste da regressão logística múltipla, um tipo de análise multivariada, que testa se uma variável dependente (Y) binária, no caso os atropelamentos, é influenciada por duas ou mais variáveis independentes ou explanatórias ($X_1, X_2, X_3...X_n$, Tabela I; HOSMER & LEMESHOW, 2000; AYRES *et al.*, 2005).

Para a realização do teste foram analisados os dados das espécies em geral (excluindo animais domésticos), sendo obtidos aleatoriamente, nas duas rodovias, 100 registros de atropelamentos e 100 locais onde não houve nenhuma ocorrência destes durante o período de estudo. Um segundo modelo considerou apenas os mamíferos (exceto animais domésticos) e o terceiro apenas os animais domésticos (cães e gatos), por ocorrer nestes dois casos um número maior que 100 registros, permitindo a aleatorização e avaliação das diferenças dos fatores condicionantes entre animais terrestres.

Para as análises nos três casos, todas as variáveis da Tabela I foram convertidas em binárias, de modo a facilitar a interpretação e a adequação ao modelo (conforme HOSMER & LEMESHOW, 2000). Desta forma foram utilizados os seguintes dados: atropelamentos (ausente=0; presente=1), topografia (1, 2 e 3 = 0; 4, 5 e 6 = 1), altitude (<1000m = 0; $\geq 1000m = 1$); acostamento (- = 0 e + = 1), construções (- = 0 e + = 1), vegetação (quando mais de 50% das adjacências, há até 200m, não possuíam vegetação nativa, ausente = 0, quando a presença de vegetação era maior que 50% = 1) e desenho da estrada (curva = 0 e reta = 1).

Para verificar se um maior número de atropelamentos pode levar a novas ocorrências, utilizou-se o terceiro modelo (animais domésticos), pois estes animais normalmente estão em locais com maior número de registros, o que permite a obtenção de uma amostra maior e mais consistente. Assim, considerando-se a média anual de atropelamentos por quilômetro em 4,7, acrescentou-se uma sétima variável explanatória, onde os locais com número de atropelamentos/Km <5 foram considerados como 0 e os locais com $\geq 5 = 1$.

Para explicitar a influência das variáveis não binárias, relacionadas ao desenho da estrada (curva, reta, declive e aclive) e a topografia os dados foram agrupados em meses como repetições, em seguida foi feita a proporção mensal dos atropelamentos em cada mês e procedeu-se a análise da variância com um critério, comparando as médias *a posteriori* com o teste de Tukey.

Para verificar se os atropelamentos estão correlacionados ao fluxo de veículos, foi usado o teste de correlação de *Spearman* entre os dados de Volumes Diários Médios (VDM) em diferentes trechos da rodovia (DER-MG, 2008; DER-SP, 2009) e o somatório dos atropelamentos no mesmo trecho.

Todas as análises estatísticas foram executadas no programa BioEstat 4.0 (AYRES *et al.*, 2005).

III – RESULTADOS

Ocorreram 746 atropelamentos em um ano (4,7 DP 2,8 atropelamentos/Km/ano), sendo que a maior parte foram aves (48,1%), seguida de mamíferos (18,9%), animais domésticos (17,6%), anfíbios (9,1%) e répteis (6,2%), perfazendo um total de 118 espécies (inclusive quatro domésticas; para maiores detalhes rever capítulo 1).

Quanto à distribuição espacial 455 foram na rodovia MG-428 e 291 na SP-334, desigualmente dispostos, indicando agregação, tanto em Minas Gerais quanto em São Paulo ($\chi^2= 124.23$, $p= 0.028$ e $\chi^2= 150.87$, $p<0.0001$ respectivamente). Apenas quatro quilômetros (2,5%) não registram nenhum atropelamento, 102 (63,7%) de um a cinco ocorrências, 47 (29,4%) de 6-10 e apenas 7 (4,4%) com um número superior a 10 atropelamentos (Figura 2).

Na MG-428 houveram 14 quilômetros (14,4% da rodovia) onde o número de atropelamentos atingiu ou ultrapassou oito ocorrências, sendo que em dois deles atingiu-se 11 ocorrências (Km 41 e Km 52). Enquanto que na SP-334 foram 12 quilômetros (19% dos 63 Km), sendo que em seis deles o número de ocorrências foi de 10 ou mais (Kms 407, 432, 437, 438, 443 e 447). O maior número de atropelamentos foi no Km 437, com 14 ocorrências ($p<0.001$). Os Kms 407, 443 e 447 registraram 12 atropelamentos cada (Figura 2).

Segundo a distribuição de Poisson, a probabilidade de ocorrência ao acaso de um número maior que cinco atropelamentos em um mesmo quilômetro é de 0.0006 (Figura 3), ou seja, um evento raro, portanto a ocorrência de seis ou mais atropelamentos em um terço dos quilômetros amostrados, deve ser devido a fatores de influência ou condicionantes. A probabilidade de ocorrerem mais que seis atropelamentos em qualquer Km é praticamente nula.

Para os atropelamentos de animais silvestres em geral, quanto aos fatores condicionantes (seis variáveis explanatórias) verificou-se um modelo altamente significativo ($\chi^2= 25.6$; $p<0.001$), com a ocorrência de reta aumentando em 200% a frequência de

atropelamentos (odds = 3,0 $p < 0.001$) e a presença de vegetação em 126% (odds = 2,26, $p = 0.0183$), enquanto que a ocorrência de construções próximas apresentou uma tendência para influenciar as ocorrências, aumentando em 98% os atropelamentos (odds = 1,98, $p = 0.07$).

Os três fatores combinados (presença de reta, vegetação e construções), segundo o modelo, aumentam a probabilidade de atropelamentos de 17,2% (sem nenhum dos fatores) para 73,4%, ou seja, um incremento de 326,74%.

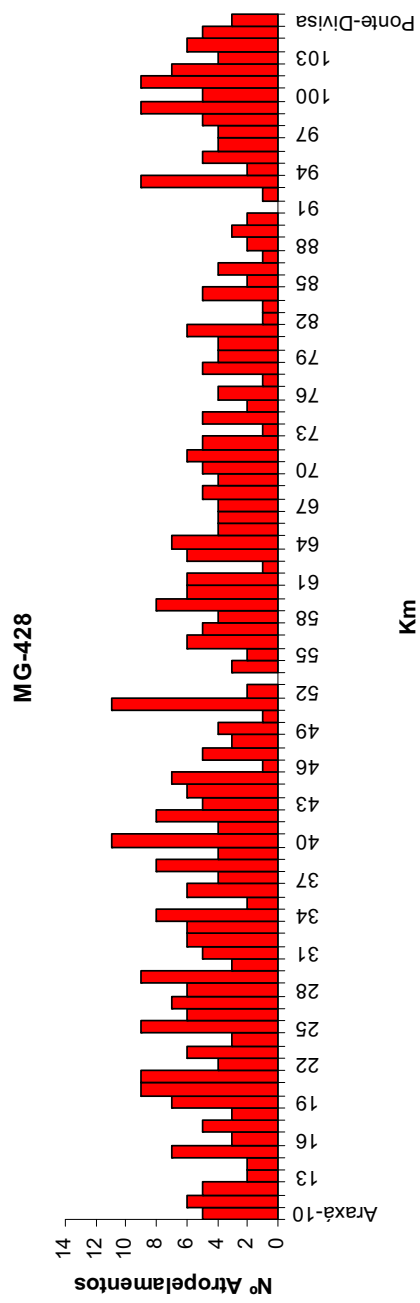
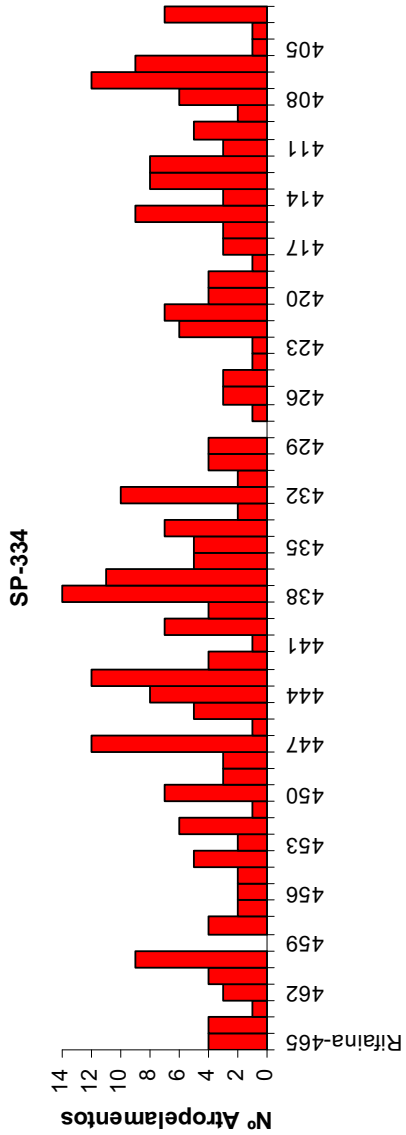


Figura 2 – Atropelamentos de vertebrados por quilômetro de estrada (acima SP-334, abaixo MG-428) no período de janeiro a dezembro de 2007. Houve distribuição irregular ao longo dos quilômetros nas duas rodovias ($\chi^2 = 150,9$, $p < 0.0001$; MG-428 $\chi^2 = 124,2$, $p < 0.05$).

Os atropelamentos de sapos (*Rhinella spp*) ocorrem em períodos de chuva, portanto a umidade é um fator determinante desta ocorrência. Dos 65 exemplares de sapos encontrados neste estudo, 64,6% (42) foram encontrados a até 100 m de matas ou corpos d'água.

No caso do tiziu (*Volatinia jacarina*), houveram 67 ocorrências de atropelamentos ao longo das estradas, sendo que 83,6% foram na MG-428 e praticamente a metade (49,2%) nos meses de janeiro, fevereiro e março. Os principais fatores envolvidos foram, presença de reta (72,2%), ausência de acostamento (58%), presença de capim e/ou cerrado próximos da estrada (75%). Vários dos exemplares coletados apresentavam sementes de capim em seu bico.

O modelo para os mamíferos foi ainda de maior significância que para os animais silvestres em geral ($\chi^2 = 37,1$; $p < 0.0001$), com as variáveis: presença de reta (odds = 3,6; $p < 0.0001$), vegetação (odds = 3,2; $p < 0.001$) e topografia plana em pelo menos um dos lados da rodovia (odds = 2,1; $p < 0.05$) sendo as mais significativas. A altitude ≥ 1000 apresentou uma tendência a influenciar os atropelamentos de mamíferos (odds = 1,8; $p = 0.08$). A combinação das três primeiras variáveis aumenta de 8,2%, quando nenhuma delas está presente, para 67,5% (incremento de 723,2%) a probabilidade de ocorrência de atropelamentos de mamíferos.

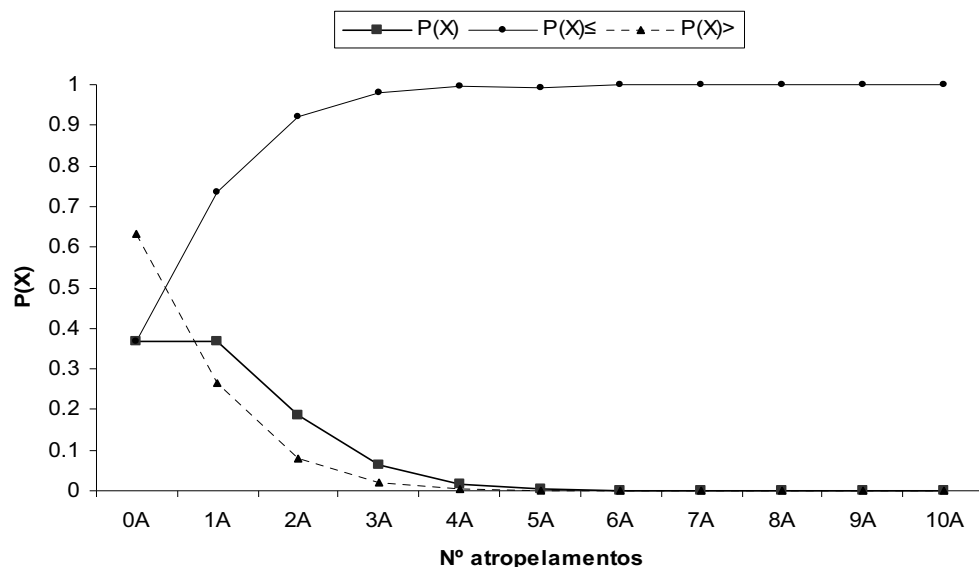


Figura 3 – Distribuição de probabilidades associadas a ocorrências espaciais (distribuição de Poisson). $P(X)$ = probabilidade de ocorrência do evento, de acordo com o tamanho amostral ($n=746$).

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foi à espécie ameaçada de extinção com maior número de exemplares atropelados, em que cinco dos seis indivíduos registrados foram encontrados em Minas Gerais e 83,3% próximos (a até 100m) de fragmentos de cerrado ou mata. Metade das colisões ocorreu em retas e outra em curvas, a maior parte em locais sem acostamento (83,3%) e com topografia plana em pelo menos um lado da rodovia (67%).

