

VARIAÇÃO DA TAXA DE ATROPELAMENTO DE ANIMAIS ENTRE RODOVIAS COM DIFERENTES TIPOS DE PAVIMENTAÇÃO E NÚMERO DE PISTAS.

Almir Picanço de Figueiredo¹, Rodrigo Augusto Santos Lima² & Caroline de Mello Soares³

RESUMO – O Projeto Rodofauna monitora atropelamento de fauna no entorno de 11 Unidades de Conservação no Distrito Federal. Esse estudo analisou a variação na taxa de atropelamento em diferentes tipos de rodovias: Implantadas, Pavimentadas e Duplicadas. Verificaram-se maiores taxas de atropelamento nas rodovias Duplicadas (0,23 N/km/dia), seguidas das Pavimentadas (0,09 N/km/dia) e Implantadas (0,01 N/km/dia). Considerando cada classe individualmente verificou-se diferença significativa na taxa de atropelamento entre Implantadas e Duplicadas ($p < 0,05$) para todas as classes; entre Implantadas e Pavimentadas ($p < 0,05$) existe diferença apenas para aves e mamíferos; e entre Pavimentadas e Duplicadas, apenas para aves não há diferença. A variação encontrada no padrão de atropelamento entre rodovias com larguras diferentes diverge do esperado pela bibliografia e quanto ao tipo de pavimento. Independentemente das causas potencializadoras para atropelamentos, os dados sugerem correlação entre o número de pistas e o tipo de pavimento com as taxas de atropelamento.

Palavras-chave: Distrito Federal, ecologia, estrada, rodofauna.

ABSTRACT (Variation of the roadkill rate between highways with different types of paving and number of lanes) - The Rodofauna Project monitors roadkill in the vicinity of 11 Protected Areas in the Distrito Federal. In our study, we analyzed the roadkill variation on different types of roads: Deployed, Paved and Duplicated. There were higher rates of roadkill on the Duplicated highways (0.23 N/km/day), followed by Paved (0.09 N/km/day) and Deployed (0.01 N/km/day). Considering each class individually there was significant differences in roadkill rate between Deployed and Duplicated ($p < 0.05$) for all classes; among Deployed and Paved ($p < 0.05$) differences exist only for birds and mammals; and between Duplicated and Paved, only birds there is no difference. The variation in the roadkill pattern between roads with different widths differs from that expected in the literature about the pavement type. Whatever the potential causes for roadkill, the data suggest a correlation between the number of lanes and type of pavement with roadkill rates.

Key words: Federal District, ecology, road and roadfauna.

^{1,2,3} Projeto Rodofauna – IBRAM–SEMARH–GDF. Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental - IBRAM, SEPN 511, Bloco C, Edifício Bittar, CEP: 70.750-543, Brasília–DF–Brasil. E-mail: ¹almir.gemon.ibram@gmail.com, ²rodrigosaantos@gmail.com, ³cmellosoares@hotmail.com.

INTRODUÇÃO

A bibliografia apresenta várias discussões sobre a relação entre os atropelamentos de animais e as características físicas ou de tráfego das estradas, da paisagem do entorno, da sazonalidade e até do comportamento dos animais (Andrews & Gibbons, 2006; Mazerolle *et al.*, 2004; Shine *et al.*, 2004). Estas relações também podem variar de espécie para espécie, conforme a massa corpórea, a agilidade ou a necessidade de termorregulação de animais exotérmicos, por exemplo (Forman *et al.*, 2003). As rodovias e seu tráfego associado afetam as populações de animais silvestres, basicamente, de quatro principais maneiras: (1) perda de habitat, (2) atropelamento da fauna; (3) inacessibilidade aos recursos e (4) subdivisão da população (Jaeger *et al.*, 2005).

