

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Instituto de Biociências

**DETECTABILIDADE DA FAUNA ATROPELADA:
EFEITO DO MÉTODO DE AMOSTRAGEM E DA REMOÇÃO DE CARCAÇAS**

Fernanda Zimmermann Teixeira

Monografia de Bacharelado em Ciências Biológicas a ser enviada em forma de artigo
para o periódico *European Journal of Wildlife Research*

Orientador:

Prof. Dr. Andreas Kindel

Departamento de Ecologia/UFRGS

Banca examinadora:

Profa. Dra. Sandra Maria Hartz

Departamento de Ecologia/UFRGS

Prof. Dr. Leandro da Silva Duarte

Departamento de Ecologia/UFRGS

Porto Alegre, Julho de 2010

Agradecimentos

À CAPES, ao CNPq, à UFRGS e à Biolaw Consultoria Ambiental pelo apoio financeiro e logístico que permitiu a realização das saídas de campo deste projeto.

À Secretaria de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul, especialmente à equipe de São Francisco de Paula e da Área de Proteção Ambiental Rota do Sol pelo apoio e acolhida durante as saídas de campo. Ao Rodrigo Cambará Printes, pelo estímulo e interesse no projeto.

Aos motoristas da UFRGS – Sandro, Osvaldo e Marcelo – pela paciência em passar vários dias subindo e descendo a Rota do Sol.

Aos ajudantes de campo Lili e Diogo e em especial à Isa pela grande presença nas saídas de campo e pelo envolvimento no projeto.

Ao Prof. Dr. Leandro da Silva Duarte pelas discussões estatísticas.

A todo pessoal do Laboratório de Ecologia de Populações e Comunidades, em especial à Fê pela ajuda e companhia.

Ao Prof. Dr. Andreas Kindel, pelas ideias malucas e orientação ao longo do trabalho.

À minha família, pela paciência e carinho.

Detectabilidade da fauna atropelada: efeito do método de amostragem e da remoção de carcaças

Teixeira, Fernanda Zimmermann · Esperandio, Isadora Beraldi · Kindel, Andreas

Resumo Os monitoramentos de fauna atropelada realizados atualmente desconsideram a influência da remoção de carcaças e da detectabilidade na magnitude dos atropelamentos. Este trabalho tem como objetivo avaliar diferenças na detecção da fauna atropelada e na probabilidade de remoção das carcaças em função do grupo taxonômico. A hipótese é de que grupos como anfíbios e aves são subamostrados em função de seu menor tamanho, tendo altas taxas de remoção e menor número de visualizações. Visando avaliar o efeito da detectabilidade, o número de carcaças registradas foi comparado em monitoramentos a pé e de carro. No experimento da remoção de carcaças, a rodovia foi monitorada durante quatro dias consecutivos e registramos a permanência de cada carcaça. Encontramos diferença significativa entre os dois métodos de amostragem com relação à abundância de indivíduos de cada grupo taxonômico. A permanência das carcaças na rodovia variou significativamente em função do grupo taxonômico. Estes resultados confirmam que há subamostragem nos monitoramentos da fauna atropelada ao desconsiderar, nas estimativas de magnitude, as carcaças removidas em dias anteriores e a baixa detectabilidade utilizando-se veículo. Ao contrário do que é normalmente assumido, a detectabilidade e a remoção de carcaças não são homogêneas entre diferentes classes de tamanho e entre táxons. Grupos de animais como os anfíbios, que tem baixo período de permanência e baixa detectabilidade, deveriam ser considerados no planejamento de medidas mitigadoras.

Palavras-chave Rodovias, Fauna atropelada, Detectabilidade, Remoção de carcaças

Introdução

O atropelamento de animais silvestres em rodovias é considerado por alguns autores como o principal fator antrópico responsável diretamente pela mortalidade de vertebrados terrestres em escala global (Forman e Alexander 1998). O monitoramento da fauna atropelada tem sido empregado para gerar informações e subsídios para o planejamento de medidas mitigadoras desse impacto. Estes levantamentos normalmente abordam a magnitude dos atropelamentos e as espécies atingidas, priorizando os atropelamentos de mamíferos e de animais de grande porte.

