

## DEFINIÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE ATROPELAMENTO DA FAUNA SILVESTRE NO TRECHO SUL DA BR-101/NE

Jefferson Barros de Oliveira (\*), Carina da Luz de Abreu, Cynthia Diniz de Souza, Bibiana Kocourek, Simone Oliveira.

\* Gestão Ambiental BR-101/NE trecho PE/AL/SE/BA.  
jeffersonbo@gmail.com.

### RESUMO

O objetivo principal do presente trabalho é propor medidas para reduzir os índices de atropelamentos da fauna e atenuar os efeitos danosos à biodiversidade da região. Com isso, os objetivos específicos são: monitorar atropelamentos envolvendo exemplares da fauna; identificar pontos de maior incidência de atropelamentos; identificar os principais locais de passagem de fauna sobre a rodovia e indicar medidas mitigatórias, como a instalação de placas educativas nos pontos críticos da rodovia. O empreendimento em estudo abrange quatro estados da região nordeste do Brasil: inicia-se no sul do Estado de Pernambuco, totalizando 24,6 Km para essa região, 249,4 Km no Estado de Alagoas, 206,1 Km no Estado de Sergipe e 169,2 no Estado da Bahia. O levantamento dos espécimes atropelados ocorreu mensalmente entre julho de 2011 e abril de 2015. Durante cada amostragem, o trecho foi percorrido nos dois sentidos (Sul-Norte e Norte-Sul), com veículo em baixa velocidade (no máximo 60 Km/h). Os animais encontrados foram identificados, fotografados com escala e georreferenciados. A partir do conjunto dos dados obtidos, foram registrados 1759 espécimes atropelados de 83 espécies de vertebrados. A classe dos mamíferos foi a mais afetada pelos atropelamentos, representando 59% dos espécimes registradas (n= 1045 registros). O arranjo se completa com as aves perfazendo 21% (n= 375 registros), os répteis 11 % (n= 189 registros) e os anfíbios 9% (n=150 registros). O subtrecho Bahia apresenta, até o momento, o maior índice de atropelamentos, com média de 0,09 espécimes atropelados por quilômetro. Ressalta-se que este subtrecho foi o único em que as obras do empreendimento não iniciaram. Entre os subtrechos em obras, o subtrecho Sergipe destaca-se com IA médio = 0,07 espécimes/Km. Assim, a análise da localização de hotspots de mortalidade, realizada pelo método 2D HotSpot Identification, com a valoração de grupos de registros, identificou diversos pontos de agregação (hotspots). Dentre estes, destacam-se os Km 137,8 e 138,1 no subtrecho Bahia, Km 56,1, 159,3, 164,6 e 179,8 no subtrecho Sergipe e os Km 143,8, 210,1 e 230,5 no subtrecho Alagoas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Empreendimento Linear, *Hotspots* de Atropelamento da Fauna Silvestre, Medidas Mitigatórias, Gestão Ambiental BR-101/NE.

### INTRODUÇÃO

Sabe-se que áreas ocupadas por rodovias são ecologicamente vulneráveis ou sofrem alto risco de perda da integridade biótica das comunidades que compõem a paisagem (Karr, 1993). Mais especificamente para os elementos da fauna, vários estudos indicam que o tráfego diminui a probabilidade de sobrevivência de populações de anfíbios, répteis, aves e mamíferos que vivem próximos às estradas (Forman & Alexander, 1998; Trombulak & Frissell, 2000; Goosem, 2002). Tal fato está diretamente relacionado aos atropelamentos, impacto pouco ressaltado entre as questões que envolvem a ameaça das espécies da fauna brasileira.

O aumento do tráfego, a ampliação dos limites de velocidade e a largura das estradas são fatores que influenciam nas taxas de atropelamento de animais (Clarke et al. 1998; Forman & Alexander, 1998; Goosem, 2002). Esses geralmente envolvem vertebrados movimentando-se em sua área de vida ou migrando entre áreas; animais ectotérmicos que usam as estradas para regular suas temperaturas corpóreas e animais atraídos pela disponibilidade de alimentos (grãos, sementes, frutas, plantas herbáceas, entre outros) na pista ou próxima dela, podendo resultar no atropelamento do animal (Forman & Alexander, 1998). Nesse último caso, o animal atropelado pode acabar atraindo outros organismos carnívoros, o que cria um ciclo de atropelamentos (Van der Zande et al. 1980).

A perda de espécies comuns por atropelamentos em geral é considerada facilmente compensada pela reprodução (Bennety, 1991). Contudo, se o aumento na taxa de mortalidade ocorrer em populações reduzidas de espécies nas quais a dinâmica reprodutiva determina uma baixa capacidade de reposição dos estoques, o impacto em questão passa a ser encarado como uma forte fonte de pressão negativa sobre a manutenção de tais taxa.

Seiler & Heldin (2006) destacam que, nas últimas décadas, os atropelamentos passaram a ser mais importantes que a caça como causa direta de mortalidade de vertebrados terrestres e tendem a se tornar uma ameaça significativa à biodiversidade em países em rápido desenvolvimento, tais como a China e a Índia, situação que pode ser comparada com a do Brasil.

Considerando o exposto, que estradas acabam sendo uma armadilha para muitos grupos animais, é de extrema importância a aplicação de métodos que minimizem o impacto direto provocado pelo aumento do fluxo de veículos após ampliação da capacidade do trecho sul da rodovia BR-101/NE. Desta forma, a redução do número de atropelamentos de fauna pode ser atingida com base em um conjunto de medidas que envolvem o controle da velocidade de tráfego dos veículos, o aumento da permeabilidade da rodovia e ações educativas.

Neste contexto, o objetivo principal do presente trabalho é propor medidas para reduzir os índices de atropelamentos da fauna e atenuar os efeitos danosos à biodiversidade da região. Com isso, os objetivos específicos são: monitorar atropelamentos envolvendo exemplares da fauna; identificar pontos de maior incidência de atropelamentos; identificar os principais locais de passagem de fauna sobre a rodovia e indicar medidas mitigatórias, como a instalação de placas educativas nos pontos críticos da rodovia.

## METODOLOGIA

### Localização

O empreendimento em estudo abrange quatro estados da região nordeste do Brasil (Figura 1): inicia-se no sul do Estado de Pernambuco, totalizando 24,6 Km para essa região, 249,4 Km no Estado de Alagoas, 206,1 Km no Estado de Sergipe e 169,2 no Estado da Bahia.