Diversos trabalhos indicam que a velocidade dos veículos (Danks & Porter, 2010; Farmer & Brooks, 2012) e o volume do tráfego (Bouchard *et al.*, 2009; Danks & Porter, 2010; Dussault *et al.*, 2006; Eberhardt *et al.*, 2013; Fahrig *et al.*, 1995; Klöcker *et al.*, 2006; Mazerolle *et al.*, 2004; Rosen & Lowe, 1994) são provavelmente as principais características do tráfego que explicam o atropelamento de fauna silvestre. Outros estudos também apontam a reduzida capacidade do motorista em evitar o atropelamento, em função da proximidade de uma curva (Klöcker *et al.*, 2006; Ramp *et al.*, 2006; Snow *et al.*, 2011) ou pela condução do veículo à noite (Dussault *et al.*, 2006; Klöcker *et al.*, 2006), como um dos processos que explica a maioria dos eventos de atropelamento de animais silvestres (Farmer & Brooks, 2012).

Além desses, alguns estudos avaliaram a importância relativa das características físicas das rodovias para os atropelamentos, relevo (Clevenger *et al.*, 2003) e tipo de pavimentação (Smith-Patten & Patten, 2008). A influência do tipo de piso nos eventos de atropelamento ainda é pouco estudada. Os estudos em rodovias não pavimentadas, em geral, estão relacionados ao impacto na mobilidade dos animais em função da fragmentação causada pelas rodovias (para pequenos mamíferos: Oxley *et al.*, 1974 – no Canadá; para aves: Develey & Stouffer, 2001; Laurence *et al.*, 2004 – na Amazônia; Oliveira Jr. *et al.*, 2011 – na Mata Atlântica; para répteis: Shine *et al.*, 2004

– no Canadá). Os resultados destes estudos indicam que a redução nos movimentos tem, aparentemente, duas distintas mas interligadas causas: repulsão à borda (*edge avoidance*) e repulsão a locais abertos (*gap avoidance*). No estudo realizado por Shine *et al.* (2004) foi identificado repulsa ao piso da rodovia pela espécie de serpente *Thamnophis sirtalis parietalis*.

Para fins de políticas públicas de preservação ambiental conhecer a diferença no padrão de atropelamento entre rodovias não pavimentadas, pavimentadas simples e duplicadas pode auxiliar a tomada de decisões em processos de licenciamento ambiental, por isso, o Projeto Rodofauna engloba em seus trechos amostrados estes três tipos de rodovias.

Os objetivos desse trabalho foram analisar a taxa e a distribuição dos atropelamentos por tipo de rodovia para cada classe de vertebrado terrestre.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram definidos 114 quilômetros de amostragem que compreendem o entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas (ESEC-AE), do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Jardim Botânico de Brasília (JBB), Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) e Fazenda Água Limpa (FAL), que para este estudo foi considerado como um conjunto denominado “JBB-RECOR-FAL”. Além destas unidades, margeiam as estradas monitoradas pelo estudo as seguintes unidades de conservação: Reserva Biológica da Contagem, Floresta Nacional de Brasília (FLONA), Parque Ecológico Córrego da Onça, Parque Ecológico Tororó, Parque Ecológico Retirinho e a Reserva da Marinha do DF. O monitoramento realizado faz parte do Projeto Rodofauna do Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal – “Brasília Ambiental” (IBRAM) que tem como objetivo propor medidas que minimizem o impacto das rodovias do Distrito Federal sobre a fauna silvestre.

As campanhas de amostragem foram realizadas com frequência de duas vezes por semana, entre abril de 2010 e março de 2012, por uma equipe de três observadores em um carro a 50 km/h. Os animais encontrados foram fotografados, tiveram sua coordenada geográfica registrada e foram identificados, quando possível, até o nível de espécie e imediatamente removidos da pista para evitar possível recontagem.