A detectabilidade das carcaças é normalmente desconsiderada no levantamento da fauna atropelada em rodovias (Slater 2002, Langen et al. 2007). O desconhecimento sobre a influência desse fator impede a sua correção e faz com que se assumam diferenças entre rodovias ou trechos destas são decorrentes de diferenças entre as áreas quando podem ser oriundas de variações na detecção.

A variação na detectabilidade pode ser originada por vários fatores, como sazonalidade, tamanho das carcaças (Morrison 2002), quantidade de vegetação na margem da rodovia e as habilidades de detecção dos pesquisadores (Hobday e Minstrell 2004). Além disso, a persistência da carcaça na rodovia pode ser influenciada pelo clima, pela presença de carniceiros (Slater 2002) e pelo fluxo de veículos.

Problemas na detectabilidade subestimam o impacto dos atropelamentos sobre populações silvestres e potencialmente afetam o reconhecimento de padrões espaciais e temporais. A consideração da remoção de carcaças e da detectabilidade em função do método de monitoramento utilizado permitem estimar a magnitude real dos atropelamentos. A escolha de rodovias para a priorização na aplicação de recursos para mitigação depende do conhecimento sobre a magnitude dos atropelamentos e do impacto sobre diferentes grupos taxonômicos.

A maioria dos monitoramentos realizados considera que a detectabilidade e a remoção são homogêneas entre as diferentes classes taxonômicas e entre espécies com diferentes tamanhos corporais. Neste sentido, este trabalho teve como objetivo testar se há diferenças na detectabilidade entre grupos taxonômicos de vertebrados em monitoramentos de fauna atropelada e se há diferenças na probabilidade de remoção das carcaças entre esses diferentes grupos. A hipótese é de que grupos taxonômicos como anfíbios e aves são subamostrados em função de seu menor tamanho, tendo altas taxas de remoção e baixa detectabilidade.

Métodos

Área de estudo

A área de estudo compreende 66 quilômetros da rodovia RS-486/RST-453 (Fig. 1), ou Rota do Sol, que cruzam o interior da APA Rota do Sol (54.670,5 hectares), margeando a Estação Ecológica de Aratinga (5.882 ha) e transpondo a Reserva Biológica Estadual da Mata Paludosa (113 ha).

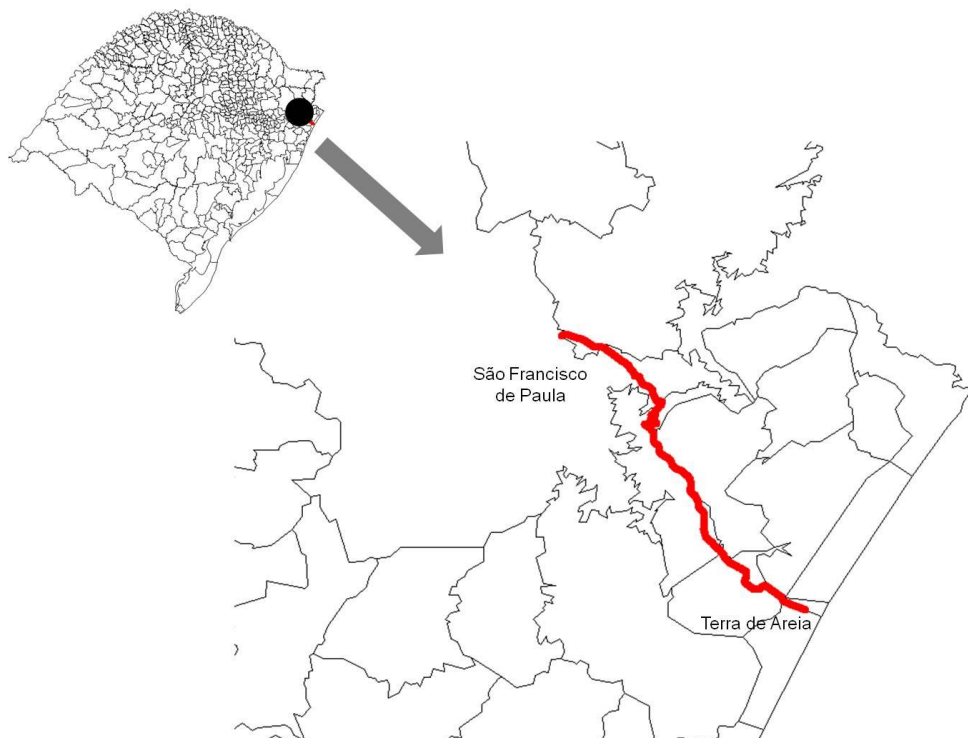


Fig. 1 Área de estudo: trecho de 66km da rodovia Rota do Sol (RS486/RST453) entre o município de Terra de Areia e a localidade de Tainhas, em São Francisco de Paula.

