

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL
INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS DO DISTRITO
FEDERAL – BRASÍLIA AMBIENTAL – IBRAM
SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS, PROGRAMAS, MONITORAMENTO E EDUCAÇÃO
AMBIENTAL – SUPEM
COORDENAÇÃO DE ESTUDOS, PROGRAMAS E MONITORAMENTO DA QUALIDADE
AMBIENTAL – CODEM
GERÊNCIA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE AMBIENTAL E GESTÃO DOS
RECURSOS HÍDRICOS – GEMON

Projeto RODOFAUNA

Diagnóstico e Proposição de Medidas Mitigadoras para Atropelamento de Fauna

Brasília – DF

2013

© 2013 Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal.

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total deste documento, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

A responsabilidade pelos direitos autorais de textos e imagens desta obra é da área técnica.

Elaboração, distribuição e informações:

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL (GDF)

Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental

(IBRAM) - Nilton Reis Batista Junior

Superintendência de Estudos, Programas, Monitoramento e Educação Ambiental – SUPEM

Lélia Barbosa de Sá

Coordenação de Estudos, Programas e Monitoramento da Qualidade Ambiental – CODEM
Vandete Inês Maldaner

Gerência de Monitoramento da Qualidade Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos – GEMON -
Carlos Henrique Eça D’Almeida Rocha

SEPN 511, Bloco C, Edifício Bittar

Brasília – DF – CEP: 70.750-543

Tel.: (61) 3214-5653

Pesquisa e elaboração:

Almir Picanço de Figueiredo – Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Fillipe Augusto da Costa Garcia - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Leandro da Silva Gregório - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Rafaela Castro Fraga – Estagiária/GEMON/IBRAM

Rodrigo Augusto Lima Santos - Analista de Atividades do Meio Ambiente/IBRAM

Normalização:

Jhonei Batista de Souza Braga – Bibliotecário/IBRAM - CRB1/2273

Dados Internacionais de catalogação na publicação

Distrito Federal (Brasil). Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Gerência de Monitoramento da Qualidade Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos.

Projeto Rodofauna : diagnóstico e proposição de medidas mitigadoras para atropelamento de fauna / Gerência de Monitoramento da Qualidade Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos. – Brasília, DF : IBRAM, 2013.

88 p. : il.

1. Meio ambiente - Cerrado - Distrito Federal 2. Rodovias - monitoramento ambiental 3. Fauna silvestre - monitoramento 4. Fauna silvestre - acidentes I. Instituto Brasília Ambiental. II. GEMON. III. Título.

CDU 502.35(047)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Passagem de Fauna sob a Rodovia do Sol ES-060 no Espírito Santo.....	13
Figura 2. <i>Underpass</i> para elefantes no Quênia.....	13
Figura 3. Overpass sobre a rodovia Trans-Canada, no Banff National Park, Alberta, Canadá.....	14
Figura 4. Percursos de amostragem do RODOFAUNA e UC relacionadas.	19
Figura 5. Resultado da estatística <i>K-Ripley</i> para (A) Répteis no PNB e (B) Aves na ESECAE. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.....	27
Figura 6. Distribuição da frequência dos animais atropelados por mês nas campanhas do RODOFAUNA.....	31
Figura 7. Distribuição do número de animais atropelados por mês nas cinco unidades de conservação amostradas.....	32
Figura 8. Distribuição das taxas de atropelamento (N/km/dia) dos animais atropelados por mês nas campanhas do RODOFAUNA.	33
Figura 9. Distribuição das taxas de atropelamento (N/km/dia) dos animais atropelados por mês nas três unidades de conservação amostradas.	34
Figura 10. Trechos com a classificação segundo o Índice de Hierarquização	46
Figura 11. Resultado da estatística <i>K-Ripley</i> para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não identificados (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.	47
Figura 12. Resultado da análise de <i>hotspot</i> das rodovias no entorno da ESECAE: (A) Anfíbios, (B) Répteis, (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras, (E) Aves sem tiziu e sem os passeriformes não identificados, e (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.....	49
Figura 13. <i>Hotspot</i> de anfíbios na ESECAE.	53
Figura 14. <i>Hotspot</i> de répteis na ESECAE.....	54
Figura 15. <i>Hotspot</i> de mamíferos silvestres terrestres na ESECAE.....	54
Figura 16. <i>Hotspot</i> de aves silvestres voadoras na ESECAE.....	55
Figura 17. <i>Hotspot</i> de aves silvestres voadoras sem tiziu e passeriformes não identificados na ESECAE.....	55
Figura 18. <i>Hotspot</i> de mamíferos domésticos na ESECAE.	56
Figura 19. Mapa com demonstração do Índice de Hierarquização no trecho da DF 001 no entorno do PNB.	59
Figura 20. Resultado da estatística <i>K-Ripley</i> para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não identificados (F) Mamíferos	

Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.	60
Figura 21. Resultado da análise de <i>hotspot</i> na DF-001 no entorno do PNB: (A) Mamíferos Terrestres (B) Aves Voadoras, (C) Aves sem tiziu e sem os passeriformes não identificados, e (D) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.	61
Figura 22. <i>Hotspots</i> de mamíferos silvestres no PNB.	64
Figura 23. <i>Hotspots</i> de aves silvestres voadoras no PNB.	65
Figura 24. <i>Hotspots</i> de aves silvestres voadoras sem tiziu no PNB.	65
Figura 25. <i>Hotspots</i> de mamíferos domésticos no PNB.	66
Figura 26. Mapa com demonstração do Índice de Hierarquização no trecho da DF 001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.	69
Figura 27. Resultado da estatística <i>K-Ripley</i> para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Silvestres Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não identificados (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.	70
Figura 28. Resultado da análise de <i>hotspot</i> na BR-020 no entorno do JBB-RECOR-FAL: (A) Répteis, (B) Aves Voadoras e (C) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.	71
Figura 29. <i>Hotspots</i> de Répteis no JBB-RECOR-FAL.	73
Figura 30. <i>Hotspots</i> de Aves Silvestres Voadoras no JBB-RECOR-FAL.	73
Figura 31. <i>Hotspots</i> de mamíferos domésticos no JBB-RECOR-FAL.	74
Figura 32. Medidas mitigadoras para a BR-020 na ESECAE.	75
Figura 33. Medidas mitigadoras para a DF-128 na ESECAE.	76
Figura 34. Modelo 1 de placa de trânsito	78
Figura 35. Modelo 2 de placa de trânsito	78
Figura 36. Medidas mitigadoras para a DF-001 no entorno do PNB.	79
Figura 37. REV já instalados na DF-001 no entorno do PNB.	80
Figura 38. Medidas mitigadoras para a DF-001 no entorno do Complexo JBB-RECOR-FAL.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do ESECAE.....	25
Tabela 2. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do PNB.....	25
Tabela 3. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do complexo de UC JBB RECOR e FAL.	26
Tabela 4. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos registrados de cada classe em cada trajeto monitorado.	29
Tabela 5. As 10 espécies mais registradas no Projeto RODOFAUNA.	30
Tabela 6. Taxa de atropelamento por Classe e Trajeto monitorado.	35
Tabela 7. Taxas de atropelamento média por estação (N/km/dia).	37
Tabela 8. Taxas de atropelamento por tipo de pista e pavimento para cada classe.	39
Tabela 9. 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.	40
Tabela 10. Distribuição percentual dos atropelamentos por tipo de rodovia para cada classe.....	41
Tabela 11. Distribuição percentual dos atropelamentos registrados para cada tipo de rodovia dividido por classes de animais.	41
Tabela 12. As 10 espécies mais registradas no Projeto RODOFAUNA.	43
Tabela 13. Taxas de atropelamento médias por estação da ESECAE (N/km/dia).	44
Tabela 14. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno da ESECAE.....	45
Tabela 15. <i>Hotspot</i> de anfíbios.....	49
Tabela 16. <i>Hotspot</i> de répteis.	50
Tabela 17. <i>Hotspot</i> de mamíferos silvestres terrestres.	50
Tabela 18. <i>Hotspot</i> de aves silvestres voadoras.	51
Tabela 19. <i>Hotspot</i> de aves silvestres voadores sem tiziu e aves não identificadas.	52
Tabela 20. <i>Hotspot</i> de mamíferos domésticos.....	52
Tabela 21. As 10 espécies mais registradas no trajeto no entorno do PNB.....	57
Tabela 22. Taxas de atropelamento média por estação do PNB (N/km/dia).....	58
Tabela 23. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento na DF 001 no entorno do PNB..	58
Tabela 24. <i>Hotspots</i> de atropelamento de mamíferos silvestres terrestres no PNB.	62
Tabela 25. <i>Hotspots</i> de atropelamento de aves silvestres voadoras no PNB.	62
Tabela 26. <i>Hotspots</i> de atropelamento de aves voadoras sem tiziu e passeriformes no PNB.	63