O percurso no entorno da ESEC-AE totaliza 40 km, formado por um trecho de 11 km da BR-020 (trecho de rodovia duplicada), 10 km na DF-128 (simples asfaltada), 10 km na DF-205 (pista simples sem pavimentação) e 9 km na DF-345 (simples asfaltada). Os percursos no entorno do PNB e do conjunto JBB-RECOR-FAL, são na DF-001, o primeiro trata-se de um trecho de 50 km (dos quais 14 km de pista simples sem pavimentação e o resto simples asfaltada) e o segundo de 29 km (sendo 5 km de rodovia duplicada e o restante simples asfaltada).

Para verificar a influência do tipo de rodovia nas taxas de atropelamento de animais silvestres, os dados coletados foram organizados segundo o tipo de estrada (número de faixas de rodagem e tipo de pavimento). Assim, para esta análise as três unidades amostrais foram: (a) trechos de rodovias com duas faixas de rodagem e não-pavimentadas, denominada Implantada, com 24 km de extensão; (b) trechos de rodovias com duas faixas de rodagem e pavimentadas, denominada Pavimentada, com 74 km de extensão; e (c) trechos de rodovias com quatro faixas de rodagem e pavimentada, denominada Duplicada, com 16 km de extensão.

Para avaliar a influência do tipo de rodovia nos atropelamentos foi utilizada a taxa de atropelamento como variável resposta, calculada para cada classe (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) por tipo de rodovia. Para o cálculo das taxas de atropelamento realizou-se a média das taxas diárias obtidas nos dois anos de amostragem. Para o cálculo das taxas diárias (TAD) foi utilizada a fórmula $TAD = [(N/km)/dia]$ recomendada por Rosa *et al.* (2012), onde: “N” é o número de atropelamentos registrados, “km” é a quilometragem do trecho amostrado e “dia” é número de dias de amostragem, sempre igual a 1. As taxas de atropelamento foram convertidas em porcentagem, utilizando-se a somatória delas, para cada classe, como 100%. Desta forma, tem-se o percentual de atropelamentos para cada tipo de rodovia se elas tivessem a mesma quilometragem.

As taxas de atropelamento, para cada tipo de estrada, foram comparadas através do teste de *Kruskal-Wallis* e para verificar entre quais tipos de estrada estas diferenças ocorriam, foi utilizado o teste de

Dunn a posteriori. As análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0 (Ayres *et al.*, 2007). Também foi verificado se ocorreu diferença na taxa de atropelamento entre cada classe de vertebrado (aves, mamíferos, répteis e anfíbios) e o tipo de pista com o teste de *Kruskal-Wallis*.

Para se obter o percentual de atropelamentos para cada tipo de rodovia se elas tivessem a mesma quilometragem, as taxas de atropelamento foram convertidas em porcentagem, utilizando-se a somatória delas, para cada classe, como 100%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, foi realizado um total de 194 percursos (em cada unidade de conservação amostrada) percorrendo 25.220 quilômetros de rodovias no DF e registrando 2.324 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 2.009 (86,4%) foram silvestres e 315 (13,6%) foram domésticos. Durante as campanhas foram identificadas carcaças de 124 espécies (114 silvestres e 10 domésticas), 57 famílias e 30 ordens de 04 classes de vertebrados.

Dentre as classes de animais silvestres, as aves foram as que tiveram maior número de atropelamentos, com 1.399 registros (69,6%), distribuídos em 68 espécies; seguido de répteis, com 287 (14,3%) indivíduos em 23 espécies; mamíferos, com 189 (9,4%) em 20 espécies; e anfíbios, com 134 (6,7%) em três espécies. A taxa de atropelamento média nos dois anos de estudo, considerando todas as unidades amostradas, foi 0,08 N/km/dia, sendo 0,06 N/km/dia no primeiro ano e 0,1 N/km/dia no segundo.

Ao comparar os resultados obtidos por quilômetro, considerando as quatro classes de vertebrados amostradas, com as características das estradas, verificaram-se maiores taxas de atropelamento nas rodovias do tipo Duplicada (0,23 N/km/dia), seguidas das do tipo Pavimentada (0,09 N/km/dia), sendo as do tipo Implantada (0,01 N/km/dia), aquelas com menores taxas de atropelamento. O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa ($p < 0,001$) entre as taxas de atropelamento nos três tipos de rodovia, e o teste de *Dunn* mostrou que há diferença

significativa entre todos os tipos de rodovias, quando comparadas em pares ($p < 0,05$).