A escolha desta área justifica-se pela heterogeneidade da paisagem, pois abrange três regiões geomorfológicas (planície, encosta e planalto) bastante distintas tanto do ponto de vista do tipo e intensidade do impacto antrópico quanto dos seus atributos bióticos e abióticos.

Coleta e análise de dados

Para avaliar a remoção de carcaças monitoramos a rodovia durante quatro dias consecutivos/mês em 10 saídas de campo realizadas entre julho de 2009 e junho de 2010 com automóvel a uma velocidade entre 40 e 50 km/h. Para registro da remoção, consideramos as carcaças atropeladas há menos de 24 horas, desconsiderando as carcaças do primeiro dia de monitoramento, que poderiam ter mais de 24h de atropelamento. Nos dias subsequentes, registramos a permanência das carcaças novas encontradas no segundo dia. Classificamos os animais com relação ao tamanho corporal das espécies em pequenos (<500g) e grandes (>500g) e com relação ao grupo taxonômico (anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Para testar o efeito do tamanho corporal na remoção das carcaças, realizamos uma análise de variância (ANOVA) com teste de aleatorização (Manly 1997) com o tempo de permanência das carcaças na rodovia sendo a variável dependente, o tamanho corporal a variável preditiva e as carcaças as unidades amostrais. Para testar a diferença no tempo de remoção das carcaças entre os diferentes grupos taxonômicos (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) realizamos uma ANOVA com teste de aleatorização (Manly 1997), com o grupo taxonômico das carcaças como fator.

Visando avaliar a detectabilidade da fauna atropelada, o número de carcaças registrado em 45 trechos de 500m de comprimento foi comparado utilizando dois métodos de monitoramento: o levantamento utilizando automóvel (velocidade de deslocamento entre 40 e 50 km/h) e o monitoramento a pé. A amostragem foi realizada durante três meses (fevereiro, maio e junho de 2010), totalizando 22,5km de monitoramento. Em cada dia de monitoramento, o trecho inicial foi sorteado entre os primeiros 10 km da rodovia e a cada 10 km do trecho inicialmente sorteado foi monitorado um novo trecho. Durante o período da manhã a rodovia foi monitorada de automóvel e no período da tarde os trechos selecionados foram percorridos a pé. Em cada trecho, foram registrados todos os animais atropelados detectados com cada método e estes foram classificados com relação ao tamanho corporal (pequenos ou grandes) e ao grupo taxonômico (anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

Para testar a diferença entre os métodos de amostragem foram realizadas seis ANOVAs com teste de aleatorização (Manly 1997), com o número de carcaças em cada classe (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) e em cada grupo de tamanho (pequenos e grandes) sendo a variável dependente em cada uma das análises. As análises foram realizadas considerando o método de levantamento (a pé e de automóvel) como a variável preditiva e os trechos da rodovia como blocos. O desenho amostral em blocos é um desenho aninhado que restringe as permutações dentro de cada bloco (Pillar 2006), comparando o número de carcaças detectadas entre os métodos no mesmo trecho. Visando diminuir a probabilidade de erro tipo I devido aos testes realizados, realizamos correções de Bonferroni ($\alpha' = \alpha/k$, para k testes independentes) (Legendre e Legendre 1998), considerando $\alpha=0.05$. Para as ANOVAs com o tamanho corporal como fator obtivemos o valor de $\alpha'=0,025$ e para a ANOVAs com as classes taxonômicas como fator obtivemos o valor de $\alpha'=0,012$.

As análises de variância foram realizadas no software MULTIV 2.4 com 1000 permutações aleatórias (Pillar 2006), utilizando como critério de teste a soma de quadrados das distâncias euclidianas entre grupos de unidades amostrais (estatística Q_b , Pillar & Orlóci 1996).