O modelo da regressão logística também foi altamente significativo para animais domésticos ($\chi^2= 86.4$; $p<0.0001$) atropelados, considerando que as variáveis ocorrência de ≥ 5 atropelamentos ($p < 0.0001$), desenho da estrada ($p < 0.01$), presença de acostamento ($p < 0.05$) e de construções ($p < 0.05$), foram as mais significativas.

Isto indica que, próximo de construções, onde normalmente há acostamento, presença de vegetação e com a rodovia reta, os atropelamentos de animais domésticos são bem mais freqüentes [$P(Y)=59,1\%$]. A inclusão da variável atropelamentos ≥ 5 neste modelo provoca um incremento de 65,3% nas probabilidades [$P(Y)= 97,7\%$; Tabela II]

Tabela II – Atropelamentos e fatores condicionantes das rodovias. Dados obtidos da Análise de Regressão Logística para animais domésticos ($\chi^2= 86,4$; $p < 0.0001$). Variáveis analisadas na 1ª coluna, razão de chances média para o fator em relação aos controles na 2ª coluna, significância estatística (valores de $p < 0.05$ significativos, em negrito), indicando que o fator influencia nos atropelamentos. Na 3ª coluna Intervalo de Confiança (IC - 95%) para o "Odds", na 4ª coluna probabilidade de atropelamentos quando o fator está presente, segundo a equação de regressão e 5ª coluna, probabilidade de fatores presentes associados, letras entre parêntesis indicam as variáveis utilizadas na equação.

Variável	Odds Médio	p-valor	IC 95% (Odds)	P(Y)-%	P(Y)-% Associada
Atropelamentos ≥ 5 (a)	16	<0.0001	6,1-42,2	33,3	97,7 (d, e, f, g)
Topografia (b)	2,0	0.1644	0,76-5,2	5,8	98,2 (todos)
Elevação (c)	0,6	0.4178	0,23-1,8	2,0	3,9 (c)
Acostamento (d)	2,9	0.0325	1,09-7,9	8,4	72,7 (e, f, g)
Construções (e)	2,9	0.0254	1,14-7,4	8,3	21,0 (d)
Vegetação (f)	2,9	<u>0.0546</u>	0,98-8,8	8,4	20,9 (g)
Desenho (g)	3,4	0.0069	1,40-8,3	9,7	59,3 (f)

Há diferenças altamente significativas ($F = 48.2$, $p < 0.0001$) nas proporções mensais de atropelamentos entre as formas da estrada [reta plana (R/P), reta com declive (R/D), reta com aclive (R/A), curva plana (C/P) , curva com declive (C/D) e curva com aclive (C/A)

Figura 4; tabela III]. Ocorreram em média mais atropelamentos, segundo o teste de Tukey, em locais de reta-plana ($p < 0.01$), seguidos de locais em retas com declive ($p < 0.01$; Figura 4, Tabela III).

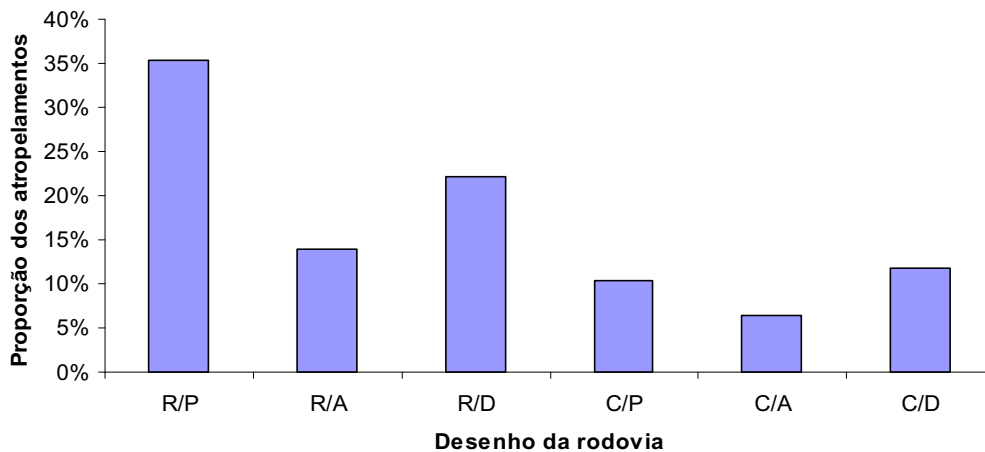


Figura 4 – Distribuição das proporções dos atropelamentos de vertebrados nos diferentes desenhos da estrada (n=739 registros). R/P: Reta-Plana, R/A: Reta-Aclive, R/D: Reta Declive, C/P: Curva –Plana, C/A: Curva-Aclive e C/D: Curva-Declive.

Tabela III – Tabela da comparação de médias das proporções anuais de atropelamentos obtidas da ANOVA para o desenho da estrada, pós teste de Tukey. Letras iguais na mesma coluna indicam médias iguais, enquanto que letras diferentes na combinação de linhas e colunas indicam diferenças entre as médias ($p < 0.05$).

Tratamento	Média (proporção %)	Significância Teste de Tukey	P
Reta - Plana	35,27**	a	<0.01
Reta - Declive	22,82**	b	<0.01
Reta - Aclive	14,13*	c	<0.05
Curva - Declive	11,75	c d	Ns#
Curva - Plana	9,94	c d	Ns
Curva - Aclive	6,88	d	Ns

** Valores muito significativos;

* Valor significativo.

ns= não significativo.

Também foram verificadas ocorrências diferenciadas de atropelamentos, quando se consideram as proporções mensais nos seis tipos diferentes de topografia ($F = 29.7$, $p < 0.0001$). A ocorrência de atropelamentos foi maior em topografia plana ($p < 0.01$), seguida de

regiões escavadas e elevadas ($p < 0.01$) cujas proporções foram estatisticamente iguais às de regiões plano-escavadas ($p > 0.05$; Figura 5, Tabela IV).

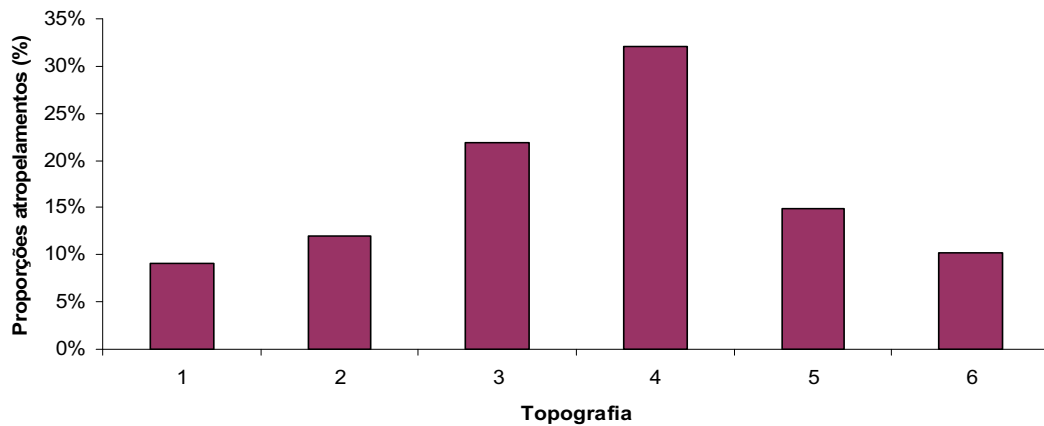


Figura 5 – Distribuição das proporções dos atropelamentos de vertebrados nos diferentes tipos de topografia ao lado da estrada (n=738 registros). 1- Escavada, 2- Elevada, 3- Escavada-elevada, 4- Plana, 5- Plano-escavada e 6- Plano-elevada.

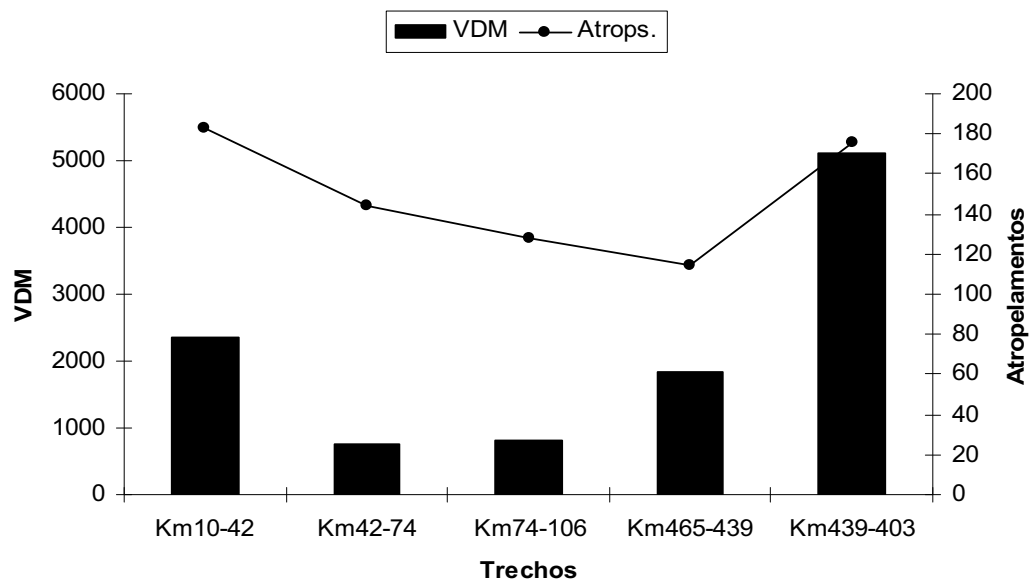


Figura 6 – Volume Diário Médio (VDM) de veículos e atropelamentos de vertebrados em trechos de mesmo tamanho (32km) das rodovias MG-428 (n = 3) e SP-334 (n = 2). (Dados de VDM modificados de DER - MG, 2008 e DER - SP, 2009). ($r_s = 0.5$, $p = 0.39$).

Os dados do volume médio diário de veículos e o somatório dos atropelamentos nos cinco trechos amostrados pelos Departamentos de Estradas de Rodagem dos dois estados estão representados na Figura 6, não ocorreu correlação entre as variáveis segundo o teste de correlação por ranqueamento de *Spearman* ($r_s = 0.39$, $p = 0.5$).

Tabela IV – Tabela de comparação de médias das proporções anuais de atropelamentos obtidas da ANOVA para a topografia dos lados da estrada, pós-teste de Tukey. Letras iguais na mesma coluna indicam médias iguais, enquanto que letras diferentes na combinação de linhas e colunas indicam diferenças entre as médias ($p < 0.05$).

Tratamento	Média (proporção %)	Significância			p	
		Teste de Tukey				
Plana	32,59**	a			<0.01	
Escavada - elevada	21,35**		b		<0.01	
Plano - Escavada	14,92		b	c	#ns	
Elevada	12,39			c	d	ns
Plano - Elevada	9,75			c	d	ns
Escavada	9,00			c	d	ns

** Valores muito significativos;

#ns= não significativo.

IV – DISCUSSÃO

O crescimento do fluxo de veículos no Brasil, aliado a expansão das rodovias (BRASIL, 2007), tende a agravar o problema das ameaças a fauna e flora silvestres, bem como a ocorrência de atropelamentos de animais, os quais, algumas vezes, podem causar prejuízos aos veículos e acidentes, com ferimentos, aos motoristas. Tais fatos além de serem normalmente registrados nos E.U.A., também podem ter os prejuízos econômicos avaliados (ROMIN & BISSONETTE, 1996). No Brasil, há registros das ocorrências nas rodovias federais, porém não são relatados os animais envolvidos, muito menos os detalhes dos fatores condicionantes, apesar das polícias rodoviárias estaduais e federais terem algumas destas informações (PRF, 2003, PREs de SP e MG, 2007 dados não publicados). Segundo a PRF (2003), houveram 3872 acidentes com animais nas rodovias federais, sendo que 72 pessoas morreram.

São vários os fatores condicionantes dos atropelamentos de animais, entretanto, os estudos tem demonstrado que a evolução do tráfego, com o aumento do número de veículos e

da velocidade nas rodovias, aliado a fatores intrínsecos a estrada, como o desenho, topografia e a presença de vegetação nativa contribuem positivamente para o aumento destas ocorrências (FISCHER, 1997; HELS & BUCHWALD, 2001; CLEVINGER *et al.*, 2003; GUNSON *et al.*, 2003; PRADA, 2004; SAEKI & MACDONALD, 2004; PFEIFER *et al.*, 2008). Neste estudo, a ocorrência prévia de atropelamentos no local, o desenho da estrada, a presença de vegetação, acostamento e construções e a topografia nivelada são os principais fatores desencadeantes.

Devem ser levadas em consideração também as diferenças intrínsecas de cada espécie ou grupo de animais. A densidade dos animais, a velocidade ao cruzar a estrada e o tamanho do animal relacionado a largura e número de pneus dos veículos, como discutido por HELS & BUCHWALD (2001) para explicar o alto índice de atropelamentos de rãs na Dinamarca.

A ocorrência de muitos sapos próximos de corpos d'água é um fato registrado em outros estudos (FISCHER, 1997; HELS & BUCHWALD, 2001; PRADA, 2004; SANTOS *et al.*, 2007)). Provavelmente a atividade noturna, aliada a alta densidade local destas espécies em alguns dias de chuva e o provavelmente o fluxo maior de caminhões durante a noite, com mais pneus e de maior largura, concorreram para ter provocado os atropelamentos destas espécies, que em alguns dias chegaram a atingir 90% dos exemplares atropelados.