Tabela 27. <i>Hotspots</i> de atropelamento de mamíferos domésticos no PNB.....	63
Tabela 28. As 10 espécies mais registradas no JBB-RECOR-FAL.	67
Tabela 29. Taxas de atropelamento médias por estação da ESECAE (N/km/dia).	68
Tabela 30. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento na DF 001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.....	69
Tabela 31. <i>Hotspots</i> de atropelamento de répteis no JBB-RECOR-FAL.....	72
Tabela 32. <i>Hotspots</i> de atropelamento de aves silvestres voadoras no JBB-RECOR-FAL.	72
Tabela 33. <i>Hotspots</i> de atropelamento de mamíferos domésticos no JBB-RECOR-FAL.	72
Tabela 34. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na BR-020 da ESECAE.	76
Tabela 35. Coordenadas das Passagens de Fauna.	77
Tabela 36. Coordenadas das Placas de Trânsito.....	78
Tabela 37. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na DF-128 da ESECAE.	78
Tabela 38. Coordenadas das Placas de Trânsito.....	79
Tabela 39. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na DF-001 no PNB.....	80
Tabela 40. Coordenadas para instalação das passagens de fauna na DF-001 no PNB.....	81
Tabela 41. Coordenadas das Placas de Trânsito.....	81
Tabela 42. Coordenadas dos REV na DF-001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.	83
Tabela 43. Coordenadas das Placas de Trânsito.....	83

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	10
INTRODUÇÃO	10
1. PROJETO RODOFAUNA.....	17
1.1. Objetivo.....	17
2. METODOLOGIA.....	17
2.1. Área de Estudo	17
2.2. Amostragem	19
2.3. Análise de dados.....	21
2.3.1. Análise Sazonal dos Atropelamentos	21
2.3.2. Análise da Influência do Tipo de Rodovia na Taxa de Atropelamento	22
2.3.3. Análise do Índice de Hierarquização	23
2.3.3.1. Parâmetros para ESECAE	25
2.3.3.2. Parâmetros para PNB	25
2.3.3.3. Parâmetros para JBB RECOR FAL	26
2.3.4. Análise dos Padrões Espaciais dos Atropelamentos	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
3.1 Resultados Gerais.....	28
3.1.1 Hábito	35
3.1.2 Variação Sazonal.....	37
3.1.3 Análise da Influência do Tipo de Rodovia na Taxa de Atropelamento	39
3.2 Resultados ESECAE	42
3.2.1 Variação Sazonal.....	44
3.2.2 Índice de Hierarquização da ESECAE	45
3.2.3 Padrões Espaciais de Atropelamento na ESECAE	46
3.3 Resultados PNB.....	56
3.3.1 Variação Sazonal.....	57
3.3.2 Índice de Hierarquização do PNB	58