O trecho situa-se entre os pontos de coordenadas, zona 25L 212.942; 9.037.999 (limite norte) e zona 24L 158.770; 8.913.451 (limite Sul), em região de predomínio do Bioma Mata Atlântica, sofrendo influência da região costeira do nordeste brasileiro. Considerando-se aspectos hidrográficos, situa-se na região hidrográfica do rio São Francisco em limites com as regiões do Atlântico leste e Atlântico NE oriental.

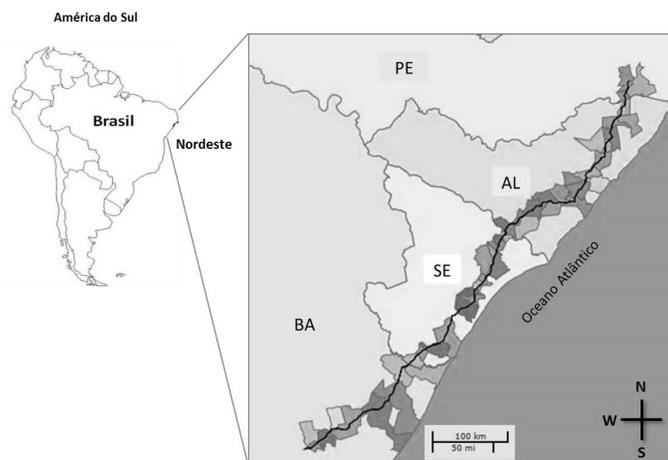


Figura 1: Localização do trecho sul da rodovia BR-101/NE.

### Levantamento dos Registros de Atropelamentos

O levantamento dos espécimes atropelados ocorreu mensalmente entre julho de 2011 e abril de 2015. Durante cada campanha, que ocorreram mensalmente, o trecho foi percorrido nos dois sentidos (Sul-Norte e Norte-Sul), com veículo em baixa velocidade (no máximo 60 Km/h). Os animais encontrados foram identificados e fotografados com escala e georreferenciados. Além disso, foram anotadas informações gerais sobre o local de registro.

### Análise dos Dados

Para fins de análise estatística, o trecho percorrido foi subdividido em subtrechos, correspondente aos estados, apenas sob o critério geográfico. Cada segmento funciona como uma unidade amostral no registro de número de atropelamentos.

- Subtrecho Bahia: aproximadamente 169,20 Km.
- Subtrecho Sergipe: Aproximadamente 206,10 Km;
- Subtrecho Alagoas: Aproximadamente 249,4 Km;
- Subtrecho Pernambuco: 24,60 Km;

Para eliminar as diferenças no tamanho de cada subtrecho, o número de registros é dividido pela extensão (em Km) do subtrecho, obtendo-se um Índice de Atropelamentos (IA), ou seja, o número de atropelamento(s) por quilômetro. Tendo em vista que cada subtrecho é percorrido duas vezes (S-N; N-S), para a quantificação do IA a extensão do subtrecho foi multiplicada por 2 (Equação 1).

Equação (1):  $IA = \text{número de registros}/\text{extensão do subtrecho (Km)} \times 2$

Posteriormente, com essas unidades amostrais verificou-se a variância nos dados de atropelamentos registrados no decorrer das campanhas. A partir desses dados, foi estabelecida a representatividade dos espécimes atropelados, dentro do total registrado, das diferentes classes de vertebrados e a classificação ecológica das espécies atropeladas considerando a tolerância à presença humana (Margarido, 1994).

Com os dados registrados é estabelecida a representatividade dos espécimes vítimas de atropelamento, dentro do total registrado, das diferentes classes de vertebrados (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) e a classificação ecológica das espécies atropeladas considerando a tolerância à presença humana (aloantrópicas, periantrópicas ou sinantrópicas).

Adicionalmente, é calculada a abundância relativa dos atropelamentos para cada espécie, através da Equação (2):

Equação (2):  $ARi = ni/N \times 100$

Onde  $ARi$  é a abundância relativa da espécie  $i$ ,  $ni$  é o número de registros de indivíduos da espécie  $i$  atropelados e  $N$  é o número total de registros de todas as espécies.

Foi calculada também a frequência de ocorrência relativa de cada espécie atropelada, em cada subtrecho, ao longo das campanhas de monitoramento. Abaixo segue a Equação (3).

Equação (3):  $FRi = ni/N \times 100$

Onde  $FRi$  é a frequência de ocorrência relativa da espécie  $i$ ,  $ni$  é o número de campanhas em que a espécie  $i$  foi registrada atropelada e  $N$  é o número total de campanhas amostrais.

Adicionalmente, foi calculada a abundância relativa dos atropelamentos para cada espécie, e também a frequência de ocorrência relativa de cada espécie atropelada, em cada subtrecho. A abundância relativa e a frequência de ocorrência relativa foram empregadas para verificar a eficiência dos métodos de proteção a serem aplicados, permitindo ainda observar quais as espécies são mais afetadas, para as quais poderão ser propostas e/ou reavaliadas medidas mitigadoras.

A partir do conjunto dos registros de atropelamentos, calculou-se o Índice de Diversidade de Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Ludwig & Reynolds, 1988) para cada subtrecho, e a similaridade na composição de espécies atropeladas entre os subtrechos utilizando-se o índice de Sorensen (Brower & Zar, 1984).

### Significância Estatística de Agrupamentos na Distribuição dos Atropelamentos

Segundo UFRGS (2011), do ponto de vista do planejamento de medidas mitigadoras é importante identificar, em primeiro lugar, se a distribuição dos atropelamentos registrados possui agrupamentos significativos e em que escalas eles ocorrem, para, posteriormente, localizar os trechos com maior mortalidade. Embora possam ser localizados trechos de maior mortalidade sem uma prévia avaliação da significância de agrupamentos na distribuição, estes poderiam representar apenas hotspots de uma realização (a partir de uma amostra) de uma distribuição de probabilidades que na verdade é uniforme. Uma distribuição sem agrupamentos significativos sugere que não existe um local efetivamente com maior mortalidade, e a localização de uma medida mitigadora ao atropelamento em qualquer trecho da rodovia teria o mesmo efeito. Contudo, deve-se ter em mente que um conjunto de dados de atropelamentos (com determinado método e intervalo de amostragem) é apenas uma realização dentre várias possíveis considerando-se um universo amostral de um longo período de tempo. Evidentemente, quanto maior o esforço amostral (em termos de método e período de amostragem) mais representativa deste universo é a realização observada.

Desta forma, com o auxílio do software Siriema - Spatial Evaluation Of Road Mortality (UFRGS, 2011), verificou-se a existência de agrupamentos de atropelamentos significativos em cada subtrecho, através da estatística K de Ripley bi-dimensional (Coelho et al. 2008).