As aves estão sujeitas a interferência provocada pelos ruídos dos veículos, o qual afeta diversamente a comunicação e reprodução de algumas espécies, mas pode também beneficiar outras mais comuns (PERIS & PESCADOR 2004). Também estão sujeitas a serem atropeladas durante o vôo, na busca ou captura de alimento, estabelecimento de território e dispersão, devido ao choque com veículos, que quanto mais altos e largos, maior será o risco. Este é o caso do tiziu e outros emberizídeos. Segundo (SICK, 1997) o tiziu é um dos emberizídeos mais comuns no Brasil, habitando paisagens abertas, capinzais, arrozais e, em São Paulo parece desaparecer durante o inverno.

Os atropelamentos desta espécie devem-se então muito mais ao seu comportamento e ecologia do que aos fatores da estrada, embora o fluxo e a velocidade dos veículos não possam ser desprezados, bem como e, principalmente a presença de muito capim costumeiramente alto, na beira da estrada.

Em relação aos mamíferos, animais terrestres, com deslocamento rápido e que, com o aumento de tamanho, tem maiores áreas de vida e maior mobilidade, os atropelamentos ocorrem também em função do comportamento das espécies, pois os fatores condicionantes indicam esta direção.

Os registros de atropelamentos de mamíferos associados a topografia nivelada, a presença de vegetação e em altitudes acima de 1000m são corroborados por outros estudos (CLEVENGER, 2003; GUNSON *et al.*, 2003; HUBBARD, 2000; PFEIFER *et al.*, 2008; PUGLISI, 1974).

O tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foi encontrado por seis vezes neste estudo, 91 registros nos estudos de FISCHER (1997) no Pantanal, apenas uma vez por PRADA (2004) e duas por PRADO *et al.* (2006) em Goiás . Estas diferenças são difíceis de explicar, mas podem estar relacionadas aos ambientes estudados e a área de ocorrência da espécie. Pois os estudos do Pantanal, Goiás e este estudo, foram feitos em áreas próximas ao Cerrado relativamente preservado no Brasil (Serra da Canastra, neste estudo), enquanto que o trabalho de PRADA (2004) foi feito no interior de São Paulo, local de extensiva exploração agropecuária e urbana. Assim, os atropelamentos, neste caso, podem estar refletindo a abundância da espécie, como foi registrado para os tatus nos E.U.A. (Flórida) e lobos na Itália (LOUGHRY & McDONOUGH, 1996; SAEKI & MACDONALD, 2004).

Considere-se também o hábito crepuscular e noturno da espécie, a busca por matas para se abrigar do frio durante a madrugada, aliado ao fato de ser lento, mais a dificuldade de caminhar no asfalto e, segundo alguns motoristas, o fato de “parar” diante do caminhão quando iluminado pelos faróis, são fatores sinérgicos que certamente determinam a morte deste animal ao estar sobre a estrada e deparar-se com um veículo (MIRANDA, 2004; CAMILO-ALVES, 2006; *Obs pess.*).

Neste estudo foram encontrados poucos registros de pequenos mamíferos, muito provavelmente pelo fato de a estrada se tornar uma barreira intransponível para muitos deles (OXLEY *et al.*, 1974). Entretanto a taxa de remoção é um fator de grande importância quando se analisam os atropelamentos de pequenos animais (CLEVENGER *et al.*, 2003; PRADA, 2004; PFEIFER *et al.*, 2008), pois durante a amostragem, por algumas vezes foram vistos gaviões recolhendo pequenos animais na estrada.

Outro fator que deve ser levado em consideração é o fluxo de veículos, que em regiões com maior densidade de habitações deve ser maior, como pode ser observado em dados obtidos dos DERs de MG e São Paulo (Figura 6). NIELSEN *et al.* (2003) demonstrou que o número de colisões com cervos é menor em locais com mais construções, portanto este fator deve influenciar de forma diferente as espécies silvestres como visto com os animais domésticos. CLEVINGER *et al.* (2003) encontraram que animais em geral tem mais probabilidade de serem atropelados em regiões próximas a cidades. Neste estudo a

proximidade de construções ou cidades influenciou apenas o atropelamento de animais domésticos.

Neste caso, os cães e gatos, podem estar sendo atraídos por animais atropelados na rodovia e sendo mortos por veículos, portanto a medida de recolher animais atropelados na rodovia poderia diminuir os atropelamentos destes animais e também dos comedores de detritos como o urubu, gaviões, corujas etc.

Além disso, a presença de acostamento e construções, associada a um número maior de atropelamentos no local, aumenta a probabilidade de um animal doméstico (cão + gato) ser atropelado para 94,1%. Enquanto que a ausência destes fatores diminui a probabilidade de atropelamentos para 9,85%.

CLEVENGER *et al.* (2003) registraram que seis variáveis explicam os atropelamentos de mamíferos, entre elas a topografia, que tem o maior poder explanatório, pois segundo ele, estes são mais atropelados em locais nivelados do que escavados ou elevados, seguido de proximidade com a cobertura vegetal, baixas elevações e distância de passagens para animais selvagens. Apesar da fauna e as rodovias serem bastante diferentes, este estudo também registrou a importância da vegetação e topografia para a ocorrência de atropelamentos de mamíferos. As baixas elevações registradas no estudo de GUNSON *et al.* (2003) para colisões com alces e cervos no Canadá, devem ser semelhantes as maiores altitudes registradas aqui, já que estes autores trabalharam em regiões montanhosas do Canadá, a entre 1300 e 3400 m.

Quando se está indo de Franca para Araxá, a estrada apenas irá apresentar um relevo mais acidentado ou contornos mais proeminentes, quando ocorrem as descidas para os vales dos rios Grande, Araguari e córregos em regiões mais baixas. Nas serras e morros onde a altitude é maior, normalmente o relevo é mais suave e a topografia plana.

Não houve correlação entre fluxo de veículos e atropelamentos, pois para São Paulo os valores são projeções baseadas na evolução do tráfego (DER-SP, 2009). Além disso, os dados do fluxo de veículos são obtidos em seis pontos medianos definidos da estrada (dois no trecho SP e quatro na MG), portanto, não consideram a total variação no tráfego, em função dos locais com mais atropelamentos, como pontos próximos a cidades, ou mais afastados. E, apesar da amostragem ser aleatória, durante o ano, os valores são obtidos em horários, até às 21h, portanto o fluxo de veículos, que sofre uma queda abrupta durante a noite, pode influenciar as estimativas, caso seja feito durante todas as horas do dia como verificado em outros estudos.

Em suma, os fatores condicionantes registrados, são coincidentes com aqueles encontrados por outros autores nos Estados Unidos, Europa e, até mesmo, por dados oficiais sobre acidentes em rodovias no Brasil (68% em retas; atropelamentos de pessoas 4086 vs. Animal 3872; PRF, 2003). Assim, considerando as variações aqui registradas, associadas aos comportamentos noturnos, maior mobilidade e atração pelo ambiente de estradas - peculiares de algumas espécies - e a presença de animais domésticos, as medidas mitigadoras utilizadas em outros países podem e devem ser aplicadas em nossas estradas, desde que estudos prévios como este sejam feitos e levados em consideração. Além disso, as particularidades do tráfego precisam ser consideradas e medidas de redução de velocidade, bem como a educação dos motoristas, podem e devem ser aplicadas, já que de 1990 a 2003 a frota de veículos no Brasil saltou de pouco mais de 18 para quase 37 milhões de veículos e há uma acentuada tendência do fluxo nas estradas estar seguindo o mesmo ritmo.

E, para que as medidas sejam efetivas e readequadas na redução dos atropelamentos, após a implantação, deve haver um monitoramento de longo prazo.

V – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, M.; AYRES Jr., M. & SANTOS, A. S. BioEstat 4.0: Aplicações estatísticas nas áreas das Ciências Biológicas e Médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém - PA, MCT – CNPq, 2005.

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. Brasília - DF: UNB - Universidade de Brasília: 55 p., 2006.

BONNET, X. ; NAULLEAU, G. & SHINE, R. The dangers of leaving home: dispersal and mortality in snakes. *Biological Conservation* 89(1): p. 39-50, 1999.

BRASIL Programa de Aceleração do Crescimento - PAC. *In*: Governo Federal (ed.). Comitê Gestor do PAC. Ministérios da Casa Civil, da Fazenda e do Planejamento, 2007. Disponível em: [www.brasil.gov.br] Acesso em: 25/03/2009.

CAMILO-ALVES, C. S. P. & MOURÃO, G. M. Responses of a specialized insectivorous mammal (*Myrmecophaga tridactyla*) to variation in ambient temperature. *Biotropica* 38(1): p. 52-56, 2006.

- CLEVINGER, A. P.; CHRUSZCZ, B. & GUNSON, K. E. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biological Conservation* 109(1):p. 15-26, 2003.
- DAVIES, J. M. ; ROPER, T. J. & SHEPHERDSON, D. J. Seasonal distribution of road kills in the European badger (*Meles meles*). *Journal of Zoology (London)* 211: p. 525-529, 1987.
- DER-MG. Boletim Rodoviário - 2008. *In*: Minas Gerais, DER (ed.). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas, Julho, 2008. Disponível em: [www.der.mg.gov.br]. Acesso em: 20/03/2009.
- DER-SP. Estatísticas de Tráfego - Volume diário médio (VDM): dados projetados. *In*: São Paulo DER (ed.). Secretaria dos Transportes, Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: [www.der.sp.gov.br]. Acesso em 20/03/2009.
- FISCHER, W. A. Efeitos da BR-262 na mortalidade de vertebrados silvestres: síntese naturalística para a conservação da região do Pantanal-MS. [Dissertação]. Campo Grande - MS: UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul: 44 p., 1997.
- GUNSON K. E.; CHRUSZCZ, B. & CLEVINGER, A. P. Large animal-vehicle collisions in the Central Canadian Rocky Mountains: patterns and characteristics. *In*: IRWIN C. L.; GARRET, P. & McDERMOTT, K. P. (eds). *Proceedings of the 2003 International Conference on Ecology and Transportation*. Raleigh, NC. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, E.U.A.: p. 355-366, 2003. Disponível em: [http://repositories.cdlib.org/jmie/roadeco/Gunson2003a]
- HELST, T. & BUCHWALD, E. The effect of road kills on amphibian populations. *Biological Conservation* 99: p. 331-340, 2001.
- HOSMER, D. W. & LEMESHOW, S. *Applied logistic regression*, 2nd ed. Wiley-Interscience - John Wiley & Sons, Inc., New York, E. U. A.: 376 p., 2000.
- HUBBARD, M. W.; DAVID??, B. J. & SCHMITZ, R. A. Factors influencing the location of deer-vehicle accidents in Iowa. *Journal of Wildlife Management* 64: p. 7070-7712, 2000.
- IBGE . IBGE - Cidades@. Brasília, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2007. Disponível em [www.ibge.gov.br]. Acesso em: 27/03/2009.

- KIEKEBUSCH, A. Morte nas estradas. *Ciência Hoje* 42(250): p. 74-76, 2008.
- LOUGHRY, W. J. MACDONOUGH, M. Are road kills valid indicators of armadillo population structure? *American Midland Naturalist* 135: p. 53-59, 1996.
- LOVARI, S. S. A.; SCALA, C. & FICO, R. Mortality parameters of the wolf in Italy: does the wolf keep himself from the door? *Journal of Zoology (London)* 272(2): p. 117-224, 2007.
- MADER, H. J. Animal habitat isolation by roads and agricultural fields. *Biological Conservation* 29: p. 81-96, 1984.
- MAEHR, D. S. LAND, E. D.; ROELKE, M. E. Mortality patterns of panthers in Southwest Florida. *Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association Fish and Wildlife Agencies* 45: p. 201-207, 1991.
- McCLURE, H. E. An analysis of animal victims on Nebraskas's Hgihways. *Journal of Wildlife Management* 15: p. 410-420, 1951.
- MIRANDA, G. H. B. Ecologia e Conservação do Tamanduá-Bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*, LINNAEUS, 1758) no Parque Nacional das Emas. Tese de Doutorado, Brasília - DF, Universidade de Brasília - UNB: 67 p., 2004.
- NIELSEN C. K.; ANDERSON, R. G. & GRUND, M. D. Landscape influences on deer-vehicle accident areas in an urban environment. *Journal of Wildlife Management* 67(1): p. 46-51, 2003.
- NOVELLI, R.; TAKASE, E. & CASTRO, V. Study of birds killed by collision with vehicles in a stretch of highway BR-471, between Quinta and Taim, Rio Grande do Sul, Brazil. *Revista Brasileira de Zoologia* 5(3): p. 441-454, 1988.
- OXLEY, D. J.; FENTON, M. B. & CARMODY, G. R. The effects of roads on populations of small mammals. *Journal of Applied Ecology* 11: p. 51-59, 1974.
- PEREIRA, A. P. F. G.; ANDRADE, F. A. G. & FERNANDES, M. E. B. Dois anos de monitoramento dos atropelamentos de mamíferos na rodovia PA-458, Bragança, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi* 1(3): p. 77-83, 2006.