3.3.3 Padrões Espaciais de Atropelamento no PNB.....	59
3.4 Resultados JBB-RECOR-FAL	66
3.4.1 Variação Sazonal.....	67
3.4.2 Índice de Hierarquização no JBB RECOR FAL	68
3.4.3 Padrões Espaciais de Atropelamento no JBB-RECOR-FAL	69
4. MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS	74
4.1 Medidas Mitigadoras para a ESECAE	75
4.2 Medidas Mitigadoras para o PNB	79
4.3 Medidas Mitigadoras para o JBB-RECOR-FAL	81
4.4. Campanhas Educativas.....	83
CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS	85

APRESENTAÇÃO

O presente relatório apresenta os resultados do diagnóstico de atropelamento de fauna nas rodovias que margeiam a Estação Ecológica Águas Emendadas – ESECAE, o Parque Nacional de Brasília – PNB, o Jardim botânico de Brasília – JBB, Reserva Ecológica do IBGE – RECOR e a Fazenda Água Lima – FAL. O objetivo é propor medidas mitigadoras direcionadoras para a preservação da fauna do local.

INTRODUÇÃO

Atropelamento de Fauna – Problemas e Conseqüências

Os impactos das rodovias sobre as áreas adjacentes são inúmeros, abrangendo aspectos da hidrologia, geomorfologia, distribuição e estrutura de populações, além do aumento da taxa de mortalidade da fauna de vertebrados terrestres em decorrência de colisões (Findlay e Bourdages 2000; Hourdequin 2000; Turci e Bernarde, 2009).

Segundo Alexandre et al. (2005), as estradas podem agir como barreiras ao movimento de animais, contribuindo para uma redução do fluxo gênico entre populações de determinadas espécies de animais silvestres. As estradas ainda possuem uma variedade de efeitos ecológicos, incluindo a destruição do habitat no entorno da rodovia, poluição proveniente da pavimentação e dos veículos que trafegam, erosão no entorno, sedimentação dos corpos hídricos, alteração química dos solos, mudança no comportamento de algumas espécies e ainda funcionam como corredores de dispersão de espécies nativas e exóticas (Trombulak e Frissel 2000).

O isolamento e/ou alteração de estruturas de comunidades e populações pela construção de uma rodovia podem ser mais negativamente significativos para a conservação do que o atropelamento para uma determinada espécie. Esse impacto é maior principalmente para as espécies que vivem em baixa densidade populacional ou com hábitos ecológicos restritos ou específicos (Laurence et al., 2009).

Existem inúmeros fatores que interferem na mortalidade de fauna nas rodovias, tais como tráfego de veículos, paisagem do local, afugentamento, atração de carniceiros à pista, a capacidade e velocidade de travessia do animal e densidade de indivíduos no entorno (Formam et al., 2003).

É importante salientar que as consequências do atropelamento a uma dada espécie estão intrinsecamente relacionadas à estrutura (densidade e dinâmica) da população existente no seu entorno. Desta maneira, quanto maior a população menor serão os efeitos do atropelamento sobre a estrutura e a taxa de crescimento de uma população de uma determinada espécie e vice-versa (Bager e Fontoura, 2012).

A bibliografia especializada 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. 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. Entretanto, é consensual que a travessia segura das rodovias pelos animais deve ser preservada.

Atropelamento de Fauna no Brasil

O atropelamento de fauna é reconhecido como a principal causa direta de mortalidade de vertebrados, superando outros impactos como a caça (Forman e Alexander, 1998). Segundo dados do trabalho de Dornas et al. (2012) estima-se uma taxa de 8,65 ($\pm$ 26,37) atropelamentos/km/ano no Brasil. Extrapolando esses valores para a malha viária brasileira, 1,7 milhões de quilômetros, isso pode representar cerca de 14,7 ($\pm$ 44,8) milhões de atropelamentos ao ano.