Com o objetivo de “valorar” grupos de registros de interesse foi creditado pesos diferentes para cada registro. Assim, buscou-se definir hotspots de atropelamentos que considerem especialmente espécies ameaçadas de extinção e também evitar que a localização de hotspots seja extremamente influenciada por poucas espécies dominantes e sinantrópicas. Os critérios selecionados para dar valorar cada espécie foram o grau de tolerância à presença humana e as categorias de ameaça de extinção (MMA, 2014).

- Espécie Sinantrópica = peso 01;
- Espécie Periantrópica = peso 02;
- Espécie Aloantrópica = peso 03;
- Espécie ameaçada de extinção: categoria Vulnerável = peso 05;
- Espécie ameaçada de extinção: categoria Em Perigo = peso 06.
- Espécie ameaçada de extinção: categoria Criticamente em perigo = peso 07.

### Localização dos Hotspots de Mortalidade

Considerando a existência de agrupamentos significativos na distribuição de atropelamentos em algum subtrecho da rodovia BR-101/NE trecho sul, foram identificados os principais pontos (Km) de atropelamentos (hotspots) (grau de confiança de 95%). A análise da localização de hotspots de mortalidade é realizada considerando o espaço bidimensional, método 2D HotSpot Identification, obtido através do software Siriema - Spatial Evaluation of Road Mortality (UFRGS, 2011).

Assim, através do acompanhamento contínuo durante as amostragens, a definição dos principais pontos (Km) de atropelamentos se deu apenas após um acúmulo significativo de dados e por meio da consolidação/estabilização desses locais ao longo das campanhas realizadas.

### Magnitude dos Atropelamentos

Estimativas da magnitude da mortalidade são fundamentais para avaliar e, principalmente, monitorar o impacto de rodovias. Contudo, a grande maioria dos monitoramentos de fauna atropelada realizados atualmente desconsidera a influência da remoção de carcaças e da detectabilidade na magnitude dos atropelamentos. Dessa forma, com intuito de avaliar a eficiência das medidas mitigadoras implantadas durante o monitoramento, a magnitude dos atropelamentos na rodovia BR-101/NE trecho sul será calculada para cada subtrecho em cada fase do empreendimento (obras e operação), por meio da seguinte fórmula (Equação 4) proposta por Teixeira (2011):

$$\text{Equação (4): } N = n p \lambda \text{ Tr}$$

Onde: N= número de espécimes atropelados registrados; n = número de campanhas amostrais; p = eficiência do observador (detectabilidade);  $\lambda$  = taxa de atropelamentos e Tr = tempo característico para remoção de carcaças.

Os dados de remoção de carcaças e de detectabilidade foram obtidos através de experimentos na própria rodovia e da utilização de bibliografia especializada em estudos realizados em ambientes semelhantes ao presente empreendimento.

## RESULTADOS

A partir do conjunto dos dados obtidos durante as campanhas realizadas, foram registrados 1759 espécimes atropelados de 83 espécies de vertebrados. A classe dos mamíferos foi a mais afetada pelos atropelamentos, representando 59% dos espécimes registradas (n= 1045 registros). O arranjo se completa com as aves perfazendo 21% (n= 375 registros), os répteis 11 % (n= 189 registros) e os anfíbios 9% (n= 150 registros) (Figura 2). Considerando as espécies mais afetadas em cada classe animal, a Tabela 1 apresenta as espécies mais afetadas por subtrecho.

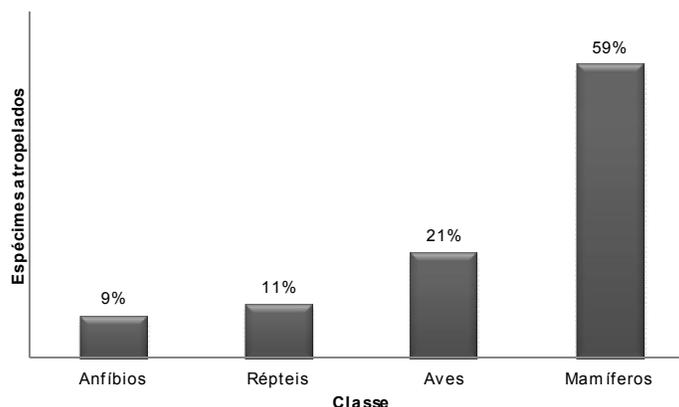


Figura 2: Percentual de espécimes atropelados por classe animal no trecho sul da rodovia BR-101/NE entre julho de 2011 e abril de 2015.

Tabela 1. Espécies com os maiores registros de atropelamento em cada subtrecho da rodovia BR-101/NE trecho sul entre julho de 2011 e abril de 2015.

Classe Animal	Espécies	Subtrecho				Total
		Pernambuco	Alagoas	Sergipe	Bahia	
Reptilia	<i>Boa constrictor</i>	0	16	5	13	34
Mammalia	<i>Cerdocyon thous</i>	6	186	147	237	576
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	2	72	67	61	202
Amphibia	<i>Rhinella jimi</i>	0	48	34	24	106

Comparando a diversidade de espécies atropeladas, entre julho de 2011 e abril de 2015, entre os subtrechos, Sergipe foi o que apresentou o maior índice de diversidade de Shannon-Wiener ( $H' = 2,803$ ). Em seguida aparecem Alagoas ( $H' = 2,748$ ), Bahia ( $H' = 2,556$ ) e Pernambuco ( $H' = 1,673$ ). Adicionalmente, com exceção de Pernambuco, constatou-se uma similaridade intermediária na composição das espécies atropeladas entre os subtrechos (Tabela 2).

Tabela 2 – Similaridade na composição de espécies atropeladas, pelo índice de Sorensen, entre os subtrechos da Rodovia BR-101/NE trecho sul, entre julho de 2011 e abril de 2015.

	Pernambuco	Alagoas	Sergipe	Bahia
Pernambuco	1,00	0,18	0,16	0,21
Alagoas	0,18	1,00	0,68	0,76
Sergipe	0,16	0,68	1,00	0,69
Bahia	0,21	0,76	0,69	1,00

Considerando a classificação ecológica dos animais atropelados em relação à tolerância à presença humana, verifica-se que 68% das espécies são consideradas periantrópicas (Figura 3). Espécies periantrópicas são aquelas que ocupam sistemas descaracterizados pela ação humana, embora sua ocorrência não seja fortemente relacionada com a presença do homem (Margarido, 1994). Destaca-se que apenas 1% das espécies atropeladas caracteriza-se por ser aloantrópica, ou seja, que não tolera a presença humana, quando essa se traduz na alteração do ambiente, sendo indicadora da qualidade do meio em que vive.