- PERIS, S. J. & PESCADOR, M. Effects of traffic noise on passerine populations in Mediterranean wooded pastures. *J. Applied Acoustics* 65: p. 357-366, 2004.
- PFEIFER, I.; KINDEL, A. & COELHO, A. V. P. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54(2008): p. 689-699, 2008.
- PHILCOX, C. K.; GROGAN, A. L.; MACDONALD, D. W. Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: p. 748-762, 1999.
- PRADA, C. D. S. Atropelamentos de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise de fatores envolvidos. Dissertação de mestrado, São Carlos - SP, UFSCar - Universidade Federal de São Carlos. 129 p., 2004.
- PRADO, T. R.; FERREIRA, A. A. & GUIMARÃES, Z. F. Efeito da implantação de rodovias no cerrado brasileiro sobre a fauna de vertebrados. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, Maringá 28(3): p. 237-241, 2006.
- PRF. Estatísticas de acidentes de trânsito nas rodovias Federais do País. *In: Polícia Rodoviária Federal-PRF* (ed.). Site Estradas.com.br, 2003. Disponível em [www.estradas.com.br] Acesso em: 01/04/2009.
- PUGLISI, M. J.; LINDZEY, J. S. & BELLIS, E. D. Factors associated with highway mortality of white-tailed deer. *Journal of Wildlife Management* 38 (4): p. 799-807, 1974.
- ROMIN, L. A. & BISSONETTE, J. A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24(2): p. 276-283, 1996.
- SAEKI, M. & MACDONALD, D. W. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biological Conservation* 118: p. 559- 571, 2004.
- SANTOS, X.; LLORENTE, G. A.; MONTORI, A.; CARRETERO, M. A.; FRANCH, M.; GARRIGA, N. & RICHTER-BOIX, A. Evaluating factors affecting amphibian mortality on roads: the case of the Common Toad *Bufo bufo*, near a breeding place. *Animal Biodiversity Conservation* 30 (1): p. 97-104, 2007.

- MELO, E. S. & SANTOS-FILHO, M.. Efeitos da BR-070 na Província Serrana de Cáceres, Mato Grosso, sobre a comunidade de vertebrados terrestres. *Zoociências* 9(2): p. 185-192, 2007.
- SEILER, A. & HELLDIN, J. O. CHAPTER 8: MORTALITY IN WILDLIFE DUE TO TRANSPORTATION. *In*: DAVENPORT, J. & DAVENPORT, J. L. (eds.). The ecology of transportation managing mobility for the environment. Netherlands: Springer. p. 165-189, 2006.
- SICK H. *Ornitologia Brasileira*. Rio de Janeiro - RJ: Editora Nova Fronteira: 862 p., 1997.
- STEEN, D. A. & GIBBS, J. P. Effects of roads on the structure of fresh water turtle populations. *Conservation Biology* 18(4): p. 1143-1148, 2004.
- van der ZEE, F. F.; WIERTZ, J.; TER BRAAK, C. J. F.; APELDOORN, R. C. Landscape change as a possible cause of the badger *Meles meles* L. decline in The Netherlands. *Biological Conservation* 61: p. 17-22, 1992.
- VIEIRA, E. Highway mortality of mammals in central Brazil *Ciência e Cultura* 48 (4): p. 270-272, 1996.
- VIEIRA, S. *Introdução à Bioestatística*. 3ª ed. São Paulo - SP, Editora Campus. 196 p., 1980.
- VIEIRA, S. *Bioestatística - Tópicos avançados*. 2ª ed. São Paulo - SP, Editora Campus: 217 p., 2004.

CAPÍTULO 3 - DISPOSIÇÃO A PAGAR (DAP) DOS USUÁRIOS DAS RODOVIAS SP - 334 E MG - 428 PELA CONSERVAÇÃO DE VERTEBRADOS ATROPELADOS: ESTIMATIVA DOS IMPACTOS ECONÔMICOS.

I. INTRODUÇÃO

Segundo um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais Aplicadas (IPEA) e pelo Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), o custo dos acidentes em rodovias no Brasil atingiu a cifra de R\$ 22 bilhões por ano, considerando-se gastos com saúde, afastamento temporário ou permanente, remoção e translados, danos e remoção dos veículos, perda de cargas, custos judiciais, atendimento policial e danos a proprietários (IPEA, 2006).

Pesquisas têm demonstrado que os atropelamentos podem ser uma das principais causas de mortalidade para algumas espécies, representando atualmente a segunda maior ameaça para a conservação da fauna no mundo (MAEHR *et al.* 1991; PHILCOX *et al.*, 1999; HELS, 2001; SAEKI & MACDONALD, 2004; SEILER & HELLDIN, 2006; KIEKEBUSCH, 2008).

Segundo BISSONETE *et al.* (2008) foram estimados 6.1 milhões de colisões reportadas pelas autoridades dos E. U. A. no ano de 2000 e 4% (247.000) envolveram um veículo colidindo com um cervo (*Odocoileus* spp).

Em um projeto piloto, na região de Araxá - MG e Franca-SP, foram encontrados 36 exemplares de mamíferos de médio e grande porte atropelados, pertencentes à pelo menos 10 espécies, em quatro rodovias (BR-262, BR-050, MG-428 e SP-334) resultando em uma estimativa de 266 animais mortos no ano (FREITAS & DIAS, 2004).

No período de 1991 a 1994, somente para médios e grandes mamíferos, no Brasil Central, foram estimados cerca de 730 exemplares em apenas duas rodovias, conectando Brasília a Belo Horizonte e a Campinas (VIEIRA, 1996). E, a partir destes dados estimou-se que 2700 mamíferos estejam morrendo por ano em áreas de cerrado no Brasil.

Além dos prejuízos ecológicos nas populações animais, como declínio populacional ou efeito barreira (MADER, 1984), fatores ainda não avaliados no Brasil. Há também prejuízos econômicos, como danos aos veículos, ferimentos e/ou morte dos motoristas e passageiros, além da perda de animais que possuem um valor de mercado, associado, por exemplo, a caça, uso humano direto ou indireto (ROMIN & BISSONETE, 1996; BISSONETE *et al.* 2008; Obs. pess.).

A valoração econômica dos recursos ambientais tem sido muito utilizada em trabalhos para referenciar estimativas do impacto ambiental de determinados empreendimentos, sendo que é também um importante critério no processo de tomada de decisões na definição de políticas ambientais e de desenvolvimento sustentável (MAIA *et al.*, 2004). Pode muitas vezes ser capaz de gerar eficiência no uso dos recursos ambientais, porque transfere para a população a priorização dos impactos mais relevantes e torna-se um importante fator de conscientização, na medida em que permite a construção de sistemas de contabilidade ambiental (MAIA *et al.*, 2004).

O método da valoração contingente é uma das medidas mais efetivas do valor de recursos ambientais não valoráveis, pois busca captar a Disposição a Pagar (DAP) da população pela conservação de um recurso ambiental, de modo a revelar as preferências contingenciais das pessoas, em valores monetários. Este simula um mercado hipotético, para bens ambientais que não possuem valor definido, informando devidamente o entrevistado sobre os atributos do recurso a ser avaliado e interrogando o mesmo sobre sua DAP para obter uma melhoria de qualidade ou quantidade do recurso ambiental (MAIA *et al.*, 2004).

É um importante instrumento da economia, pois considera que o que está sendo valorado são as preferências das pessoas em relação a um recurso ambiental, ou seja, as mudanças de qualidade ou oferta de determinado recurso (ORTIZ, 2003). Assim, busca captar não o valor de um recurso, mas os prejuízos e benefícios decorrentes de sua perda ou manutenção (MATTOS & MATTOS, 2004).

Também permite captar valores de uso (direto, como extração, visitação, consumo direto e indireto como serviços ambientais, qualidade do ar, água solo) e não uso (valor de opção), que significa manter o recurso para uso futuro e valor de existência relacionado à satisfação pessoal do indivíduo (ORTIZ, 2003; MAIA *et al.*, 2004).

No Brasil, as experiências com métodos de valoração econômica ambiental para apoiar a formulação de políticas estão em fase inicial, quando comparadas com os casos Norte-Americano e Europeu (ORTIZ, 2003). Nos Estados Unidos, LOOMIS *et al.*(1989) calculou, através da valoração contingente, um valor médio de US\$ 236 por cervo, enquanto que ROMIN (1994) estimou que cerca de 536.000 cervos morreram nas estradas americanas em 1991, o que produz um custo de aproximadamente US\$ 126,5 milhões. Ainda nos Estados Unidos vários trabalhos têm calculado os prejuízos materiais advindos da colisão de veículos com cervos, tendo sido obtidos valores desde US\$ 500 por veículo (REED *et al.*, 1982) até US\$ 1,600 (GUTOS, 1987), com prejuízos totais estimados em até US\$ 31,141,777 ou US\$ 1,881 por acidente (NATIONWIDE INSURANCE, 1993).

Ao verificar a extensão e gravidade do problema, com a perda anual de milhões de exemplares de animais, este trabalho procurou obter a Disposição a Pagar (DAP) dos usuários das rodovias MG-428 e SP-334 em relação à ocorrência de atropelamentos de vertebrados e suas consequências.

Para analisar se há fatores que influenciam a DAP, obteve-se o perfil sócio-econômico dos usuários, de forma a estabelecer possíveis correlações que interfiram nos valores a serem pagos. Finalmente são elaboradas estimativas dos prejuízos econômicos relacionados aos atropelamentos de vertebrados nas duas rodovias.

II. MATERIAL E MÉTODOS

Coleta de dados

Os atropelamentos de vertebrados foram registrados no período de um ano (janeiro a dezembro de 2007) nas rodovias MG-428 e SP-334, entre os municípios de Araxá - MG e Franca - SP como forma de construir um cenário real para a realização das entrevistas.

Em seguida, no período de março - 2008 a janeiro - 2009, foram realizadas 601 entrevistas utilizando-se de um questionário estruturado (ANEXO), contendo dados pessoais do motorista, do veículo, informações sócio-econômicas e duas perguntas diretas envolvendo o atropelamento de animal e a Disposição a Pagar.

Na formulação do questionário, consideraram-se fatores como a ordem das questões, sendo que as questões relativas às características pessoais (sexo, idade) foram as primeiras, contendo também questões sobre a situação sócio-econômica (grau de escolaridade, renda mensal) que são úteis para a aproximação e conhecimento do perfil dos usuários.

Para a realização das entrevistas, foram utilizados quatro pontos: dois postos de abastecimento de combustível, um em Sacramento - MG (MG - 428, Posto São Domingos, Km 79, n = 200) e outro em Jariquera - SP (SP - 334, Postinho - Km 418; n = 100), e dois postos da Polícia Rodoviária Estadual respectivamente, em Araxá - MG (MG - 428, Km 14, n= 200) e Pedregulho - SP (SP - 334, Km 440, n = 101).

Para obter maior rigor nas análises estatísticas e obter uma DAP real, foi feita aleatorização dos motoristas nos quatro pontos de entrevista, e as mesmas foram realizadas em diferentes horários e dias da semana, de forma a se obter uma amostragem completa da população de usuários. Foi informado ao participante que os dados pessoais seriam mantidos em total sigilo, sendo estes apenas utilizados para as análises estatísticas em relação ao perfil do usuário e obtenção da DAP.

As entrevistas eram feitas por no mínimo dois e no máximo quatro entrevistadores treinados, incluindo os responsáveis pela pesquisa. Normalmente aos pares, procurando transmitir maior segurança e confiabilidade ao entrevistado.

A valoração econômica dos atropelamentos foi realizada nesta etapa, através do método de valoração contingente para avaliar qual o valor máximo que os usuários das rodovias estariam Dispostos a Pagar, utilizando como estratégia a implantação de um pedágio ecológico que arrecadaria os valores a serem pagos para evitar a ocorrência dos atropelamentos de animais nas rodovias em questão. Ocorrendo ao mesmo tempo, um trabalho de conscientização dos usuários entrevistados acerca do problema.

Na abordagem, o entrevistado era primeiramente perguntado se poderia colaborar com uma pesquisa sobre atropelamentos de animais na rodovia em que estava transitando. Em seguida era esclarecido sobre a importância da pesquisa, onde eram expostos dados sobre a ocorrência de atropelamentos, com fotos, estatísticas e relatos de ocorrência. Depois de coletadas as informações do questionário, era relatado que há várias medidas de mitigação e controle dos atropelamentos que deverão ser utilizadas (apresentadas ao usuário através de fotos e esquemas), relatando que são medidas algumas vezes dispendiosas, que também exigem manutenção. Por fim foi perguntado qual é o valor máximo que o indivíduo estaria disposto a pagar (DAP) em forma de pedágio ecológico, todas as vezes que utilizasse a rodovia, para evitar o atropelamento de animais, deixando bem claro que o valor seria compulsório. Cada entrevista durava, em média, de 5 a 8 minutos.

Era dado um tempo para a pessoa pensar e, depois, caso ela não se decidisse, foram apresentadas opções de valores em cartões de opção, incluindo a opção R\$ 0,00 (nenhuma

disposição) e não sei. Ao final, para ter a certeza do pagamento, o indivíduo entrevistado era novamente indagado sobre o valor que escolheu, ou seja, se ele pagaria mesmo aquele valor, assim que passasse em um “pedágio ecológico” logo à frente, todas as vezes que usasse a estrada.