Resultados

Permanência de carcaças

Para avaliar a persistência das carcaças sobre a rodovia foram utilizados 242 animais atropelados, sendo 113 anfíbios, 24 répteis, 62 aves e 43 mamíferos. Destes, 195 foram classificados como tendo tamanho corporal pequeno e 47 como tendo tamanho corporal grande.

Carcaças menores persistem menos sobre a rodovia (Fig. 2). O mesmo padrão é observado quando comparada a persistência de anfíbios e aves com a de répteis e mamíferos (Fig. 3). Através das ANOVAs, foi encontrada diferença significativa entre a permanência em função do tamanho corporal dos animais atropelados ($P=0,001$) e em função do grupo taxonômico ($P=0,001$), com a comparação entre cada grupo taxonômico (contrastes, Pillar & Orlóci 1996) indicando semelhanças no tempo de remoção entre anfíbios e aves e entre répteis e mamíferos (tabela 1).

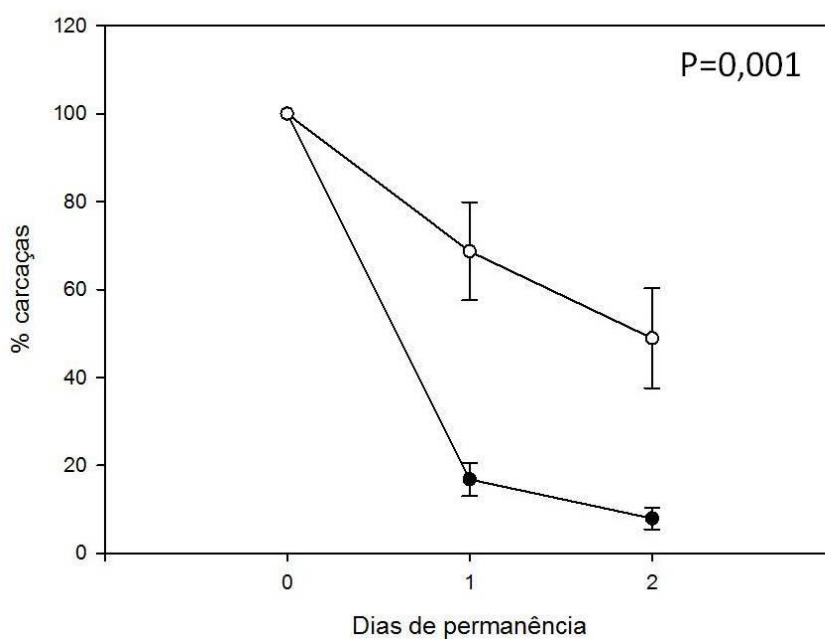


Fig. 2 Proporção de carcaças não removidas na rodovia durante os três dias consecutivos de monitoramento. Animais de tamanho corporal pequeno ($n=195$) são indicados pelos círculos pretos e animais de tamanho corporal grande ($n=47$) são indicados pelos círculos brancos. A ANOVA indicou diferença significativa ($P=0,001$) nos dias de permanência entre animais pequenos e grandes.