Nos Estados Unidos foram estimados 365 milhões de atropelamentos/ano (década de 60), na Espanha 100 milhões (década de 90) e na Alemanha 32 milhões (1987-1988) (Seiler e Helldin, 2006). A menor taxa de atropelamentos estimada para o Brasil pode ser explicada pela menor densidade de estradas pavimentadas em todo o território nacional. Se o Brasil atingir a mesma densidade de estradas asfaltadas dos EUA, a taxa de atropelamento poderia ser de 603 milhões de atropelamentos ao ano.

Para fins de comparação, o Relatório Nacional sobre o Tráfego de Fauna Silvestre da RENCTAS (Rede Nacional de Combate ao Tráfego de Animais Silvestres) de 2001 estima que 38 milhões de espécies silvestres sejam capturadas da natureza no Brasil, o que demonstra a relevância dos impactos causados pelo atropelamento de fauna.

No Brasil os trabalhos realizados em ecologia de estradas concentram-se principalmente nas regiões sul (25,38% dos estudos realizados) e sudeste (18,28%) e com alguns poucos trabalhos esparsos nas demais regiões (Dornas et. al., 2012).

Medidas Mitigadoras

Em geral, as sugestões de medidas mitigadoras citadas na maioria dos trabalhos, são as passagens de fauna (geralmente sob a estrada) em conjunto com cercas usadas para indicar o caminho para a passagem. Dentre os problemas que surgem com a construção de passagens de fauna está a necessidade de constante manutenção das cerca, pois buracos nestas cercas podem causar um efeito oposto ao esperado, aumentando as taxas de atropelamento (Mata et al., 2008).

Existe um espectro de possibilidades muito amplo de medidas mitigadoras para o atropelamento de vertebrados que podem ser usadas em combinação: reguladores de velocidade, sinalização, educação ambiental, fiscalização e manejo da paisagem no entorno da estrada (Forman et al., 2003; Seiler e Helldin, 2006; Laurance et al., 2009).

No geral, existem dois tipos de medidas mitigadoras que são normalmente utilizadas: as que têm como objetivo modificar os hábitos dos motoristas (placas, semáforos e redutores eletrônico, por exemplo) e aquelas que têm como objetivo modificar os hábitos dos animais como, por exemplo, passagens de fauna (Romin e Bissonette, 1996; Forman et al., 2003). Muitas vezes as medidas mais promissoras são as menos utilizadas graças à falta de pesquisa e/ou por fatores econômicos. Medidas de mitigação “pobres” como placas, pouco minimizam os efeitos da estrada na vida dos animais, e costumam ser perda de dinheiro e tempo. Da mesma maneira, medidas de mitigação que alterem a estrutura da estrada, quando realizadas de maneira não planejada, podem interromper processos naturais e levar a ocorrência de problemas como erosão ou queda da densidade de uma população (Forman et al., 2003).

Em Portugal as medidas mitigadoras apresentadas por Grilo (2012) dividem-se basicamente em três grupos: (a) passagens de fauna; (b) pontes ou pontilhões sobre córregos e riachos; e (c) redes direcionadoras nas passagens de fauna que evitam o acesso dos indivíduos a via. Uma medida que tem apresentado bons resultados em países como Austrália e Estados Unidos é a que consiste em passagens subterrâneas (Figura 1) combinadas com uma cerca que guie os animais até o local em que a passagens foi colocada. Essa medida reduziu a taxa de mortalidade de animais silvestres em 93,5% no Paynes Prairie State Preserve, nos Estados Unidos (Dodd et al., 2004). Na Austrália, Taylor e Goldingay (2004) registraram 17 vertebrados de diferentes espécies usando passagens de fauna. Essa medida é uma das mais econômicas dentre as estruturais, além disso, com o uso de cerca, algumas passagens já existentes podem ser utilizadas.



Figura 1. Passagem de Fauna sob a Rodovia do Sol ES-060 no Espírito Santo.