Foi entrevistado apenas um usuário por veículo (preferencialmente o condutor), não sendo discriminados o tipo de veículo, de forma a se atingir uma boa representação amostral.

Análises Estatísticas

Foi calculada a média e a mediana (valor Máximo – Máx. e Mínimo – Mín.) para os valores da DAP nos quatro pontos e para os dados totais (n = 589 entrevistas, excluídos 11 respostas “não sei” e um valor R\$ 50,00 (US\$ 21.84, cotação de 30/03/09, considerado um *outlier*).

O perfil do usuário foi obtido através das freqüências relativas de respostas em cada questão. Para verificar se houve diferença na DAP dos usuários nos quatro pontos e nas rodovias, utilizou-se o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para mais de duas amostras independentes e o teste de Mann-Whitney para a comparação entre os dois estados.

Com base no Volume Diário Médio de veículos (VDM; DER-MG, 2008; DER-SP, 2009) para as duas rodovias construiu-se o Intervalo de Confiança (IC-95%) da média para os valores totais e nos dois estados, de forma a estimar os prejuízos econômicos relacionados aos atropelamentos. Também foi utilizado o IC-95% para estimar o número total de animais atropelados no Brasil. Primeiramente calculou-se o IC-95% da média de atropelamentos por quilômetro para animais silvestres e domésticos e em seguida multiplicou-se o resultado pelo número total estimado de quilômetros de rodovias no país, aproximadamente 1.700.000 Km (MT, 2004).

Como não houve distribuição normal dos dados, embora a DAP possa ser contínua, os valores pagos pelos usuários foram discretos e os dados de renda, escolaridade e freqüência foram anotados em faixas. Desta forma para proceder aos testes de correlação de Pearson, procedeu-se á transformação dos dados. Os usuários foram agrupados por faixa de renda (até R\$ 416,00; R\$ 417 - 1000,00; R\$ 1001 - 2000, R\$ 2001 - 3800,00 e > R\$ 3800,00), em seguida por nível de escolaridade (Ensino Fundamental Incompleto - EFI; Fundamental Completo - FC; Ensino Médio Incompleto - EMI; Ensino Médio Completo - EMC; Superior -

S e Pós-Graduação - PG) e frequência de uso da rodovia (de 0 a 1 vez ao ano; de 2 - 3 vezes ao ano; de 4 - 11 vezes ao ano; 1 - 2 vezes ao mês; 3 - 4 vezes ao mês; 2 - 5 vezes na semana e 6 vezes na semana a todos os dias). Em seguida, utilizou-se a frequência de usuários em cada estrato e a proporção da DAP oferecida correspondente aquela faixa para proceder ao teste de correlação de Pearson e verificar se há alteração nas proporções e, portanto a influência de algum destes fatores na DAP.

Para verificar se há relação entre o atropelamento de animal (conhecimento prévio do problema) e a DAP, contabilizou-se o número de indivíduos que não estiveram dispostos a pagar e, em seguida, foram divididos em dois grupos: os que atropelaram anteriormente algum animal e os que não atropelaram, e da mesma forma com os que estiveram dispostos a pagar, depois procedeu-se a realização do teste do qui-quadrado (χ^2) para testar a independência entre as variáveis atropelamento de animal e DAP.

Para contabilizar os prejuízos econômicos materiais associados aos veículos e ferimentos em usuários vítimas de acidentes com animais nas duas rodovias, buscou-se nos boletins de ocorrências das Polícias Rodoviárias Estaduais de Araxá e Pedregulho, os registros de acidentes envolvendo animais, no período de janeiro a dezembro de 2007. Em seguida, os acidentes foram classificados (conforme dados dos próprios boletins de ocorrência) em leves (apenas perdas materiais), moderados (com vítimas que não necessitaram ou não quiseram atendimento médico) e graves (com vítimas que foram atendidas em hospitais). Os prejuízos materiais e as pessoas foram calculados com base nas médias obtidas no estudo do IPEA (2006).

Como a maior parte dos animais atropelados registrados pela polícia, também foram registrados na amostragem deste estudo e, portanto, foram contabilizados nos cálculos da valoração contingente, o valor de mercado, neste caso, não foi considerado nos cálculos dos prejuízos associados, evitando superestimação dos prejuízos.

III. RESULTADOS

O valor médio da DAP obtido foi R\$ 1,94 \pm 1.76 (US\$ 0.85 \pm 0.77; US\$ 1.00 = R\$ 2,2891, cotação de compra do dólar do banco Central do Brasil dia 01/04/2009) para o posto da Policia Rodoviária de Araxá, R\$ 2,60 \pm 3.39 (US\$ 1.13 \pm 1.48) para o posto de abastecimento em Sacramento, R\$ 1,79 \pm 1,83 (US\$ 0.78 \pm 0.80) para o posto da Policia Rodoviária de Pedregulho, R\$ 2,19 \pm 2,37 (US\$ 0.96 \pm 1.03) para o posto de abastecimento

em Jeriquara - SP,. Enquanto que a média geral para as 589 entrevistas foi R\$ 2,17 ± 2,53 (Tabela I).

Não houve diferença entre os valores da DAP nos quatro pontos de amostragem ($H = 2.83$; $p=0.41$) e também em relação as duas rodovias [$Z(U) = 1.04$, $p = 0.30$].

Tabela I - Estatística descritiva média, desvio padrão (DP), mediana (M), valores máximo (Máx.), mínimo (Mín.) e número de entrevistas em relação a DAP(em R\$) nos quatro pontos de amostragem e em relação ao total de entrevistas. Excluídos 11 respostas "Não sei" e um R\$ 50,00 (outlier).

Polícia Rodoviária	SP - 334, Pedregulho Km 440	MG - 428, Araxá Km 14	
(R\$)	Média = 1,79 DP = 1,83 Mín. = 0,00 Máx. = 10,00 Mediana = 1,00 n = 101	Média = 1,94 DP = 1,76 Mín. = 0,00 Máx. = 10,00 Mediana = 1,00 n = 196	
Posto de Abastecimento	SP - 334, Jeriquara Km 418	MG - 428, Sacramento Km 89	
(R\$)	Média = 2,19 DP = 2,37 Mín. = 0,00 Máx. = 10,00 Mediana = 1,00 n = 97	Média = 2,60 DP = 3,39 Mín. = 0,00 Máx. = 20,00 Mediana = 2,00 n = 195	
Rodovias e total	SP - 334	MG - 428	Total
(R\$)	Média = 1,98 DP = 2,12 Mín. = 0,00 Máx. = 10,00 Mediana = 1,00 n = 198	Média = 2,26 DP = 2,69 Mín. = 0,00 Máx. = 20,00 Mediana = 2,00 n = 391	Média = 2,17 DP = 2,53 Mín. = 0,00 Máx. = 20,00 Mediana = 1,00 N = 589

Considerando-se um Volume Diário Médio de 3475.5 veículos na SP - 334 e 1611 na MG - 428 e o Intervalo de Confiança (IC-95%) da média, os valores anuais estimados a serem arrecadados na SP - 334 ficariam entre R\$ 2.143.862,00 e R\$ 2.892.311,00 (US\$ 936,552.36 e US\$ 1,263,514.48), enquanto que na MG - 428 estariam entre R\$ 1.170.150,00 e R\$

1.481.798,00 (US\$ 511,183,43 e US\$ 647,727.77), totalizando um valor aproximado de 3,3 a 4,4 milhões de reais (1,4 a 1,9 milhões de dólares) a serem obtidos como impactos dos atropelamentos de animais nas duas rodovias.

Em relação ao perfil, o usuário é homem (95,7%), dirigindo um carro de passeio (55,6%), com idade entre 26 - 45 anos (55,9%), com ensino médio completo (35,1%), renda mensal entre R\$ 1001 - 2000,00 (37,8%), que usa a rodovia de uma a cinco vezes na semana (46%), que relata não ter atropelado nenhum animal (54,7%) e que, em 88% dos casos está disposto a pagar algum valor para conservação dos animais (Tabela II).

Houve correlação positiva entre as frequências de usuários em cada faixa de renda e as proporções de DAP oferecidas ($r = 0.99$, $p < 0.01$; Figura 1), para os níveis de escolaridade ($r = 0.97$, $p < 0.01$; Figura 2) e a frequência de uso da rodovia ($r = 0.87$, $p < 0.01$; Figura 3). Tais informações indicam que os diferentes tipos de usuários contribuem igualmente com a DAP, independente de seu nível da renda, escolaridade ou uso das rodovias.

Tabela II – Perfil geral do usuário das rodovias SP-334 e MG 428 (n= 601 entrevistas).
Frequência relativa (%) das respostas as questões das entrevistas.

Característica	Categorias e distribuição de Frequências (%)					
	Masculino			Feminino		
Sexo	95,7			4,3		
Idade	16-25	26-35	36-45	46-55	56-65	>65
	9,9	24,5	31,4	22,5	9,4	2,2
Escolaridade	EFL	EFC	EMI	EMC	SUP	PG
	22,5	14,7	6,9	35,1	15,3	5,4
Renda	Até					
	416,00	416-1000,00	1001-2000,00	2001-3800,00	>3800,00	Não Informou
	4,5	21,8	37,8	17,7	16	2,2
Frequência de uso	Até					
	1x/ano	2-3X/ano	4-11X/ano	1-2X/mês	3-4X/mês	2-7X/semana
	6,9	6,9	10,1	16,9	23,1	36,1%
Já atropelou?	Sim			Não		
	45,3			54,7		

Verificou-se que houve dependência entre a ocorrência prévia de atropelamento por parte do condutor do veículo e a disposição a pagar ($\chi^2 = 4.2$; $p < 0.05$), portanto quando o indivíduo não tem conhecimento prévio do problema, aumenta a possibilidade de não estar disposto a pagar pela proteção aos animais atropelados.

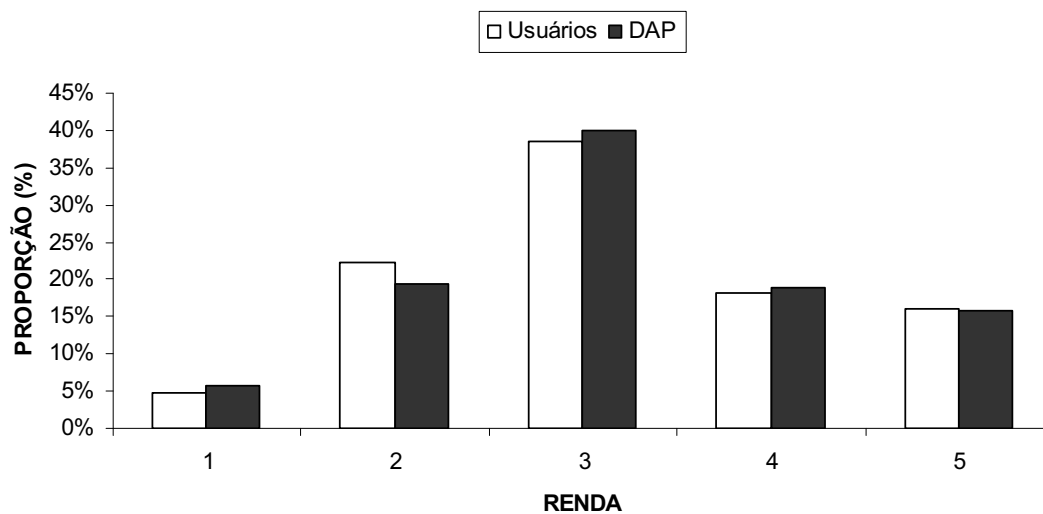


Figura 1 – Faixa de renda e disposição a pagar dos usuários, proporções registradas (n = 600 entrevistas). 1- Até R\$ 416,00, 2- R\$ 416 - 1000,00, 3- R\$ 1001 - 2000,00, 4- R\$ 2001 - 3800, 5- > R\$ 3.800,00.

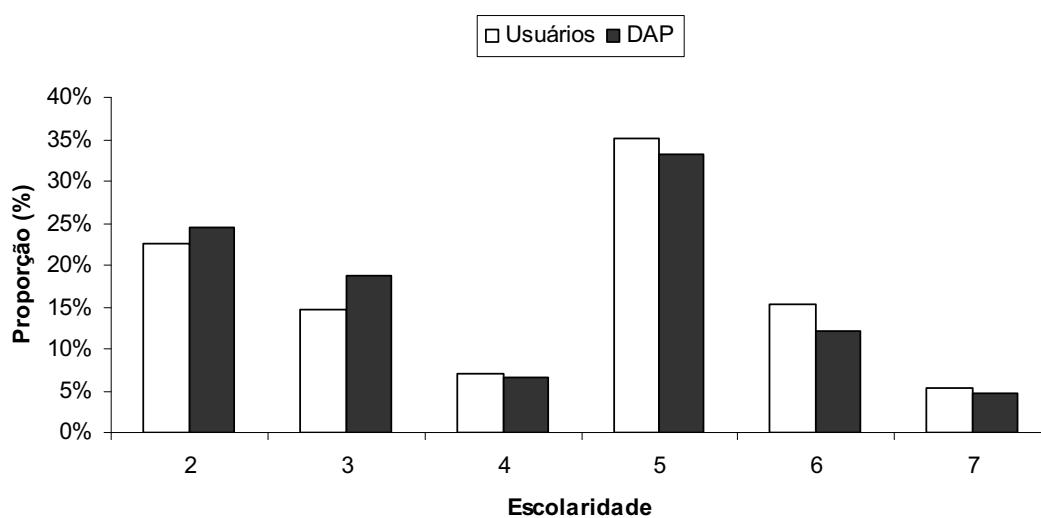


Figura 2 – Nível de escolaridade e disposição a pagar dos usuários, proporções registradas (n = 589 entrevistas). 2 – Ensino fundamental incompleto, 3- Ensino fundamental completo, 4- Ensino médio incompleto, 5- Ensino médio completo, 6- Ensino superior, 7- Pós-graduação.