O subtrecho Bahia apresentou o maior índice de atropelamentos, com média de 0,09 espécimes atropelados por quilômetro. Ressalta-se que este subtrecho foi o único em que as obras do empreendimento não iniciaram. Entre os subtrechos em obras, o subtrecho Sergipe destaca-se com IA médio = 0,07 espécimes/Km (Figura 4).

### Tolerância à Presença Humana

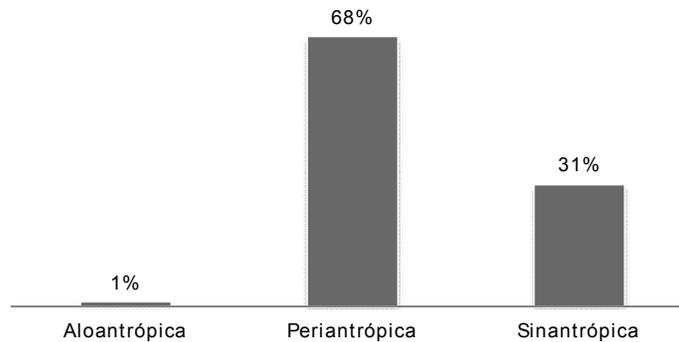


Figura 3 – Percentual de espécimes atropelados no trecho sul da rodovia BR-101/NE em relação à classificação ecológica para a tolerância à presença humana, entre julho de 2011 e abril de 2015.

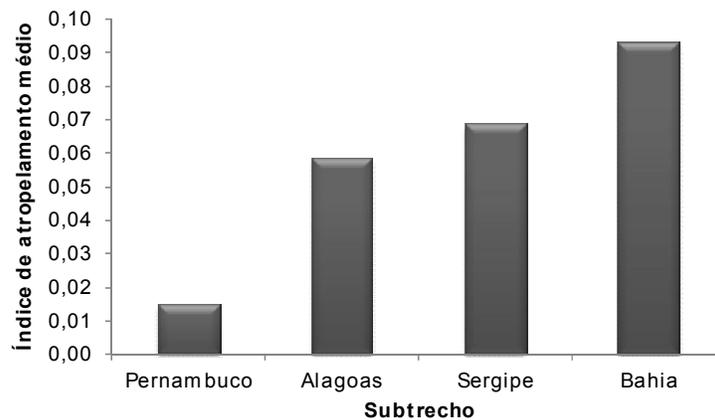


Figura 4 – Índice de atropelamento médio por subtrecho da rodovia BR-101/NE trecho sul, entre julho de 2011 e abril de 2015. IA = número de registros obtidos dividido pela extensão (em Km) do subtrecho.

#### Subtrecho Bahia

Considerando os resultados acumulados de todas as amostragens realizadas, foram registrados 607 espécimes atropelados de 53 espécies identificadas no subtrecho Bahia. Através da análise da Figura 5 percebe-se que o número de registros de atropelamentos não apresenta relação com a variação climática em função da sazonalidade regional.

Verifica-se que a espécie mais afetada pelos atropelamentos foi *Cerdocyon thous* (graxaim) com 38,71 % dos registros (235 registros). Esta espécie também se destacou por ser frequente nas campanhas realizadas (FR= 96%). *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), com 9,72 % dos registros (59 registros) e 63 % de frequência de ocorrência, foi à outra espécie mais vitimada pelos atropelamentos neste subtrecho. Trata-se de espécies periantrópicas (*C. thous*) e sinantrópicas (*C. atratus*), com dinâmicas reprodutivas que determinam uma alta capacidade de reposição de seus estoques e, portanto, não possuem preocupação imediata quanto aos seus status de conservação. As características generalistas com relação à seleção de habitats e alimentação dessas espécies podem explicar essa elevada representação na amostra. Por meio da análise da Figura 6 percebe-se que a curva de acumulação de espécies não mostra tendência a estabilização dos valores de riqueza. Este dado sugere que as amostragens ainda não registraram todas as espécies suscetíveis a atropelamentos neste subtrecho.

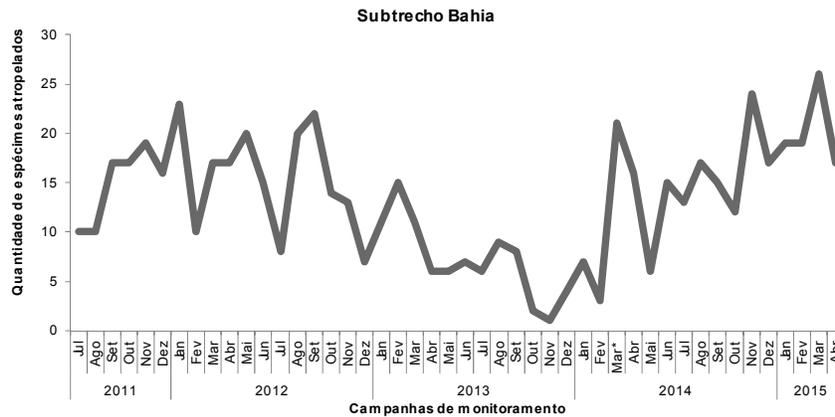


Figura 5 – Número de espécimes atropelados no subtrecho Bahia em cada amostragem.

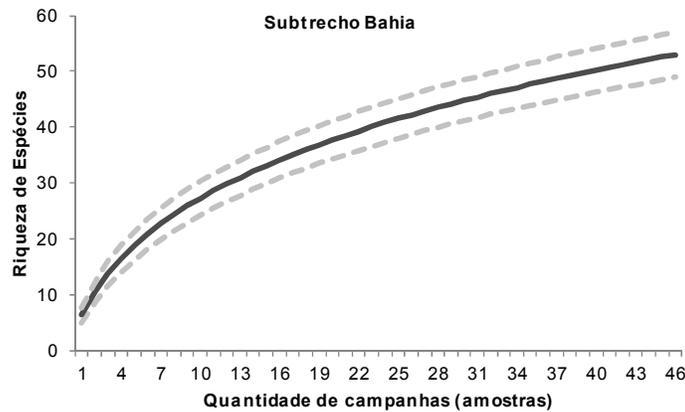


Figura 6 – Acúmulo de espécies atropeladas no subtrecho Bahia entre julho de 2011 e abril de 2015. As linhas pontilhadas representam o desvio padrão.