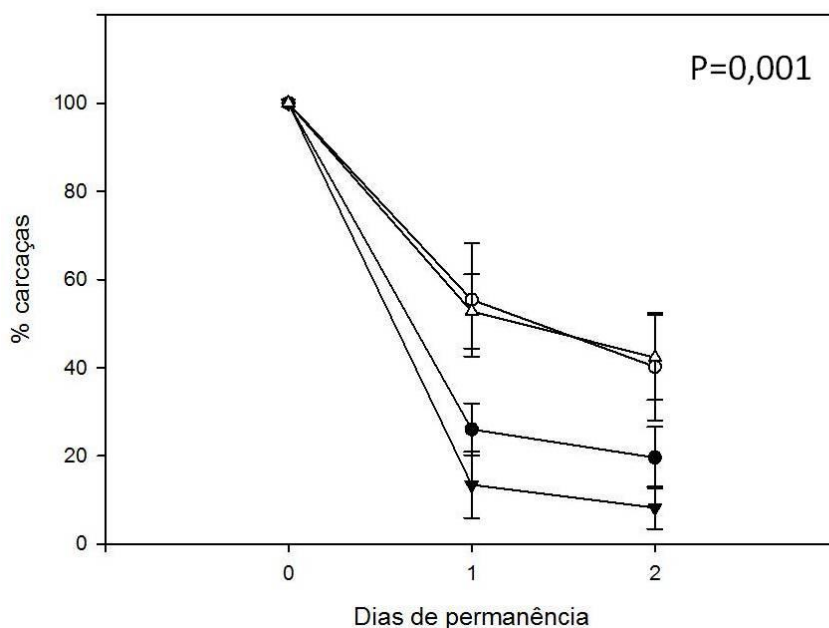


Fig. 3 Proporção de carcaças não removidas na rodovia durante os três dias consecutivos de monitoramento. Anfíbios (n=113) são indicados pelos círculos pretos, répteis (n=24) pelos círculos brancos, aves (n=62) pelos triângulos pretos e mamíferos (n=43) pelos triângulos brancos. A ANOVA indicou diferença significativa (P=0,001) nos dias de permanência entre os grupos taxonômicos.

Tabela 1 Valores d e contrastes entre grupos na ANOVA da permanência de carcaças de animais atropelados em função do grupo taxonômico.

	Soma de quadrados(Q)	P(QbNULL>=Qb) *
Amphibia x Reptilia	9.8188	0.001*
Amphibia x Aves	0.08352	0.673
Amphibia X Mammalia	15.027	0.001*
Reptilia x Aves	7.505	0.002*
Reptilia x Mammalia	0.0014463	1
Aves x Mammalia	10.692	0.002*

*Dados significativos ($\alpha=0.008$ devido a correção de Bonferroni)

Detectabilidade com diferentes métodos

No monitoramento a pé foram encontrados 207 animais, sendo 152 anfíbios, 15 répteis, 21 aves e 17 mamíferos, classificados como tendo tamanho corporal pequeno (190 indivíduos) e grande (17 indivíduos). Desses, apenas 12 foram registrados no monitoramento utilizando veículo, sendo três répteis, uma ave e oito mamíferos, classificados em tamanho corporal pequeno (um indivíduo) e grande (11 indivíduos).

O monitoramento utilizando veículo com velocidade entre 40 e 50 km/h teve uma detecção média de 0,49 animais (com erro padrão de 0,07) por trecho enquanto o monitoramento a pé teve uma média de 4,60 animais (com erro padrão de 0,94) por trecho. Através das ANOVAs realizadas foi

encontrada diferença significativa na detectabilidade entre os métodos para anfíbios, répteis, aves e animais de tamanho corporal pequeno (Fig. 4 e Fig. 5).