A **Tabela 1** ilustra as taxas de atropelamento por tipo de estrada para cada classe amostrada.

Tabela 1. Taxas de atropelamento por tipo de pista e pavimento para cada classe.

Classe	Taxa de Atropelamento (N/km/dia)		
	Implantada	Pavimentada	Duplicada
Aves	0,005	0,07	0,11
Mamíferos	0,001	0,006	0,06
Répteis	0,006	0,009	0,06
Anfíbios	0,0007	0,003	0,05
Total	0,01	0,09	0,23

A taxa de atropelamento em rodovias do tipo Pavimentada é 9 vezes maior do que a taxa de atropelamento nas rodovias do tipo Implantada. Ao se comparar com as rodovias do tipo Duplicada, verifica-se que a taxa dessas rodovias é 2,61 vezes maior do que em uma Pavimentada e 23 vezes maior do que em uma rodovia Implantada.

Ao executar o teste de *Kruskal-Wallis* considerando as classes de vertebrados e o tipo de pista verificou-se que para aves existe diferença entre Pavimentada e Implantada ($p < 0,05$), e Duplicada e Implantada ($p < 0,05$), não ocorrendo diferença entre Pavimentada e Duplicada. Para os mamíferos o teste de *Dunn* mostrou que há diferença significativa entre os três tipos de estradas ($p < 0,05$). Tanto para répteis como para anfíbios o teste indicou que há diferença entre Implantada e Duplicada ($p < 0,05$) e, Pavimentada e Duplicada ($p < 0,05$), não ocorrendo diferença entre Implantada e Pavimentada.

A **Tabela 2** (“A”, “B”, “C” e “D”) apresenta o incremento de taxa de atropelamento entre os tipos de rodovia. Para essa tabela foram utilizados somente os dados do tipo de rodovia que apresentaram diferença significativa quando comparadas. Os valores apresentados significam a quantidade de vezes que a taxa de atropelamento no tipo de rodovia expresso na coluna é superior ao da linha.

A **Tabela 3** apresenta a distribuição percentual das taxas de atropelamento para cada uma das classes de vertebrados divididos pelo tipo de estrada.

Tabela 2. Incremento da taxa de atropelamento, entre os diferentes tipos de rodovias, para cada uma das classes: (A) Aves; (B) Mamíferos; (C) Répteis; e (D) Anfíbios.

(A)		
Aves	PAVIMENTADA	DUPLICADA
IMPLANTADA	11.85	19.71
PAVIMENTADA		NS*
(B)		
Mamíferos	PAVIMENTADA	DUPLICADA
IMPLANTADA	4.27	42.55
PAVIMENTADA		9.96
(C)		
Répteis	PAVIMENTADA	DUPLICADA
IMPLANTADA	NS*	9.88
PAVIMENTADA		7.15
(D)		
Anfíbios	PAVIMENTADA	DUPLICADA
IMPLANTADA	NS*	85.36
PAVIMENTADA		15.84

NS* = Não Significativo

Tabela 3. Distribuição percentual dos atropelamentos por tipo de rodovia para cada classe.

Classe	Distribuição percentual das taxas de atropelamento		
	Implantada	Pavimentada	Duplicada
Aves	3,07%	36,39%	60,54%
Mamíferos	2,09%	8,93%	88,98%
Répteis	8,15%	11,27%	80,57%
Anfíbios	1,09%	5,88%	93,03%
Total	4,36%	26,53%	69,12%

Verifica-se que se as quilometragens dos tipos de rodovias fossem iguais 69,12% dos animais ocorreriam em estradas do tipo Duplicada, 26,53% nas de tipo Pavimentada e somente 4,36% nas de tipo Implantada. Considerando as classes de forma individual, exceto para as aves, todas apresentariam mais de 80% dos atropelamentos em rodovias do tipo

Duplicada.