Com os dados obtidos, a análise realizada através da estatística K de Ripley bi-dimensional avaliou que a distribuição da mortalidade registrada no subtrecho Bahia foi agregada, significativamente, com raio entre 0 e 45,5 Km de raio (Figura 7). Assim, a análise da localização de hotspots de mortalidade, realizada pelo método 2D HotSpot Identification, com a valoração de grupos de registros, identificou diversos pontos de agregação (hotspots) (Figura 8). Dentre estes, destacam-se os Km 137,8 e 138,1 por apresentarem grandes intensidades de atropelamentos no subtrecho.

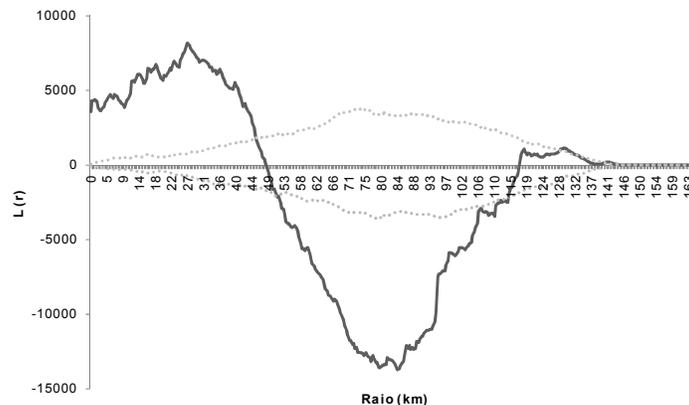


Figura 7 – Análise de agregações de atropelamentos, pela estatística K de Ripley bi-dimensional, no subtrecho Bahia entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 607 registros). A linha contínua representa os valores de L(r) observados e as linhas pontilhadas os valores de confiança.

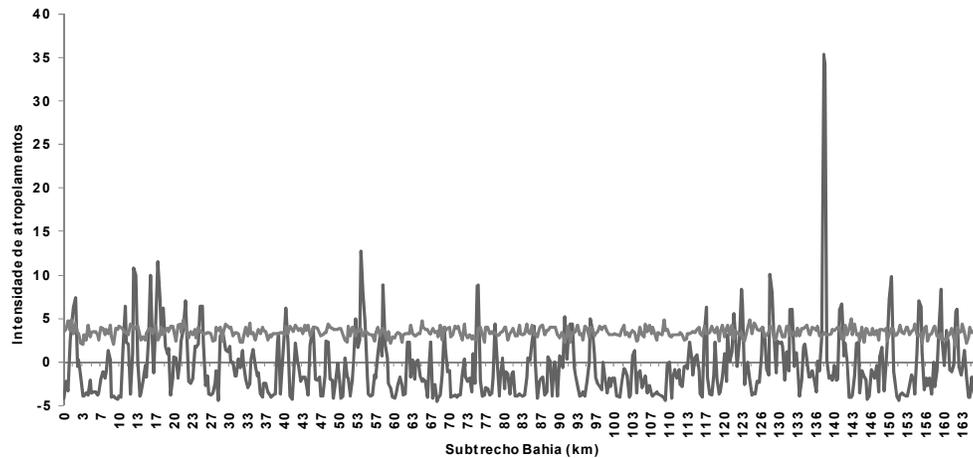


Figura 8 – Identificação dos principais pontos (Km) de atropelamentos (*hotspots*) no subtrecho Bahia entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 607 registros). Intensidade de atropelamentos (N eventos – N simulado; linha vermelha) e grau de confiança (95%; linha cinza) para um buffer de raio de 300 m centrado ao longo do subtrecho da rodovia (eixo X, Km).

### Subtrecho Sergipe

Considerando os resultados acumulados das amostragens realizadas, foram registrados 546 espécimes atropelados de 53 espécies identificadas no subtrecho Sergipe. A Figura 9 apresenta a variação no número de registros de atropelamentos. A espécie mais afetada e frequente nas amostragens foi *Cerdocyon thous* (graxaim), com 26,74% dos registros (146 espécimes) e 96% de frequência de ocorrência. *C. atratus* (urubu-de-cabeça-preta), *Didelphis* sp. (gambá), *P. cancrivorus* (mão-pelada) e *Rhinella* sp. (sapos-cururu) são as outras espécies mais vitimadas pelos atropelamentos neste subtrecho. O fato destas espécies serem periantrópicas (*C. thous* e *P. cancrivorus*) e sinantrópicas (*C. atratus* e *Didelphis* sp.), generalistas com relação à seleção de habitats e com alta taxa reprodutiva, pode explicar a relevante representação na amostra. Consequentemente, não possuem preocupação imediata quanto aos seus status de conservação. Por meio da análise da Figura 10 percebe-se que a curva de acumulação de espécies não mostra tendência a estabilização dos valores de riqueza. Este dado sugere que as amostragens ainda não registraram todas as espécies suscetíveis a atropelamentos neste subtrecho.

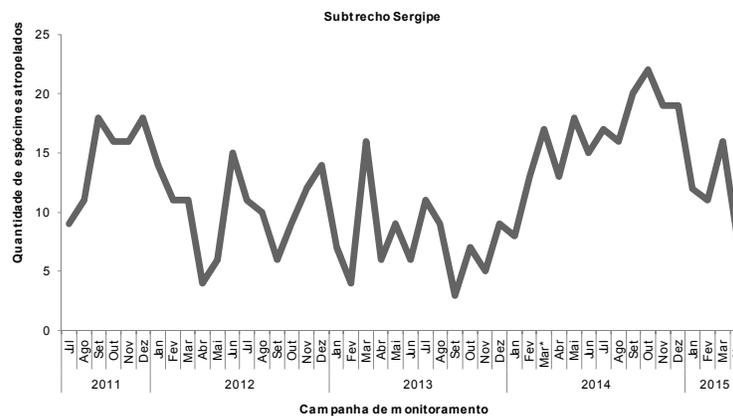


Figura 9 – Número de espécimes atropelados no subtrecho Sergipe em cada amostragem.

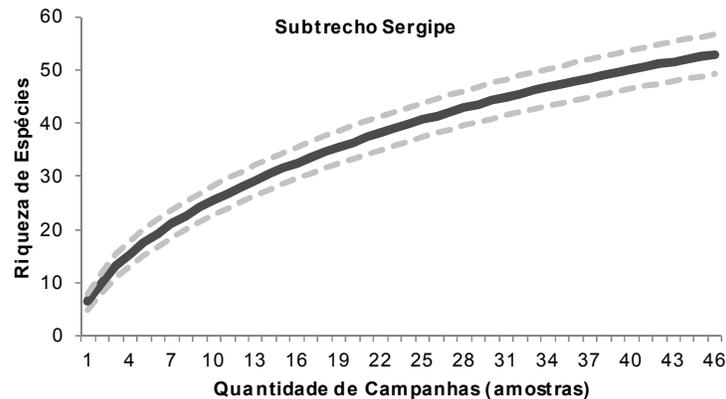


Figura 10 – Acúmulo de espécies atropeladas no subtrecho Sergipe entre julho de 2011 e abril de 2015. As linhas pontilhadas representam o desvio padrão.