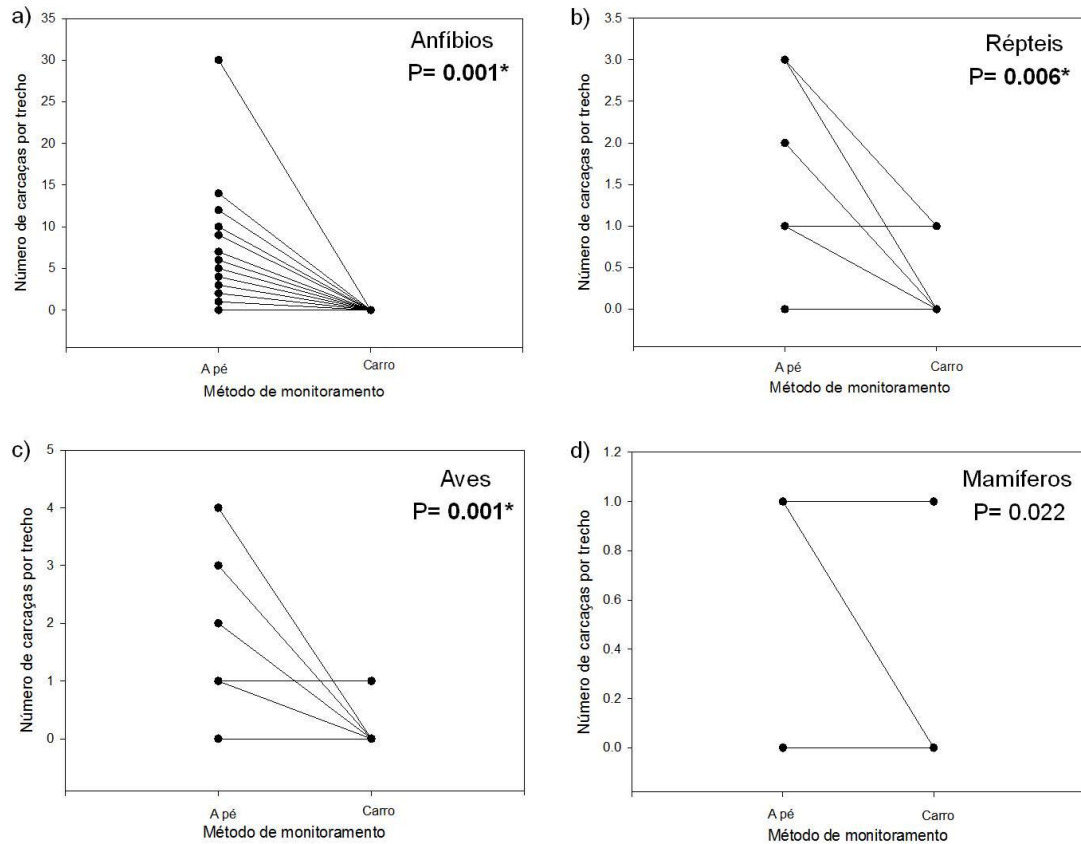


Fig. 4 Número de carcaças de anfíbios registradas em 45 trechos de 500m utilizando dois métodos de monitoramento; as linhas unem os pontos de monitoramento no mesmo trecho da rodovia (bloco). a) Anfíbios. b) Répteis. c) Aves. d) Mamíferos.

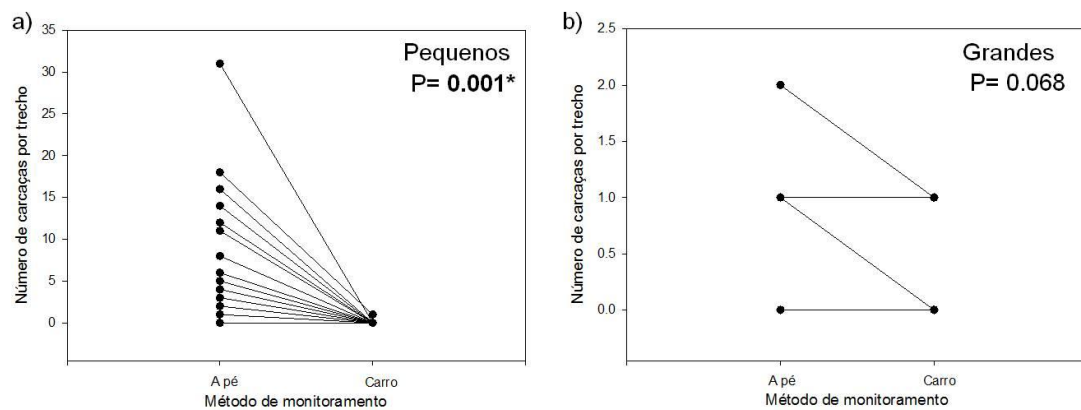


Fig. 5 Número de carcaças de anfíbios registradas em 45 trechos de 500m utilizando dois métodos de monitoramento; as linhas unem os pontos de monitoramento no mesmo trecho da rodovia (bloco). a) Pequenos (<500g). b) Grandes (>500g).

Discussão

A permanência das carcaças na rodovia variou significativamente em função do grupo taxonômico. Anfíbios e aves, animais de tamanho corporal menor, foram removidos mais rapidamente do que répteis e mamíferos, que possuem tamanho corporal maior. Langen e colaboradores (2007) também observaram que as carcaças de anfíbios persistem menos tempo sobre a rodovia e que muitas vezes registravam apenas um pedaço da pele dos anfíbios como uma evidência de atropelamento, enquanto cobras e tartarugas permaneciam reconhecíveis em função da resistência de sua pele seca.