Ao realizar a distribuição percentual das taxas de atropelamentos por classe em cada um dos tipos de rodovias (tabela 4), verificou-se que somente nas rodovias do tipo Implantada, não houve predomínio das aves. Neste tipo de estrada 45,13% dos animais registrados foram répteis e 40,53% aves, totalizando 85,66%.

Tabela 4. Distribuição percentual dos atropelamentos registrados para cada tipo de rodovia dividido por classes de animais.

Tipo de Rodovia	Distribuição percentual das taxas de atropelamento			
	Aves	Mamíferos	Répteis	Anfíbios
Implantada	40,53%	9,67%	45,13%	4,67%
Pavimentada	78,84%	6,78%	10,25%	4,13%
Duplicada	38,88%	20,03%	21,70%	19,39%

Nas rodovias do tipo Pavimentada é notória uma dominância do atropelamento de aves, com 78,84% dos animais atropelados neste tipo de rodovia. Nas rodovias do tipo Duplicada houve uma distribuição mais semelhante entre três classes (mamíferos, répteis e anfíbios) e predomínio das aves (38,88%). De um modo geral, este estudo identificou uma variação significativa de taxas de atropelamento entre os três tipos de rodovias, seja quando apresentam pavimentações diferentes (comparações entre rodovias Implantadas e Pavimentadas) seja pela largura dos trechos (comparações entre rodovias Pavimentadas e Duplicadas).

Oxley *et al.* (1974) identificaram que a frequência de travessia de estrada por animais de médio

porte, por exemplo, lebre-comum (*Lepus europaeus*), esquilo-cinzento (*Sciurus carolinensis*) e arminho (*Mustela erminea*), é bastante reduzida com o aumento da largura da estrada. Neste sentido, Jaeger *et al.* (2005) elaboraram um modelo para abordar, entre outras questões, quais tipos de estradas têm o maior ou menor impacto sobre a persistência das populações. O modelo previu que o volume de tráfego tem um efeito maior do que a largura da rodovia, principalmente porque a largura da estrada por si (sem aumento associado no trânsito) não afeta a mortalidade. A largura da estrada afeta o acesso aos recursos e subdivide populações que evitam a própria superfície da estrada. Já Ree *et al.* (2010), constataram que a presença de árvores nos canteiros centrais das rodovias duplicadas

tornava a frequência de travessia de esquilos planadores (*Petaurus norfolcensis*), em ambas as pistas da rodovia, similar à frequência encontrada em rodovias não duplicadas. Enquanto em trechos sem estas árvores a frequência de travessia foi próxima de zero. A presença das árvores tornava a abertura do dossel mais estreita que nos trechos sem árvores, assim os autores concluíram que a largura do trecho sem vegetação que o animal precisava atravessar foi fator determinante para a travessia.

Os estudos citados indicam que a largura da pista reduz os eventos de travessia. Smith-Patten & Patten (2008) indicaram que em rodovias de quatro faixas o número de atropelamentos foi significativamente maior do que em pistas de duas faixas. Apesar de não terem analisado especificamente as taxas de velocidade em seu estudo, os pesquisadores relacionaram os atropelamentos com fatores que contribuem para altas velocidades: largura da pista e tipo de pavimento.

Levando-se em consideração somente a largura das rodovias monitoradas no presente estudo, verificou-se que o padrão encontrado indica que quanto mais larga a estrada, maiores as possibilidades de ocorrer o atropelamento. Os dados deste estudo indicaram que, para as quatro classes em análise, os trechos de rodovias duplicadas foram os que apresentaram maior probabilidade de atropelamentos corroborando com o estudo de Smith-Patten & Patten (2008).