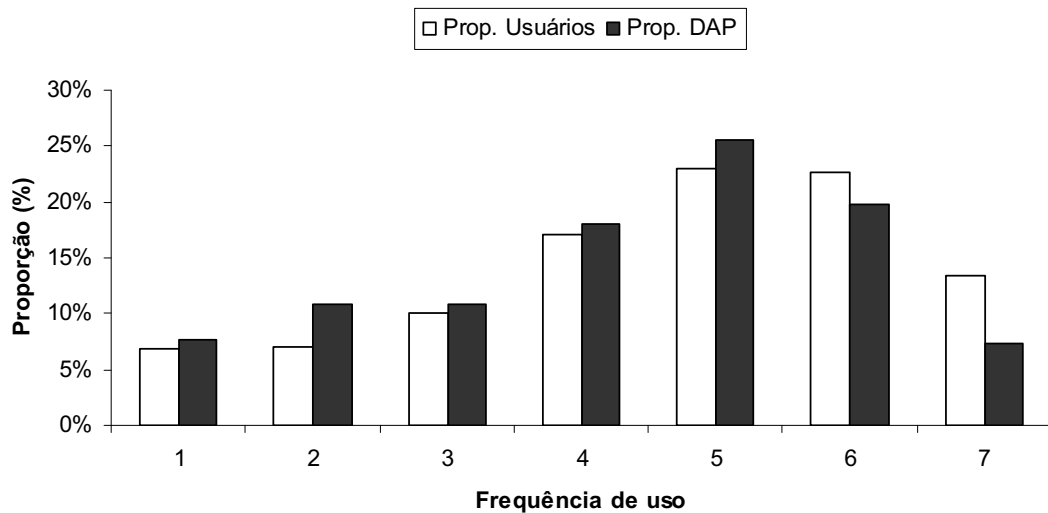


Figura 3 - Frequência de uso da rodovia e disposição a pagar proporções registradas (n= 589 entrevistas). 1 - 1ª vez até 2 vezes ao ano, 2 - duas a três vezes ao ano, 3 - quatro a 11 vezes ao ano, 4 - uma a duas vezes ao mês, 5 - três a quatro vezes ao mês, 6 - duas a cinco vezes na semana, 7- Seis vezes na semana a todos os dias.

Entretanto, o conhecimento do público e a forma como o problema é apresentado pode ter influência sobre os valores da DAP. Para alguns usuários, a questão era bastante nova e apenas o conhecimento prévio de valores de pedágio associados ou de informações a respeito da importância da fauna atropelada é que possibilitavam a escolha de um valor de DAP.

Quanto às ocorrências policiais e perdas materiais, foram registrados 16 acidentes pela Polícia Rodoviária, sendo sete em Araxá e nove em Pedregulho, destes: 13 (81,2%) foram leves, dois (12,5%) foram graves e um (6,3%) moderado. Todos causaram algum tipo de prejuízo material, sendo que em um deles houve a perda total do veículo e o condutor teve que ser levado para a emergência do hospital de Sacramento, com ferimentos graves. Os animais domésticos (bois, cavalos e cães) estiveram envolvidos em 15 acidentes (93,7%) e apenas um acidente (6,3%) envolveu animal silvestre (capivara; Tabela III).

Como não houve perdas humanas, mas apenas materiais e dois acidentes graves, sendo um com perda total do veículo, considera-se a média obtida do estudo do IPEA (2006) de R\$ 6.724,00 de prejuízos materiais por acidente com veículos e R\$ 2.000,00 com moto, mais R\$ 30.000,00 aos custos com feridos graves, o que resulta em R\$ 162.860,00 (US\$ 71,145.85) a serem acrescidos aos valores obtidos com a DAP.

Tabela III - Perfil dos acidentes nas rodovias de estudo, em relação a frequência absoluta, registrados pelas polícias Rodoviárias de Araxá - MG (PRA) e de Pedregulho - SP (PRP).

	PRA				PRP			
	00-6h	6h-12h	12-18h	18-00	00-6h	6h-12h	12-18h	18-00
Horário	2	0	1	4	2	1	1	5
Animal	Bovino - Equino		Cão	Silvestre	Bovino - Equino		Cão	Silvestre
	6		1	0	4		4	1
Natureza	Leve	Moderado		Grave	Leve	Moderado	Grave	
	5	1		1	8	0		1
Desenho da Estrada	Reta	Curva	Plano	Inclinado	Reta	Curva	Plano	Inclinado
	6	1	3	4	8	1	5	3
Danos ao Veículo	Generalizados		Médios	Perda total	Generalizados		Médios	Perda total
	6		0	1	6		3	0
Feridos	Sim		Não		Sim		Não	
	1		6		1		8	

Assim, sem considerar os prejuízos relacionados à remoção do veículo e acidentado, os trabalhos da polícia, o valor de alguns animais domésticos que não foram registrados na amostragem deste estudo (Capítulo 1), custos pessoais com o acidente, como problemas psicológicos e ferimentos pós-acidente, além de danos eventuais ao patrimônio privado ou público (veículo, placas de sinalização), e da inestimável perda de um animal silvestre, o valor total dos prejuízos associados aos atropelamentos de vertebrados nas duas rodovias estaria entre R\$ 3.476.872,00 e R\$ 4.536.969,00 por ano (US\$ 1,518,881,65 e US\$ 1,981,988.12).

Ainda no Brasil, com base em dados conservadores, estima-se que entre 6,2 e 7,1 milhões de exemplares de animais silvestres sejam mortos todos os anos por atropelamentos nas estradas e que entre 1,3 e 1,4 milhões de animais domésticos também possam estar sujeitos a este mesmo fim.

IV – DISCUSSÃO

No Brasil, os estudos com valoração econômica de fauna estão em fase inicial, pois a valoração ambiental ainda está relacionada à serviços ambientais em grandes ecossistemas (Amazônia - FEARNSIDE, 1996) ou de prejuízos ambientais associados a acidentes com

derramamento de óleo (MONTEIRO, 2003), além da pesca em Cachoeira das Emas - SP (PEIXER, 2008), ou até mesmo a DAP dos usuários de uma Estrada Parque no Paraná (ORTIZ, 2000, relatório não publicado).

O método da valoração contingente foi eficaz na obtenção da DAP, considerando-se que muitos dos usuários já se depararam com o problema e a maioria demonstrou preocupação em solucioná-lo por vivenciar ou tomar conhecimento deste tipo de evento através da entrevista. A DAP média está bem inferior aos R\$ 9,19 (US\$ 4.01) obtidos por ORTIZ (2001, dados não publicados) na estrada Parque do Pantanal, uma reserva no Mato Grosso do Sul, o que indica que a DAP pode ser influenciada pelo local e conhecimento dos usuários em relação ao problema.

Na Austrália, TISDEL & WILSON (2004) verificaram que a DAP do público para a conservação de cangurus aumenta na medida do conhecimento que a pessoa tem sobre a espécie, portanto o maior conhecimento acerca do problema dos atropelamentos de fauna no Brasil por parte da população poderia aumentar muito o valor obtido.

Sendo assim, além de construir um sistema de contabilidade ambiental a realização desta pesquisa foi um importante fator de conscientização da população.

Considerando-se o acelerado ritmo de crescimento de implantação das rodovias e os investimentos públicos a serem aplicados pelo PAC (2007) neste sentido e que os atropelamentos de animais são uma séria ameaça à fauna e uma crescente preocupação da população pela conservação da natureza. É fundamental levar em consideração todos os custos ambientais no planejamento e construção de uma rodovia. Há ainda vários outros impactos como a remoção do hábitat na construção, a provável deterioração dos ambientes adjacentes, mudanças drásticas na paisagem e outros efeitos adversos a fauna como a fragmentação, o efeito barreira, até o declínio populacional e a completa extinção local de espécies (FORMAN *et al.*, 2003).

KASSAR *et al.* (2008) calcularam custos anuais de US\$ 7,529,000,242 e total de US\$ 45,175,454 envolvendo acidentes com cervos no estado de Utah, E.U.A., ao também considerar a soma de valores associados com mortes humanas (n = 8, US\$ 24 milhões no total). No Brasil, os custos com acidentes em rodovias federais estimados pelo IPEA (2006) relacionam-se a R\$ 6.512.085.050,00 (US\$ 2,844,823,315). Ao se levar em conta que ocorrem cerca de 3497 acidentes envolvendo animais nestas rodovias, resultando em 54 mortes (IPEA, 2006), ou 3,09% de todos os acidentes e que as mortes não são contabilizadas como nos E.U.A., sem considerar as perdas animais, tem-se um prejuízo estimado de R\$ 201.223.428,00 (US\$ 87,905,040.41) em valores de 2006.

As estimativas de milhões de répteis morrendo atropelados na Austrália (EHMANN & COGGER, 1985), bem como de 4 a 6 milhões de anfíbios atropelados na Dinamarca (HELS & BUCHWALD, 2001), entre 110 a 370 mil pequenos carnívoros no Japão, cerca de 500.000 cervos morrendo anualmente nos E.U.A. (ROMIN & BISSONETE, 1996; SAEKI & MACDONALD, 2004), além de milhares de mamíferos na Ásia e Europa (FORMAN *et al.*, 2003) e milhões de vertebrados no Brasil. Assim, pressupõe-se que haja uma preocupação muito grande quanto ao futuro e a conservação da fauna, aliado ao fato de que os prejuízos econômicos serão consideráveis e ainda haverão a perda de algumas centenas de vidas humanas.

Os valores da DAP podem ser influenciados pelo conhecimento que as pessoas tem a respeito do animal ou o "status" de ameaça da espécie (TISDELL & WILSON, 2004) e neste estudo, a disposição a pagar é influenciada pelo fato de o entrevistado já ter atropelado algum animal.

Também a renda e a escolaridade tem um contribuição equitativa na DAP, diferente do incremento positivo registrado por ORTIZ (2004, relatório não publicado), PEIXER (2008) em Cachoeira das Emas com pescadores esportivos, profissionais e turistas. TISDELL & WILSON (2004) perceberam que a DAP do indivíduo para conservar cangurus das árvores não aumenta além de um certo limite, mesmo com novas informações adquiridas acerca da espécie, pois os valores que seriam pagos poderiam comprometer o orçamento familiar (renda).

Entretanto, pode ser verificado que a DAP registrada aqui é baixa, quando comparada a destes estudos, pois neste caso, trata-se da valoração de 746 animais atropelados (Capítulo 1). Deste modo, avalia-se que há outros fatores que interferem na DAP dos usuários e que devem ser considerados em uma análise de valoração contingente como esta. Estes fatores podem levar alguns usuários a aumentar a DAP (positivos) e muitos a diminuir (negativos). Entre os fatores que devem estar interferindo positivamente e negativamente na DAP dos usuários temos:

Positivos

- Presença de dois parques na região (PNSC e PEFBJ) e muitos animais silvestres;
- A economia das cidades próximas, que estão no sudeste, a região economicamente mais rica do país;

- A visualização das medidas mitigadoras que influenciam o usuário a perceber que a solução do problema existe e é dispendiosa;

- A presença de pedágios na região, a menos de 100 Km em São Paulo (SP – 334, Restinga e SP – 330 em Ituverava), o que leva o usuário a relacionar os valores no momento que cita a sua DAP;

Negativos

- Visualização de fotos de animais mortos, pois pode estar criando um certo repúdio por parte do mesmo, no momento da entrevista, do mesmo modo que as espécies bandeira atraem as pessoas (TISDELL & WILSON, 2004);

- O desconhecimento do problema, muitos usuários afirmaram não ter atropelado nenhum animal;

- A questão do “Pedágio Ecológico” que foi relacionado a mais uma taxa ou imposto governamental por muitos dos usuários que ofereceram DAP nula;

- Pressa, vários usuários, por estarem atrasados ou atarefados, não se interessavam pelo problema e ofereciam valores baixos, como forma de não se comprometerem;

- Condições da pista, vários usuários reclamavam que havia problemas como buracos ou ausência de acostamento, o que era imediatamente esclarecido na entrevista por não ser objeto do estudo, assim o mesmo queixava-se que isto deveria ser resolvido primeiro para que o problema dos atropelamentos fosse contemplado posteriormente. Já que a segurança está mais relacionada às condições da pista do que a presença de animais.

De outra forma, o conhecimento prévio de espécies ameaçadas por parte dos usuários e de animais da região por muitos, pode ter levado a DAP a captar o valor de existência em certos casos. Há também aqueles que estão oferecendo a DAP para as medidas mitigadoras e para o conforto durante a viagem (valor de uso).