Com os dados obtidos, a análise realizada através da estatística K de Ripley bi-dimensional avaliou que a distribuição da mortalidade registrada no subtrecho Sergipe possui agrupamentos significativos em escalas com raios entre 0 e 61,5 Km (grau de confiança de 95%) (Figura 11). Assim, a análise da localização de hotspots de mortalidade, realizada pelo método 2D HotSpot Identification, com a valoração de grupos de registros, identificou diversos pontos de agregação (hotspots). Dentre estes, destacam-se os Km 56,1, 159,3, 164,6 e 179,8 por apresentarem as maiores intensidades de atropelamentos no subtrecho (Figura 12).

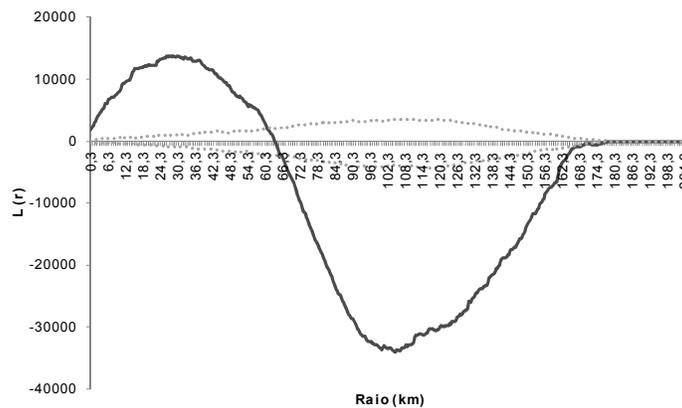


Figura 11 – Análise de agregações de atropelamentos, pela estatística K de Ripley bi-dimensional, no subtrecho Sergipe entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 546 registros). A linha contínua representa os valores de L(r) observados e as linhas pontilhadas os valores de confiança.

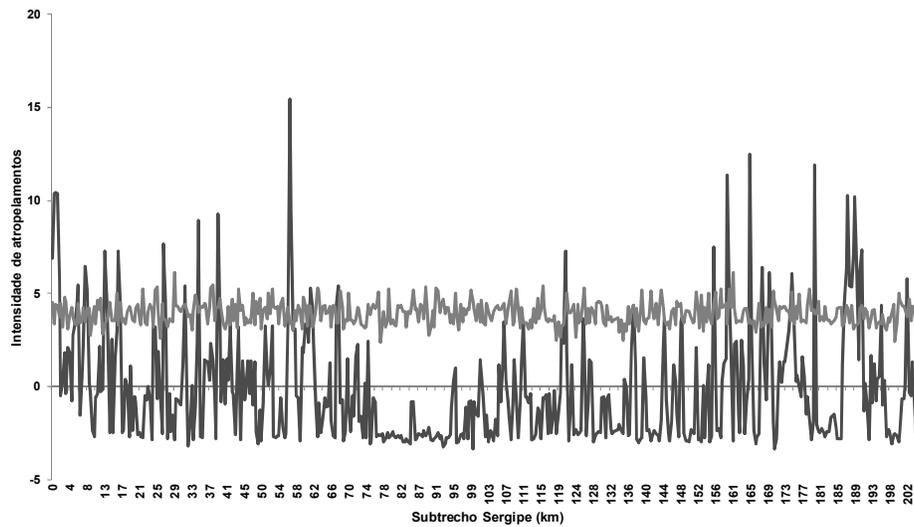


Figura 12 – Identificação dos principais pontos (Km) de atropelamentos (hotspots) no subtrecho Sergipe entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 546 registros). Intensidade de atropelamentos (N eventos – N simulado; linha vermelha) e grau de confiança (95%; linha cinza) para um buffer de raio de 300 m centrado ao longo do subtrecho da rodovia (eixo X, Km).

### Subtrecho Alagoas

Considerando os resultados obtidos, foram registrados 589 espécimes atropelados de 61 espécies identificadas no subtrecho Alagoas. A Figura 13 demonstra que o número de registros de atropelamentos não está relacionado com a sazonalidade regional. Verifica-se que a espécie mais afetada pelos atropelamentos no subtrecho Alagoas foi *Cerdocyon thous* (graxaim) com 31,41% dos registros (185 espécimes). Esta espécie também se destacou por ser registrada em 91% das amostragens realizadas. *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), com 12,22% dos registros (69 espécimes) e 78% de frequência de ocorrência, *Rhinella jimi* (sapo-cururu), com 8,15% dos registros (48 espécimes) e 39% de frequência de ocorrência, e *Didelphis albiventris* (gambá), com 7,13% dos registros (42 espécimes) e 52% de frequência de ocorrência, são os outros animais mais vitimados por atropelamentos neste subtrecho. É importante mencionar que estas espécies caracterizam-se por serem periantrópicas (*C. thous* e *R. jimi*) e sinantrópicas (*C. atratus* e *D. albiventris*), generalistas com relação à seleção de habitats, com dinâmicas reprodutivas que determinam uma alta capacidade de reposição de seus estoques e, portanto, não possuem preocupação imediata quanto aos seus status de conservação. A curva de acumulação (Figura 14) percebe-se que a curva de acumulação de espécies não mostra tendência à estabilização dos valores de riqueza.

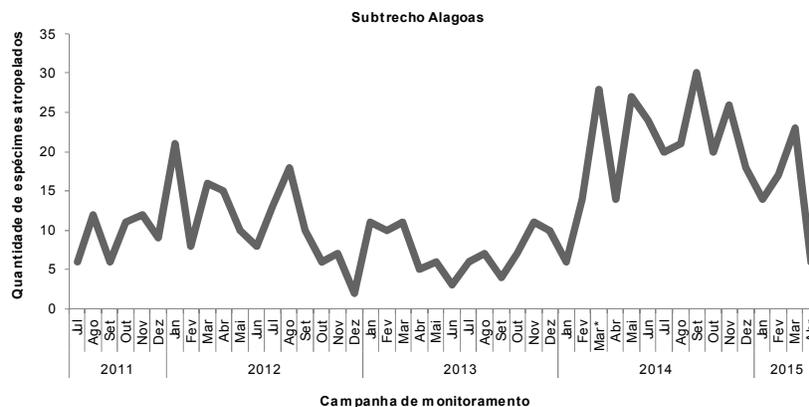


Figura 13 – Número de espécimes atropelados no subtrecho Alagoas em cada amostragem.