Estudos indicam que esquilos (*Tamias striatus*) podem ser menos avessos a estradas estreitas ou não pavimentadas do que estradas pavimentadas mais amplas (McGregor *et al.*, 2008; Oxley *et al.*, 1974). Entretanto, segundo Ford & Fahrig (2008) não está claro se a diferença de aversão à estrada é devida ao tipo de estrada ou ao volume de tráfego, porque estradas pequenas ou não pavimentadas normalmente têm menos tráfego do que estradas pavimentadas mais amplas. A afirmação dos autores é corroborada pelos dados desta pesquisa. Estudos sobre tráfego nas rodovias monitoradas pelo estudo ajudarão a esclarecer os padrões de atropelamentos encontrados. Quanto ao tipo de pavimento, Ford & Fahrig (2008) também

indicaram ser necessário um estudo mais aprofundado comparando movimento de pequenos mamíferos perto de bordas de florestas com e sem estradas adjacentes para determinar a influência da superfície da estrada (por exemplo, cascalho ou asfalto) na aversão à rodovia.

Estudos de efeito de borda e efeito barreira de rodovias não pavimentadas indicam que o tipo de pavimento pouco interfere na repulsão dos animais a rodovias. Os resultados de Laurance e colaboradores (2004) sugerem que mesmo as estradas estreitas, com baixos volumes de tráfego, podem reduzir movimentos locais de muitos pássaros insetívoros na Amazônia. Oliveira Jr. *et al.* (2011) avaliaram os movimentos de aves em duas rodovias não pavimentadas com diferentes largura e intensidade de tráfego, para avaliar, entre outras coisas, se uma estrada mais larga e mais frequentemente usada afeta os padrões de movimento de aves em comparação com uma estrada mais estreita e menos utilizada. Os autores identificaram que a disposição das aves para atravessar uma estrada de oito metros de largura com tráfego limitado (seis veículos/ semana) não foi significativamente maior do que em uma estrada de 12m com tráfego mais intenso (41 veículos/ dia).

Goosem (2000) concluiu que mesmo uma estreita faixa de “habitat alienígena” como uma estrada estreita pode causar mudanças na composição da comunidade de pequenos mamíferos em favor de espécies generalistas. O grau de mudança da comunidade, segundo a autora, é parcialmente determinado pela largura da clareira e pelo habitat da borda. Pohlman *et al.* (2007) indicam que a natureza da abertura linear do dossel é ao menos tão importante quanto a largura na determinação da severidade do efeito de borda, evidenciando a necessidade de maiores estudos sobre a influência do tipo de rodovia nos efeitos de borda.

Os estudos de ecologia de estrada em rodovias não pavimentadas ainda são escassos, e ainda assim, poucos são os que pesquisam a relação entre o tipo de pavimento e os eventos de atropelamento. Coelho *et al.* (2012) investigaram a associação entre atropelamentos e áreas com diferentes classes de

cobertura do solo, entre elas, estrada asfaltada e estrada de terra. Os autores identificaram que a mortalidade de anuros foi associada principalmente com a distância para corpos d'água, mas, a estrada de terra foi uma das variáveis mais importantes relacionadas com atropelamentos de rã-manteiga (*Leptodactylus latrans*). Este estudo incluiu a variável “tipo de pavimento” nas correlações de atropelamento para cada espécie de anuros, entretanto, não foi realizada uma análise comparada entre os resultados obtidos em estrada pavimentada e não-pavimentada.

Os resultados deste trabalho indicam que para aves e mamíferos as taxas de atropelamentos são superiores em rodovias pavimentadas em comparação com as não-pavimentadas. Se for considerado que o tipo de pavimento pouco diferencia o ímpeto de travessia dos animais, outras razões podem explicar uma grande diferença nas taxas de atropelamento, tais como: diferenças na velocidade, no volume do tráfego, maior remoção de carcaças por carniceiros ou maior dificuldade de registro de pequenos animais que podem ser enterrados, subestimando a amostragem.