De certo modo há muitos vieses interferindo e o saldo deve ser para as interferências negativas, principalmente por tratar-se da valoração de animais mortos e de um problema pouco conhecido pela população. Entretanto, quando o custo de tomar uma decisão é levado em consideração, métodos imperfeitos podem resultar em decisões otimamente imperfeitas (BAUMOL & QUANDT, 1964; TISDELL, 1996).

Levando-se em consideração que a frota de veículos no Brasil seja de 37 milhões (DENATRAN, 2003) e tomando-se por base a medida conservadora de que cada veículo

circule por rodovias brasileiras pelo menos uma vez por mês e pague a média obtida aqui, teríamos cada usuário pagando anualmente R\$ 26,04 (US\$ 11.37), que resultaria em uma arrecadação anual de R\$ 963.480.000,00 (US\$ 420,899,043.30), que representa *ca.* 11,9% dos valores a serem investidos pelo PAC nas rodovias do Brasil em 2007 (PAC, 2007).

Ainda assim, o valor obtido anualmente por cada usuário, seria bem modesto, já que os Australianos pagariam anualmente A\$ 75 (US\$ 53.65 = R\$ 122,80, cotação 01/04/2009) para a conservação dos cangurus das árvores (TISDELL & WILSON, 2004).

É claro que é uma grande extrapolação, afinal haveria muitas diferenças nos valores pagos nos diversos estados e regiões do país, entretanto, ao considerar que este trabalho foi feito no sudeste e a maior parte dos veículos brasileiros estão registrados nesta região (54,8%; DENATRAN, 2003), entende-se que não estaria muito aquém de uma estimativa mais realista, além disso, os resultados são apenas indicativos e não definitivos.

Portanto, como há propostas de expansão da malha rodoviária, que está entre as 10 maiores do planeta e um aumento vertiginoso no número de veículos, acredita-se que mais estudos como este devem ser realizados por biólogos, conservacionistas, planejadores de rodovias e tomadores de decisão, para que se tenha um panorama mais amplo e efetivo dos atropelamentos e de seus custos no Brasil. E, assim, possa se conscientizar a população acerca do problema, embasar o planejamento e a construção de “estradas ecológicas” ou mais permeáveis à fauna e permitir a conservação das espécies que vivem as margens da rodovia, preservando integralmente a vida para as futuras gerações.

O método da obtenção da DAP para a valoração de animais atropelados mostrou-se eficiente para captar subsídios econômicos que podem ser úteis na conservação da fauna e planejamento das rodovias na região e no país.

VI- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUMOL, W. J. & QUANDT, R. E. Rules of thumb and optimally imperfect decisions. *American Economic Review* 54: p. 23-46, 1964.

BISSONETTE, J. A.; KASSAR, C. A. & COOK, L. J. Assessment of costs associated with deer-vehicle collisions: human death and injury, vehicle damage, and deer loss. *Human-Wildlife Conflicts* 2(1): p. 17-27, Spring, 2008.

- DENATRAN, MINISTÉRIO DAS CIDADES. 2003. Evolução da frota de veículos, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e Municípios das Capitais - 1990 a 2003. Departamento Nacional de Trânsito, Brasília - DF. Disponível em [www.estradas.com.br]. Acesso em: 02/04/2009.
- EHMANN, H. & COGGER, H. G. Australia's endangered herpetofauna: A review of criteria and policies. *In*: GRIGG, G.; SHINE, R. & EHMANN, H. The biology of Australasian frogs and reptiles. Surrey Beatty and Royal Society of New South Wales, Sydney, Australia: p. 435-447, 1985.
- DER-MG. Boletim Rodoviário - 2008. *In*: Minas Gerais, DER (ed.). Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas, Departamento de Estradas de Rodagem, Julho, 2008. Disponível em: [www.der.mg.gov.br]. Acesso em: 20/03/2009.
- DER-SP. Estatísticas de Tráfego - Volume diário médio: dados projetados. *In*: São Paulo, DER (ed.). Secretaria dos Transportes, Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, 2009. Disponível em: [www.der.sp.gov.br]. Acesso em: 20/03/09.
- FEARNSIDE, P. M. Environmental services as a strategy for sustainable development in rural Amazonia. Meio Ambiente, Desenvolvimento e Política do Governo. Recife - PE: Fundação Joaquim Nabuco, 1996.
- FORMAN, R. T. T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J. A.; CLEVINGER, A. P.; CUTSHALL, C. D.; DALE, V. H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C. R.; HEANUE, K.; JONES, J. A.; SWANSON, F. J.; TURRENTINE, T. & WINTER, T. C., editor. Road ecology – Science and solutions. 1st ed. Washington, DC: Island Press. 482 p., 2003.
- FREITAS, C. H. & DIAS, R.C. Estudo dos atropelamentos fatais de mamíferos silvestres no triângulo mineiro e nordeste do estado de São Paulo. Livro de resumos do XXV Congresso Brasileiro de Zoologia, Brasília-DF: p.275, 2004.
- GUTOS, W. J. Highway deer dynamics, 1986. Michigan Department of Natural Resources Safety Division, Memorial, East lane: 99 p. sing, 1987.
- HELMS, T. & BUCHWALD, E. The effect of road kills on amphibian populations. . Biological Conservation 99: p. 331-340, 2001.

- IPEA. Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras. *In*: Ministério do Planejamento (ed.) Brasília: Instituto de Pesquisas Econômicas e Sociais e Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), ANTT: 244 p., 2006.
- KIEKEBUSCH, A. Morte nas estradas. *Ciência Hoje* 42 (250): p. 74-76, 2008.
- LOOMIS, J.; CREEL, M. & COOPER, J. Economic benefits of deer in California: hunting and viewing values. Institute of Ecology Report 332, University of California, Davis, USA. Unpaginated, 1989.
- MAEHR, D. S; LAND, E. D.; ROELKE, M. E. Mortality patterns of panthers in Southwest Florida. Proceedings of the Annual Conference of Southeastern Association fish and Wildlife Agencies 45: p. 201-207, 1991.
- MAIA, A.G.; ROMEIRO, A. R. & REYDON, B. P. Valoração de recursos ambientais- metodologias e recomendações. Texto para discussão, Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), nº 116: p.1 – 38, 2004.
- MATTOS, K.M.C.; MATTOS, A. Valoração Econômica do Meio Ambiente: uma abordagem teórica e prática. São Carlos: RIMA, FAPESP. 148 p., 2004.
- MONTEIRO, A. G. Metodologia de avaliação de custos ambientais provocados por vazamento de óleo: o estudo de caso do complexo REDUC-DTSE. Rio de Janeiro - RJ Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ: 271 p., 2003.
- MT, MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES. Anuário estatístico de rodovias federais, estaduais e municipais, pavimentadas e não pavimentadas no Brasil: Ministério dos Transportes, Brasil, 2004. Disponível em: [www.transportes.gov.br]. Acesso em 03/01/2009.
- NATIONWIDE INSURANCE Deer and moose collisions: no laughing matter. Nationwide, Portland, Oregon:3 p., 1993.
- ORTIZ, R. A. Valoração econômica ambiental. *In*: MAY, P. H., LUSTOSA, M. C. & VINHA, V. (eds.) Economia do meio ambiente. Editora Campus, Rio de Janeiro – RJ, Elsevier: p. 81-99, 2003.

- BRASIL Programa de Aceleração do Crescimento - PAC. *In*: GOVERNO FEDERAL (eds.). Comitê Gestor do PAC, Ministérios da Casa Civil, da Fazenda e do Planejamento, 2007. Disponível em: [www.brasil.gov.br] Acesso em 25/03/2009.
- PHILCOX, C. K.; GROGAN, A. L.; MACDONALD, D. W. Patterns of otter *Lutra lutra* road mortality in Britain. *Journal of Applied Ecology* 36: p. 748-762, 1999.
- PRF. Estatísticas de acidentes de trânsito nas rodovias Federais do País. *In*: Federal, P. R. (ed.). Site Estradas.com.br, 2003. Disponível em: [www.estradas.com.br]. Acesso em: 30/03/2009.
- REED, D. F.; BECK, T. D. I. & WOODARD, T. N. Methods of reducing deer-vehicle accidents: benefit-cost analysis. *Wildlife Society Bulletin* 10(4): p. 349-354, 1982.
- ROMIN, L. A. Factors associated with the highway mortality of mule deer at Jordanelle Reservoir, Utah. Master's thesis, Utah State University, Logan UT, E. U. A.: 67 p., 1994.
- ROMIN, L. A. & BISSONETTE, J. A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24(2): p. 276-283, 1996.
- SAEKI, M. & MACDONALD, D. W. The effects of traffic on the raccoon dog (*Nyctereutes procyonoides viverrinus*) and other mammals in Japan. *Biological Conservation* 118: p. p. 559-571, 2004.
- SEILER, A. & HELLDIN, J. O. CHAPTER 8: MORTALITY IN WILDLIFE DUE TO TRANSPORTATION. *In*: DAVENPORT JD, J. L. (eds), editor. *The ecology of transportation managing mobility for the environment*. Netherlands: Springer. p 165-189, 2006.
- TISDELL, C. A. *Bounded rationality and Economic Evaluation*. Edward Elgar Publishing, Cheltenham - UK: 336 p., 1996.
- TISDELL, C.; WILSON, C. The public's knowledge of and support for conservation of Australia's tree-kangaroos and other animals. *Biodiversity and Conservation* 13: p. 2339-2359, 2004.
- VIEIRA, E. Highway mortality of mammals in central Brazil *Ciência e Cultura* 48 (4): p. 270-272, 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Houve 746 atropelamentos de vertebrados neste trabalho, mas considerando-se que muitos animais são lançados para fora da rodovia, outros são removidos pelos necrófagos ou podem morrer após a colisão em decorrência dos ferimentos em local distante da estrada. E ainda outros que podem morrer ao perder o cuidado parental em momento crucial do desenvolvimento, como foi o caso de um jaguarundi (*Herpailurus yagouaroundi*) atropelado neste trabalho e que, no momento da dissecação, foi constatado que apresentava um casal de filhotes em fase de pré-nascimento. Além do fato que alguns exemplares podem não ter sido visualizados durante a amostragem em decorrência do pequeno tamanho ou por estarem localizados em cavidades na estrada ou no meio do capim, no acostamento. Portanto, estima-se que o número de animais atropelados possa ser entre 20 e 50% maior.

- Os atropelamentos de vertebrados nas rodovias brasileiras são um sério problema que mata centenas de espécimes e representa um grande desafio para a conservação por parte dos órgãos ambientais e aqueles envolvidos na conservação da natureza e no planejamento e construção de estradas.

- Os fatores condicionantes são fundamentais para o entendimento das ocorrências de atropelamentos de vertebrados e podem ser resumidos em dois grupos: fatores associados aos motoristas e aos veículos, que neste caso não foram diretamente analisados, mas parecem estar relacionados à velocidade dos veículos e desconhecimento do problema. E o segundo seriam os fatores associados à estrada e suas adjacências, como o desenho (reta plana, declive ou aclave), a presença de vegetação próxima, a topografia plana dos lados, a ocorrência de um número de atropelamentos maior que a média esperada no local, a presença de acostamento e construções, estes três últimos relacionados principalmente a ocorrência de atropelamentos de animais domésticos.

- Outros fatores indicativos são o comportamento dos animais, como é o caso das aves, a maioria dos exemplares registrados neste estudo, pois muitas espécies, como o tiziu (*Volatinia jacarina*) habitam locais próximos às rodovias, ficando escondidas no capim, alimentando-se, reproduzindo-se (formação de pares, acasalamento, postura e incubação) ou fazendo seus ninhos, na maioria das vezes fora do alcance da visão dos motoristas.

- Enquanto outras espécies tem atividade noturna, como os carnívoros e anfíbios, e correm muitos riscos devido a maior mobilidade, a abundância em períodos de chuva (maior dificuldade de detecção pelos condutores) e ao fato de por vezes utilizarem as estradas como corredores de dispersão ou em busca de alimento. Há ainda espécies, que por serem lentas tem alto risco de serem atropeladas e seu problema agravado, em função do fato de que, como o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) também tem visão rudimentar e orientam-se mais pelo olfato. E, ao se encontrarem na estrada são extremamente vulneráveis, já que a presença de um veículo não as afugenta e um simples esbarrão capaz de provocar impactos no seu apurado sistema olfativo, pode atrapalhar seu senso de orientação e levá-las a uma nova colisão, desta vez fatal. Ou então prejudicar sua capacidade sensorial em longo prazo, diminuindo a habilidade de localizar alimento e reproduzir-se, promovendo a morte prematura e impactos negativos na população.

- Há também as espécies necrófagas que utilizam a estrada na busca de alimento (como insetos, pequenos mamíferos e carcaças de animais), como o urubu (*Coragyps atratus*) e o caracará (*Caracara plancus*), que constantemente são vistas na beira da estrada, espreitando o alimento e por várias vezes foram registradas mortas, normalmente, próximas a carcaças de outros animais.

- A ocorrência de espécies ameaçadas, típicas do cerrado brasileiro, como o lobo guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira, que apenas na rodovia MG-428, no ano de 2008, somaram juntas seis exemplares, respectivamente dois e quatro. Sendo que pelo menos um terço eram jovens, provavelmente em processo de dispersão. Portanto, estes dados necessitam com urgência ter um acompanhamento mais amplo, para, inclusive ser feita uma análise de População Viável Mínima das duas espécies na região. Pois, segundo estudos prévios, a Serra da Canastra, é uma das maiores reservas para estas espécies no Brasil. Entretanto, seu entorno possui muitas estradas, que podem estar atuando como “sink areas”. Além do que, também foram registrados vários testemunhos de motoristas que disseram ter visto ou atropelado lobos e tamanduás na região.