Assim como neste trabalho, Slater (2002) testou a influência do tamanho da carcaça na taxa de remoção e encontrou taxas de remoção menores para carcaças maiores. Morrison (2002), em uma revisão, encontrou diferentes taxas de remoção de carcaças em experimentos com carcaças colocadas em parques eólicos, mas encontrou que carcaças menores eram removidas a taxas muito mais altas do que carcaças maiores e que havia variação entre estações. Com relação às variações estacionais, DeVault e colaboradores (2004) testaram a remoção de carcaças de roedores e encontraram diferença no tempo médio de remoção entre dias frios (média de 3,13 dias) e quentes (média de 0,94 dias).

Encontramos diferença significativa na detectabilidade entre os dois métodos de amostragem (a pé/carro) com relação à abundância de indivíduos de cada grupo taxonômico. Animais de tamanho corporal menor foram menos detectados do que animais maiores e este viés gera uma subestimativa da magnitude de animais atropelados em alguns grupos taxonômicos, como anfíbios e aves, que possuem tamanho corporal menor. Hobday e Minstrell (2004) citam que o monitoramento realizado a partir de um veículo em movimento significa que o número total de atropelamentos é subestimado, pois somente animais com mais de 150g e aves maiores que 130mm podem ser detectadas.

Estes resultados confirmam que há subamostragem nos monitoramentos da fauna atropelada ao desconsiderar, nas estimativas de magnitude, as carcaças removidas em dias anteriores e a baixa detectabilidade utilizando-se veículo. Há um viés no tamanho das carcaças registradas em monitoramentos, em função da disparidade na sua permanência e da detectabilidade do veículo. Esse viés pode gerar interpretações erradas sobre o impacto de rodovias em populações silvestres, ao subestimar de forma mais intensa os atropelamentos de animais de pequeno tamanho corporal, o que pode influenciar o planejamento de medida mitigadoras.

Langen e colaboradores (2007) também encontraram um viés na amostragem de anfíbios nos monitoramentos utilizando veículo, fato constatado ao comparar os resultados com o monitoramento a pé. O comportamento dos anfíbios os torna particularmente vulneráveis ao atropelamento em rodovias (Eigenbrod et al. 2008), o que gera um importante impacto negativo sobre a densidade populacional das espécies (Fahrig et al. 1995). Portanto, o monitoramento de atropelamentos de anfíbios deve ser realizado a pé, pois o monitoramento utilizando veículo é inadequado para avaliar o impacto de rodovias sobre as populações desse grupo de vertebrados.

Em monitoramentos do impacto de turbinas eólicas para geração de energia sobre a avifauna normalmente são consideradas tanto a taxa de remoção de carcaças como a probabilidade de detecção dos pesquisadores (Schoenfeld 2004), fatores que devem ser considerados em rodovias para diminuir o viés das estimativas da taxa de atropelamentos. Muitos trabalhos desenvolvidos em parques eólicos testam a eficiência de detecção dos pesquisadores através de experimentos com carcaças dispostas no

ambiente antes do monitoramento e essa abordagem é pouco considerada em trabalhos envolvendo fauna atropelada.

Taylor e Goldingay (2004) testaram, antes do início do monitoramento de fauna atropelada, a eficiência de detectabilidade dos pesquisadores dispondo carcaças ao longo da rodovia. Esse método permite calcular o erro de detecção dos monitoramentos realizados, visando corrigir as estimativas de magnitude. Para qualificar o monitoramento do impacto de rodovias e para direcionar políticas de mitigação é de fundamental importância a incorporação das taxas de remoção de carcaças e das taxas de detecção dos pesquisadores nas estimativas de magnitude de fauna atropelada.

Slater (2002) avaliou a influência da proximidade das carcaças na remoção e encontrou maiores taxas de remoção de carcaças por carniceiros em locais onde as carcaças estavam dispostas mais próximas umas às outras. Como os locais com maior remoção tendem a ser os mesmos onde há maior taxa de atropelamentos, pode haver influência da remoção de carcaças na análise dos padrões espaciais de mortalidade. A detecção de pontos de agregação de atropelamentos, passo fundamental para o planejamento de medidas mitigadoras, pode sofrer um viés caso a remoção das carcaças seja desconsiderada.