CONCLUSÃO

A escassez de estudos de ecologia de estradas envolvendo rodovias não pavimentadas pode representar uma significativa lacuna no conhecimento do impacto de rodovias à fauna brasileira. No presente estudo não foi possível relacionar as características da paisagem ou das estradas; bem como a velocidade e o fluxo de veículos com as taxas de atropelamento. Independentemente das causas ou efeitos potencializadores para os atropelamentos, os dados encontrados sugerem uma correlação entre a quantidade de pistas de uma rodovia e o tipo de pavimento com as taxas de atropelamento. No entanto não é possível afirmar que o tipo de rodovia é a causa maior dos atropelamentos. Tal inferência só poderá ser medida quando estudos de paisagem e de tráfego forem incluídos na análise.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos colegas Leandro Gregório e Fillipe Garcia pelo grande apoio nas campanhas de coletas de dados e ao Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental – IBRAM, pelo apoio institucional e financeiro às atividades do Projeto Rodofauna.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, K. M. & GIBBONS, J.W. 2006. Dissimilarities in behavioral responses of snakes to roads and vehicles have implications for differential impacts across species. *In*: C.L. Irwin; P. Garrett & K.P. McDermott (eds.). **Proceedings of the 2005 International Conference on Ecology and Transportation**. Center for Transportation and the Environment, North Carolina State University, Raleigh, NC. p.339-350.

AYRES, M.; AYRES Jr., M.; AYRES, D.L. & SANTOS, A.A. 2007. **BIOESTAT**: Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas. Sociedade Civil Mamirauá, Belém. 324p. Disponível em: <http://www.mamiraua.org.br/pt-br/downloads/programas/bioestat-versao-53/>. Acesso em 25 fev 2013.

BOUCHARD, J.; FORD, A.T.; EIGENBROD, F.E. & FAHRIG, L. 2009. Behavioral Responses of Northern Leopard Frogs (*Rana pipiens*) to Roads and Traffic: Implications for Population Persistence. **Ecology and Society** 14(2): 23.

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

COELHO, I.P.; TEIXEIRA, F.Z.; COLOMBO, P.; COELHO, A.V.P. & KINDEL, A. 2012. Anuran road-kills neighboring a peri-urban reserve in the Atlantic Forest, Brazil. **The Journal of Wildlife Management** 112:17-26.