- Os impactos ecológicos dos atropelamentos podem ir muito além da morte dos animais, pois, e isto deve ser rapidamente dimensionado e avaliado no Brasil, podem estar impedindo o fluxo gênico e a dinâmica de metapopulações em certas espécies, enquanto em outras diminuem muito a probabilidade de formação de casais, afetando drasticamente a

reprodução, pois em épocas de acasalamento, na mudança de estações, também podem haver alterações no fluxo de veículos, aumentando o número de exemplares mortos nas estradas.

- Há ainda as perturbações que podem ser provocadas pelo ruído dos veículos ou pelas emissões, fatores que exigem metodologias mais refinadas de estudo, mas são igualmente importantes e podem afetar a fauna tanto diminuindo a sua taxa de reprodução, como também promovendo um incremento significativo.

- Os impactos econômicos, com medida através da valoração contingente e a disposição a pagar (DAP), mais os cálculos dos prejuízos materiais aos veículos e a saúde das pessoas, são uma ótima medida de referência para as perdas monetárias associadas. A soma da DAP mais os prejuízos materiais calculados aqui, ultrapassam os R\$ 4.000.000,00, embora haja a possível tendência de diminuição do valor pelo fato de mais de 50% dos usuários aparentemente desconhecerem o problema e as entrevistas utilizarem-se de fotos de animais mortos, o que pode ter criado certa aversão e diminuição do valor oferecido. Estudos que consideram as perdas humanas na colisão com um animal, que nos E.U.A. foi estimada em US\$ 3,000,000, também deve ser realizados com a inclusão destes valores nos cálculos, oferecendo a dimensão completa deste tipo de impacto.

- Seguramente, os prejuízos são incontestáveis e muito maiores do que podem parecer. Principalmente ao se levar em conta que milhões de reais são investidos na criação e manutenção de unidades de conservação e que muitas espécies que deveriam estar sendo protegidas nestes locais, tem áreas de distribuição que ultrapassam os limites da reserva e incluem as estradas, onde indefinidamente, caso nada seja feito, muitos indivíduos irão ser mortos em atropelamentos. Fato observado neste estudo, que tem uma reserva estadual a menos de um quilômetro da rodovia e onde foram registrados pelo menos seis exemplares de mamíferos ameaçados de extinção atropelados.

- É fundamental a aplicação imediata de medidas mitigadoras, tanto na estrada como para a educação dos motoristas, fatores que de alguma forma ou de outra, irão atenuar as ocorrências e permitir o monitoramento e a avaliação em longo prazo, tanto das medidas quanto das populações naturais das espécies atropeladas.

- Entre as inúmeras medidas disponíveis, há aquelas que tem maior custo e efetividade e outras menos onerosas, porém igualmente menos eficientes. Entretanto, o que os estudos de monitoramento seguramente tem apontado é que a combinação de medidas para os animais com aquelas que visem a educação dos motoristas são as que tem obtido maior sucesso. Ainda deve-se levar em consideração as variações no tamanho de nossa fauna e características de comportamento. Assim deve-se proceder a colocação de cercas de contenção nos quilômetros de maior incidência, as quais devem ser confeccionadas com malha de gradeamento menor e penetrando no solo, para evitar a passagem de animais menores e tatus. E nada disso terá eficiência se não forem construídas passagens sob a rodovia ou áreas de escape para a fauna, de forma a aumentar a permeabilidade. Caso contrário, pode haver risco de isolamento das populações ou a fuga, sempre que possível, para locais onde não haja mais cercas. Também deve ser feito o corte da vegetação no acostamento e há até no mínimo 10 m deste, o que combinado ao recolhimento dos animais mortos deverá diminuir significativamente a ocorrência de atropelamentos.

- A conscientização dos motoristas através de placas colocadas nos pontos de maior incidência nas rodovias, mais a realização de palestras educativas nos cursos de reciclagem, mescladas com a ocorrência de paradas ou "blitz ecológicas", campanhas na mídia (rádio, jornais e televisão) e a intensa fiscalização da velocidade, são medidas que, nas proximidades das cidades irão diminuir muito a morte de centenas de animais. E, certamente, aumentará a segurança das rodovias para os próprios usuários e a população dos municípios ao largo das vias de estradas.

- Certamente a implantação de todas estas medidas terá um custo alto, porém menor que os prejuízos econômicos calculados nesta tese e os benefícios, muito mais do que econômicos, poderão abranger a proteção de dezenas de espécies e a continuidade da vida na região.

ANEXO I - Planilha de campo utilizada na coleta de dados de animais atropelados nas rodovias MG-428 e SP-334, no período de janeiro a dezembro de 2007.

Planilha de Campo - Coleta de dados

Animais Atropelados na rodovia (_____ - _____) **Data:** ____ / ____ / ____

Espécie/Horário	Km/ Sentido	Localização(GPS)/ Próxima cidade (km)	Topografia/ Elevação (m)	Acostamento/ Construções (+/-)	Tamanho	Sexo/ Idade	Outros (caract. da vegetação) Observações (util. da terra)
1-							
2-							
3-							
4-							
5-							
6-							
7-							
8-							
9-							
10-							

Legenda

Desenho da estrada- R=reta; C=curva; D=declive; A=active; P=plana.

Sentido - AF= Araxá/Franca; FA= Franca/Araxá

Idade - F= filhote; J= Jovem e A= Adulto ou I=imaturado e a=adulto.

Localização = Coordenadas geográficas (GPS)

Sexo- M= Masculino; F= Feminino

Tam.= Tamanho em cm e peso em gramas

Topografia = 1. Escavada; 2. Elevada; 3. Escavada-elevada; 4. Plana; 5. Plano-escavada; 6. Plano-elevada

ANEXO II - Planilha utilizada nas entrevistas de Valoração Contingente em quatro pontos das rodovias (dois na MG - 428 e dois na SP - 334), no período de março de 2008 a janeiro de 2009.



QUESTIONÁRIO VALORAÇÃO CONTINGENTE

DATA / / FOLHA Nº . .

01 • NOME:

VEÍCULO: PLACA:

RODOVIA: KM:

CIDADE ONDE RESIDE:

02 • IDADE ANOS SEXO: MASCULINO FEMININO

03 • PROFISSÃO:

04 • ESCOLARIDADE:

ANALFABETO

FUNDAMENTAL INCOMPLETO

FUNDAMENTAL COMPLETO

ENSINO MÉDIO INCOMPLETO (2º GRAU)

ENSINO MÉDIO COMPLETO

SUPERIOR

PÓS GRADUAÇÃO

06 • RENDA MENSAL:

ATÉ 415,00

DE 416,00 À 1.000,00

DE 1.001,00 A 2.000,00

DE 2.001 A 3.800,00

MAIS DE 3.800,00

05 • QUAL TRECHO UTILIZA?

FRANÇA A PEDREGULHO

PEDREGULHO A RIFAINA

FRANÇA A RIFAINA

RIFAINA A SACRAMENTO (ATÉ POSTO ABAST.)

SACRAMENTO (POSTO) ATÉ ARAXÁ

RIFAINA (DIVISA) A ARAXÁ

FRANÇA A ARAXÁ

OUTRO:

07 • COM QUE FREQUÊNCIA UTILIZA A RODOVIA?

1 VEZ POR ANO

DE 2 A 3 VEZES AO ANO

DE 4 A 11 VEZES AO ANO

DE 1 A 2 VEZES AO MÊS

DE 3 A 4 VEZES AO MÊS

DE 2 A 5 VEZES NA SEMANA

6 VEZES NA SEMANA

08 • TAMANHO DO TRECHO QUE VOCÊ UTILIZA (EM KM)?

09 • JÁ ATROPELOU ALGUM ANIMAL NA RODOVIA (MG-428 / SP-334)? SIM NÃO

SE AFIRMATIVO: QUAL? ONDE?

10 • SABENDO DA OCORRÊNCIA DE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES NAS RODOVIAS, INCLUSIVE DE ALGUMAS ESPÉCIES AMEAÇADAS DE EXTINÇÃO, SE FOSSEM TOMADAS MEDIDAS ECOLÓGICAS PARA DIMINUIR ESSES PROBLEMAS, QUAL VALOR, NA FORMA DE PEDÁGIO, ESTARIA DISPOSTO A PAGAR TODAS AS VEZES QUE UTILIZASSE A RODOVIA?

R\$ NÃO SEI NADA, NÃO PAGARIA R\$ 0,10 R\$ 0,20 R\$ 0,30

R\$ 0,50 R\$ 1,00 R\$ 2,00 R\$ 3,00 R\$ 5,00 R\$ 10,00

ANEXO III - Fotos ilustrativas dos capítulos da tese: “Atropelamentos de vertebrados nas rodovias MG – 428 e SP – 334, com análise dos fatores condicionantes e valoração econômica da fauna”.

	
<p>Foto 1 – Cachorro macho adulto registrado no Km 465, rodovia SP - 334 ao lado de Rifaina – SP</p>	<p>Foto 2 – Cobra dormideira (<i>S. mikanii</i>), Km 23, MG - 428 (n = 6*).</p>
	
<p>Figura 3 – Raposinha (<i>Lycalopex vetulus</i>) no Km 51 da MG - 428, em março de 2007.</p>	<p>Foto 4 – Gambá de orelha branca (<i>Didelphis albiventris</i>) km 448 (n = 3*).</p>
	
<p>Foto 5 – Papagaio galego (<i>Alipiopsitta xanthops</i>), Km 36, MG - 428 (n = 6).</p>	<p>Foto 6 – Tamanduá-bandeira (<i>M. tridactyla</i>) macho adulto, Km 36, MG - 428 (n = 6).</p>
<p>* Número de atropelamentos registrado no quilômetro referido.</p>	



Foto 7 – Cachorro-do-mato (*C. thous*) Km 424, SP - 334, macho jovem (n = 1).



Foto 8 – Fogo-apagou (*Columbina squammata*), Km 101, MG - 428 (n = 9).



Foto 9 – Coruja de igreja (*Tyto alba*) com camundongo, Km 412, SP - 334 (n = 8).



Foto 10 – Saracura (*Aramides cajanea*), Km 105 (n = 5).



Foto 11 – Furão (*Galictis vittata*), Km 453, SP - 334.



Foto 12 – Caninana (*Spillotes pulatus*) Km 81, MG - 428.

* Número de atropelamentos registrado no quilômetro referido.



Foto 13 – Jaritataca (*Conepatus semistriatus*), Km 47, MG-428 (n = 5*).



Foto 14 – Gato do mato (*Leopardus sp*) Km31, MG - 428, (n = 5*)



Foto 15 - Periquito de encontro (*Brotogeris chiriri*), Km 460, SP - 334 (n = 9).



Foto 16 – Tico-tico-rei (*Coryphospingus cucullatus*), Km 445, SP - 334.



Foto 17 – Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) Km 414, SP - 334, ao lado de Cristais Paulista



Foto 18 – Tiziú macho (*Volatinia jacarina*) encontrado morto com sementes de capim no bico Km 54, MG - 428.

* Número de atropelamentos registrado no quilômetro referido.



Figura 19 – Presença de fragmentos de cerrado em ambos os lados da rodovia, Km 79, MG - 428 (Gato no meio da estrada)



Figura 20 – Km 407 da SP - 334, apresentando os fatores condicionantes reta/plana e topografia plana, além de construções, acostamento e atropelamentos ≥ 5 (n = 12).



Foto 21 – Urubus que estavam na carcaça de um cão, voando na frente do caminhão, Km 60, MG - 428 (n = 6).



Foto 22 – Km 51 da MG - 428 com n = 11 atropelamentos, apresentando capim no acostamento, reta/plana e topografia plana.



Foto 23 – Paisagem com topografia escavada, com relevo de morros próximo a Araxá – MG, Km 42, MG - 428, (n = 8).



Foto 24 – Irapá atropelada (primeiro plano) com cerrado ao fundo e reta-plana e topografia plana, Km 68, MG - 428 (n = 5)

* Número de atropelamentos registrado no quilômetro referido.



Foto 25 – Local, Km 405, SP - 334, na chegada a Franca, reta com declive e presença de construções e acostamento.



Foto 26 – Animal doméstico (gato) em trecho típico no Km 437 (n = 11), entrada de Pedregulho, trevo em nível.



Figura 27 – Vários urubus na carcaça de um cão no Km 412 da SP - 334, próximo ao trevo de Cristais Paulista, vegetação próxima e atropelamentos ≥ 5 (n = 8).



Figura 28 – O local mais perigoso, com n = 14 atropelamentos, Km 438, SP - 334, ao lado de Pedregulho - SP. À frente, uma lontra (*Lontra longicaudis*) atropelada.



Figura 29 – Vaca atropelada no Km 85 da MG - 428, em Sacramento. Neste caso, houve perda total do veículo e uma vítima grave (registros PRE – Araxá;).



Foto 30 – Local de realização das entrevistas, Posto da Polícia Rodoviária Estadual de Pedregulho, Km 440.

* Número de atropelamentos registrado no quilômetro referido.