Ao contrário do que é assumido pela quase totalidade dos trabalhos, a detectabilidade e a remoção de carcaças não são homogêneas entre diferentes classes de tamanho e entre táxons. A consideração destes aspectos deve ser incorporada nos monitoramentos de fauna atropelada, principalmente na avaliação da magnitude da mortalidade. Sugerimos que no monitoramento em rodovias utilizando veículo, alguns trechos sejam percorridos a pé para estimar o erro de detecção em função do método, permitindo sua correção. Além disso, é importante estimar as taxas de remoção para calcular a taxa diária de atropelamentos por quilômetro nas rodovias avaliadas.

Funções matemáticas são propostas por Johnson e colaboradores (2003) para estimar as taxas de mortalidade baseadas nas estimativas da taxa de remoção de carcaças proposta por Erickson e colaboradores (2003) em parques eólicos. A adaptação dessas funções permitiria a estimativa da mortalidade total por atropelamento, considerando a remoção e a detectabilidade das carcaças. Esta é a maneira mais adequada para corrigir as subestimativas da magnitude de atropelamentos em rodovias. Entretanto, permanece como um desafio a incorporação dessas variáveis (a remoção e a detectabilidade) na avaliação de padrões espaciais de mortalidade.

Referências

- DeVault TL, Brisbin ILJ, Rhodes OEJ (2004) Factors influencing the acquisition of rodent carrion by vertebrate scavengers and decomposers. *Can. J. Zool.* 82:502–509. doi:10.1139/Z04-022.
- Eigenbrod F, Hecnar SJ, Fahrig L (2008) The relative effects of road traffic and forest cover on anuran populations. *Biol. Conserv.* 141: 35–46.
- Erickson WP, Jeffrey J, Kronner K, Bay K (2003) Stateline Wind Project wildlife monitoring annual report, results for the period July 2001 – December 2002. Technical report submitted to FPL Energy, Oregon Office of Energy, and the Stateline Technical Advisory Committee. Western EcoSystems Technology, Cheyenne, WY.

- Fahrig L, Pedlar JH, Pope SE, Taylor PD, Wegner JF (1995) Effect of road traffic on amphibian density. *Biol. Conserv.* 73:177–182.
- Forman RTT, Alexander LE (1998) Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 29:207–31.
- Hobday AJ, Minstrell, ML (2004) Distribution and abundance of roadkill on Tasmania highways: human management options. *Wildl. Res.* 35:712-726.
- Johnson GD, Erickson WP, Strickland MD, Shepard MF, Shepard DA, Sarappo SA (2003) Mortality of bats at a large-scale wind power development at Buffalo Ridge, Minnesota. *Amer. Midl. Nat.* 150:332-342.
- Langen TA, Machniak A, Crowe EK, Mangan C, Marker DF, Liddle N e Roden B (2007) Methodologies for surveying herpetofauna mortality on rural highways. *J. Wildl. Manag.* 71(4): 1361-1368.
- Legendre P, Legendre L (1998) *Numerical Ecology*. Elsevier Science B.V.
- Manly BFJ (1997) *Randomization, Bootstrap and Monte Carlo Methods in Biology*, 2nd edn. Chapman and Hall, London.
- Morrison M (2002) *Searcher Bias and Scavenging Rates in Bird/Wind Energy Studies*. Subcontractor Report – National Renewable Laboratory. NREL/SR-500-30876.
- Pillar (2006) *Multivariate Exploratory Analysis, Randomization Testing and Bootstrap Resampling User's Guide v.2.4*. UFRGS.
- Pillar, VP, Orlóci, L (1996) On randomization testing in vegetation science: multifactor comparisons of relevé groups. *J. Veg. Sci.* 7: 585-592.
- Schoenfeld PS (2004) *Suggestions regarding Avian Mortality Extrapolation*. In: J. Kerns and P. Kerlinger, *A Study of Bird and Bat Collision Fatalities at the Mountaineer Wind Energy Center, Tucker County, West Virginia: Annual Report for 2003* DRAFT.
- Slater FM (2002) An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecol.* 3:33-42.
- Taylor BD, Goldingay RL (2004) Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales. *Wildl. Res.* 31:83-91.