- DANKS, Z.D. & PORTER, W.F. 2010. Temporal, spatial, and landscape habitat characteristics of moose-vehicle collisions in Western Maine. **The Journal of Wildlife Management** 74(6): 1229-1241.
- DEVELEY, P.F. & STOUFFER, P.C. 2001. Effects of Roads on Movements by Understory Birds in Mixed-Species Flocks in Central Amazonian Brazil. **Conservation Biology** 15(5): 1416-1422.
- DUSSAULT, C.; POULIN, M.; COURTOIS, R. & OUELLET, J.P. 2006. Temporal and spatial distribution of moose-vehicle accidents in the Laurentides Wildlife Reserve, Quebec, Canada. **Wildlife Biology** 12: 415-425.
- EBERHARDT, E.; MITCHELL, S. & FAHRIG, L. 2013. Road kill hotspots do not effectively indicate mitigation locations when past road kill has depressed populations. **The Journal of Wildlife Management** 77(7): 1353-1359.
- FAHRIG, L.; PEDLAR, J.H.; POPE, S.E.; TAYLOR, P.D. & WEGNER, J.F. 1995. Effect of Road Traffic on Amphibian Density. **Biological Conservation** 73: 177-182.
- FARMER, R.G. & BROOKS, R.J. 2012. Integrated risk factors for vertebrate roadkill in southern Ontario. **The Journal of Wildlife Management** 76(6): 1-10.
- FORD, A. T. & FAHRIG, L. 2008. Movement patterns of eastern chipmunks (*Tamias striatus*) near roads. **Journal of Mammalogy** 89(4): 895-903.
- FORMAN, R.T.T.; SPERLING, D.; BISSONETTE, J.A.; CLEVINGER, A.P.; CUTSHALL, C.D.; DALE, V.H.; FAHRIG, L.; FRANCE, R.; GOLDMAN, C.R.; HEANUE, K.; JONES, J.A.; SWANSON, F.J.; TURRENTINE, T. & WINTER, T.C. 2003. **Road Ecology: Science and Solutions**. Washington DC, Island Press.
- GOOSEM, M. 2000. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: edge changes in community composition. **Wildlife Research** 27:151-163.
- JAEGER, J.A.G.; BOWMAN, J.; BRENNAN, J.; FAHRIG, L.; BERT, D.; BOUCHARD, J.; CHARBONNEAU, N.; FRANK, K.; GRUBER, B. & TOSCHANOWITZ, K.T. 2005. Predicting when animal populations are at risk from roads: an interactive model of road avoidance behavior. **Ecological Modelling** 185:329-349.
- KLÖCKER, U.; CROFT, D.B. & RAMP, D. 2006. Frequency and Causes of Kangaroo-Vehicle Collisions on an Australian Outback Highway. **Wildlife Research** 33: 5-15.
- LAURANCE, S.G.W.; STOUFFER, P.C. & LAURANCE, W.E. 2004. Effects of Road Clearings on Movement Patterns of Understory Rainforest Birds in Central Amazonia. **Conservation Biology** 18(4): 1099-1109.
- MAZEROLLE M.J.; MATTHIEU H.M. & GRAVEL M. 2004. Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. **Herpetologica** 61(4): 380-388.
- MCGREGOR, R.L.; BENDER, D.J. & FAHRIG, L. 2008. Do small mammals avoid roads because of the traffic? **Journal of Applied Ecology** 45: 117-123.
- OLIVEIRA JR., P.R.R.; ALBERTS, C.C. & FRANCISCO, M.R. 2011. Impact of road clearings on the movements of three understory insectivorous bird species in the Brazilian atlantic forest. **Biotropica** 43(5): 628-632.
- OXLEY, D.J.; FENTON, M.B. & CARMODY, G.R. 1974. The effects of roads on populations of small mammals. **Journal of Applied Ecology** 11(1): 51-59.
- POHLMAN, C. L.; TURTON, S. M. & GOOSEM M. 2007. Edge effects of linear canopy openings on tropical rain forest understory microclimate. **Biotropica** 39(1):62-71.
- RAMP, D.; WILSON, V.K. & CROFT, D.B. 2006. Assessing the impacts of roads in peri-urban reser-

ves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. **Biological Conservation** 129: 348-359.

REE, R.; CESARINI, S.; SUNNUCKS, P.; MOORE, J.L. & TAYLOR, A. 2010. Large gaps in canopy reduce road crossing by a gliding mammal. **Ecology and Society** 15(4): 35.

ROSA, C.A.; CARDOSO, T.R.; TEIXEIRA, F.Z. & BAGER, A. 2012. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. *In: Ecologia de estradas: tendências e pesquisas*, Ed. UFLA, p.79-100.

ROSEN, P.C. & LOWE, C.H. 1994. Highway mortality of snakes in the Sonoran Desert of Southern Arizona. **Biological Conservation** 68:143-148.

SHINE, R.; LEMASTER, M.; WALL, M.; LANGKILDE, T. & MASON, R. 2004. Why did the snake cross the road? Effects of roads on movement and location of mates by garter snakes (*Thamnophis sirtalis parietalis*). **Ecology and Society** 9(1): 9.

SMITH-PATTEN, B.D. & PATTEN, M.A. 2008. Diversity, seasonality, and context of mammalian road-kills in the Southern Plains. **Environment Management** 41:844-852.

SNOW, N.P.; ANDELT W.F. & GOULD, N.P. 2011. Characteristics of road-kill locations of San Clemente Island Foxes. **Wildlife Society Bulletin** 35(1):32-39.