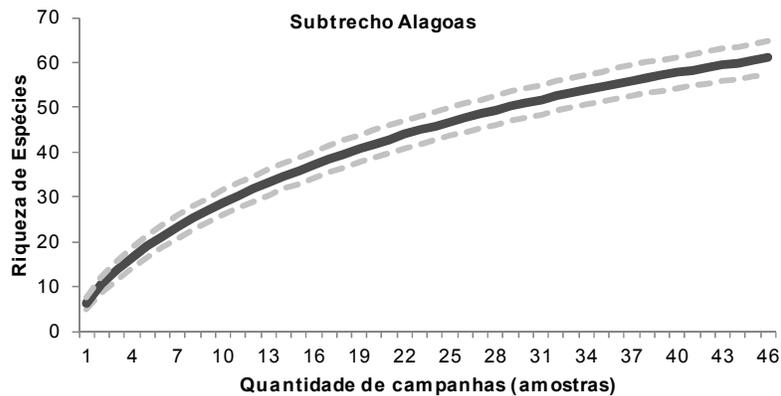


Figura 14 – Acúmulo de espécies atropeladas no subtrecho Alagoas entre julho de 2011 e abril de 2015. As linhas pontilhadas representam o desvio padrão.

A análise realizada através da estatística K de Ripley bi-dimensional avaliou que a distribuição da mortalidade registrada no subtrecho Alagoas possui agrupamentos significativos em escalas com raios entre 0 e 99,1 e 150,3 e 193,9 Km (grau de confiança de 95%) (Figura 15). Assim, a análise da localização de hotspots de mortalidade, realizada pelo método 2D HotSpot Identification, com a valoração de grupos de registros, identificou diversos pontos de agregação (hotspots). Ressalta-se que os Km 143,8, 210,1 e 230,5 são os que apresentam as maiores intensidades de atropelamentos no subtrecho (Figura 16).

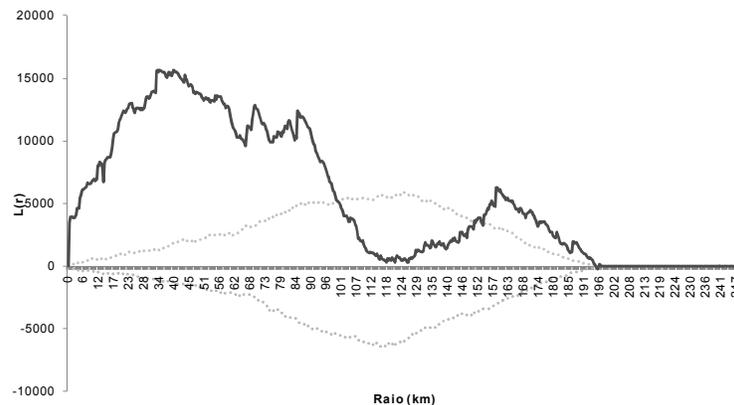
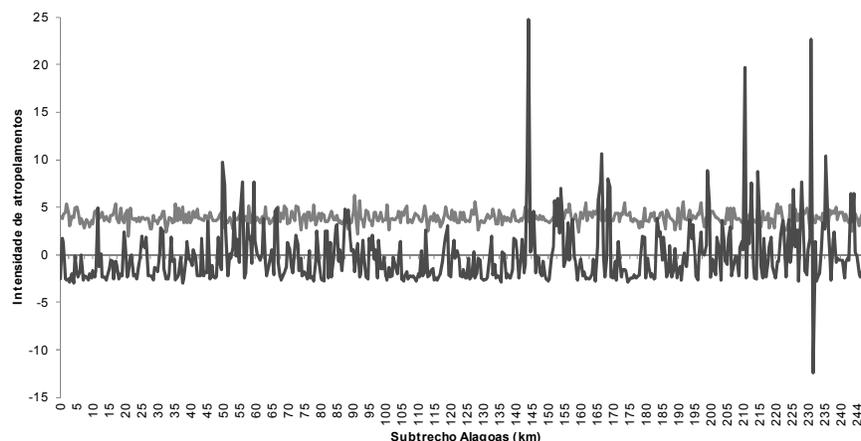


Figura 15 – Análise de agregações de atropelamentos, pela estatística K de Ripley bi-dimensional, no subtrecho Alagoas entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 589 registros). A linha contínua representa os valores de L(r) observados e as linhas pontilhadas os valores de confiança.



**Figura 16 – Identificação dos principais pontos (Km) de atropelamentos (hotspots) no subtrecho Alagoas entre julho de 2011 e abril de 2015 (n= 589 registros). Intensidade de atropelamentos (N eventos – N simulado; linha vermelha) e grau de confiança (95%; linha cinza) para um buffer de raio de 300 m centrado ao longo do subtrecho da rodovia (eixo X, Km).**

### Subtrecho Pernambuco

Apenas 14 espécimes vítimas de atropelamentos foram registrados neste subtrecho. Assim, seis registros foram de *Cerdocyon thous* (graxaim), dois de *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta), dois de *Amphisbaena alba* (cobra-cega), um de *Philodryas olfersii* (cobra-verde), um de *Iguana iguana* (iguana ou camaleão), um de *Micrurus* sp. e um de *Procyon cancrivorus* (mão-pelada). Com os poucos dados obtidos durante os períodos de amostragem, os resultados obtidos não foram significativos estatisticamente para as análises aqui abordadas.

### CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES

Segundo o EIA e o Projeto Executivo de duplicação da rodovia, estão previstas a implantação de 15 passagens de fauna subterrâneas, associadas a bueiros simples para uso específico de anfíbios, répteis e mamíferos, sempre conduzidos por cerca-guia, e duas passagens de fauna do tipo suspensa em área com fragmentos florestais densos. Além destes mecanismos previstos, ao longo do trecho amostrado, foram identificadas 43 obras de artes (pontes) com viabilidade de implantação de passagem de fauna (passagens secas). As implantações destas estruturas facilita de forma segura a travessia ou impeçam a passagem da fauna pela estrada, sendo que a necessidade de uso e o sucesso destes mecanismos encontram-se diretamente correlacionados com o tipo de fauna impactada pela estrada, o tipo de vegetação das margens e a magnitude dos impactos ambientais gerados por este tipo de empreendimento.

Com os dados obtidos até o momento, nove locais aparecem com intensidades significativas de atropelamentos ao longo das campanhas, o que permite defini-los como hotspots de atropelamentos consolidados nos subtrechos. Em função do exposto, recomenda-se, além da implantação das passagens de fauna subterrâneas, mistas e áreas já previstas no EIA e no Projeto de Engenharia, medidas como a implantação de sinalização para minimizar os atropelamentos da fauna silvestre nos locais sensíveis já identificados.

Diferentemente das intervenções estruturais, as intervenções através de sinalização não envolvem alterações substanciais nos padrões construtivos da rodovia, mas sim estratégias que buscam influenciar o comportamento do motorista, seja por meio de restrições ao tráfego, alertas em áreas de maior risco ou incorporação do fator fauna ao seu universo de atenção (placas educativas).

### Sinais de Regulamentação

Sugere-se a instalação destes dispositivos cerca de 300 metros antes de cada hotspot identificado, a velocidade ideal é de 50 Km/h nos trechos sugeridos, devendo ser discutido sua viabilidade com a equipe técnica competente pela sinalização viária. Nos locais com ocorrência de atropelamentos próximos às pontes, quando houver redução na largura do acostamento, sugere-se a instalação destes dispositivos cerca de 200 metros antes das pontes, com velocidade ideal de 40 Km/h. Caso não tenha a redução do acostamento, fixar placa com velocidade ideal de 60 Km/h.

Para os locais onde a rodovia já foi duplicada, sugere-se a intervenção por meio de dispositivos de sinalização (placas de redução de velocidade e placas de aviso de travessia de animais silvestres). Estas placas devem ser instaladas cerca de 500 metros antes dos pontos de suscetíveis a atropelamentos identificados. A velocidade ideal é de 60 Km/h nos trechos sugeridos, considerando a velocidade diretriz da rodovia.

Sugere-se ainda a instalação de placas de aviso de travessia de animais silvestres logo após as placas de aviso de redução de velocidade. A colocação destas placas, junto com as educativas, tem por objetivo informar e conscientizar os motoristas da importância da preservação. As placas educativas tratam-se de sinalização composta por imagens e/ou instruções, sugerindo prudência aos motoristas quando transitarem pela rodovia, sensibilizando-os e conscientizando-os quanto à preservação das espécies.

### Sinais de Advertência Compostos

Este tipo de sinalização é empregado em rodovias de Classe Especial (vias expressas), ou em segmentos de rodovias de Classe I-A (rodovias de pista dupla) onde haja maior dificuldade de percepção por parte dos usuários dos sinais de advertência convencionais. Eles incorporam, em um mesmo painel, o sinal de advertência com respectivo símbolo, à mensagem correspondente ao símbolo e uma mensagem adicional relativa à distância.



As placas devem ser instaladas cerca de 100 metros após as placas de aviso de redução de velocidade antes de cada ponto de hotspot. Nos locais próximos às pontes, as placas devem ser instaladas cerca de 300 m, 100 m e 50 m, sendo que a de 50 m contém uma mensagem adicional relativa à fauna. A colocação destas placas tem por objetivo advertir os usuários da existência adiante de área com travessia potencial de animais silvestre.

### **Sinais Educativos**

Trata-se de sinalização composta por imagens (fotos de espécies ameaçadas ou as com maior ocorrência durante monitoramento, por exemplo) e/ou instruções, sugerindo prudência aos motoristas quando transitarem pela rodovia, sensibilizando-os e conscientizando-os quanto à preservação das espécies e, conseqüentemente, dos ambientes locais. Devem ser colocadas imediatamente após a placa de travessia de animais. Esta medida também amplifica a ação dos agentes que trabalham com educação ambiental, além de conscientizar os motoristas da importância da preservação.

### **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. Bennett, A. F. Roads, roadsides and wildlife conservation: a review. In: Saunders, D. A. and R. J. Hobbs. *Nature conservation 2: The role of corridors*. Surrey Beatty, Australia. p. 99-117. 1991.
2. Brower, J. E. and Zar, J. H. *Field and laboratory methods for general ecology*. Iowa: W. C. Brown Company Publishers. 1984.
3. Clarke, G. P.; White, P. C. L. and Harris, S. Effects of roads on badger *Meles meles* population in south-west England. *Biological conservation*, v. 86, p. 117-124. 1998.
4. Coelho, A. V. P. & Kindel, A. Roadkills of vertebrate species on two highways through the Atlantic Forest Biosphere Reserve, southern Brazil. *European Journal of Wildlife Research* 54: 689-699. 2008.
5. Forman, T. T. R. and Alexander, L. E. Roads and their major ecological effects. *Annual Review of Ecology and Systematics* 29: 207-231, 1998.
6. Goosem, M. Effects of tropical rainforest roads on small mammals: fragmentation, edge effects and traffic disturbance. *Wildlife Research*, v. 29, p. 277-289. 2002.
7. Karr, J. R. Measuring biological integrity: lessons from streams. In: Woodley, S.; Kay, J.; Francis, G. (Eds.). *Ecological integrity and the management of ecosystems*. London: St. Lucie Press, p. 83-104. 1993.
8. Ludwig, J. A. and Reynolds, J. F. *Statistical Ecology: a primer on methods and computing*. New York: John Wiley and Sons, p. 324. 1998.
9. Margarido, L. A. C. Valoração de alguns aspectos funcionais de uma área natural de conservação. Estudo de caso: Estação Ecológica de Jataí. São Carlos, UFSCar. Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Carlos. 1994.
10. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção. Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014. Brasília.
11. Teixeira, F. Z. Fauna atropelada: estimativas de mortalidade e identificação de zonas de agregação. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia. Porto Alegre, Janeiro de 2011.
12. Trombulak, S. C. and Frissell, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, v. 14, n. 1, p. 18-30. 2000.
13. Seiler, A. and Helldin, J. Mortality in wildlife due to transportation. In: Davenport, J; Davenport, J. L. (eds.). *The ecology of transportation: managing mobility for the environments*. Ireland: University College Cork. p. 165-190. 2006.
14. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Siriema - Spatial Evaluation of Road Mortality Software. Manual do Usuário v 1.1. 2011.
15. Van der Zande, A. N.; Ter Keurs, W. J. and Van der Weijden, W. J. The impact of roads on the densities of four birds species in an openfield habitat - evidence of a long-distance effect. *Biological Conservation* 18: p. 299-321. 1980.