No estudo de Veenbaas e Brandjes (1999), foi observado que os mamíferos usaram 100% das passagens de fauna de grande diâmetro ou “*underpasses*” (Figura 2) existentes ao longo de cursos de água e 75% das passagens foram usadas por anfíbios. Uma das vantagens das passagens de grande tamanho é a possibilidade de se recriar aspectos naturais, tornando a passagem mais atraente para diversas espécies. A sua desvantagem é o gasto elevado para sua construção.



Figura 2. *Underpass* para elefantes no Quênia.

As “*overpasses*” ou passagens por cima de estradas (Figura 3) possuem mais vantagens para os animais por serem menos limitantes e mantêm as condições ambientais, tais como pluviosidade, temperatura e luminosidade, além disso, apresentam menos interferências

dos ruídos veiculares. As “*overpasses*” servem tanto como passagem de animais de grande porte como podem servir de habitat intermediário para espécies menores, como répteis, anfíbios e pequenos mamíferos (Jackson e Griffin, 2000). Sua desvantagem é o grande gasto necessário para sua construção.



Figura 3. Overpass sobre a rodovia Trans-Canada, no Banff National Park, Alberta, Canadá.

Vários fatores afetam a eficiência de uma medida mitigadora, o principal fator é provavelmente a localização, principalmente se a espécie alvo for de pequeno porte e com menor mobilidade, como répteis e anfíbios (Jackson e Griffin, 2000). A área escolhida para a implantação deve possuir similaridade com o habitat das espécies alvo e ser longe de áreas barulhentas ou com presença humana excessiva. Outros fatores a serem levados em consideração são:

- Alguns predadores utilizam as passagens para capturar suas presas, o que torna necessária a preocupação em se construir passagens que não dificultem a fuga da presa (Foster e Humphrey, 1995);
- A existência de uma cobertura vegetal torna a passagem mais atrativa para várias espécies, porém impossibilita a visão de tais passagens para outras;
- A combinação de passagens e cercas torna a medida mais eficiente, uma vez que estudos mostram que algumas espécies, de ungulados, por exemplo, evitam as passagens, preferindo qualquer outro modo de travessia;
- Anfíbios costumam preferir ambientes úmidos, sendo assim, é importante planejar uma passagem que possibilite a entrada e escoamento de água;

- A diferença de temperatura entre o interior e o exterior da passagem pode fazer algumas espécies de anfíbios preferirem não utilizá-la;
- A presença de aberturas facilita a entrada de ar, água, luz e equilíbrio de temperatura, o que tornaria a passagem mais atraente para os animais;
- Luz artificial afasta animais;
- Algumas espécies preferem o chão da passagem de terra, não de cimento, por conta da alcalinidade. Lesbarreres et al. (2004) observaram que sapos (*Bufo bufo*) preferiram os túneis à grama, enquanto sapos ágeis (*Rana dalmatina*), preferiram grama.
- No caso de pássaros, observa-se maior taxa de atropelamento em ambientes que possuem poluição sonora e muitas luzes.

Algumas medidas não estruturais também têm sido usadas, como é o caso do uso de repelentes olfativos na beira das estradas, repelentes ultra sônicos, iluminação das estradas (porém pode apresentar resultados negativos para alguns pássaros), controle de população e modificação do habitat (com o objetivo de manter os animais longe da pista ou aumentar a visibilidade tanto do animal quanto do motorista). Porém essas medidas não estruturais não possuem resultados claros (Glista et al., 2009).

É importante que haja um planejamento pré-construção da rodovia levando em consideração o atropelamento de fauna e a paisagem, o que torna a medida mitigadora estrutural mais econômica do que instalá-la após a rodovia construída (Glista et al., 2008). Entretanto, a realidade da maioria das rodovias brasileiras impõe a necessidade de instalação destas medidas após a construção.

A proposição de medidas de mitigação contra atropelamento de animais, após a construção da estrada, demanda necessariamente a definição de trechos críticos de acidentes. Neste sentido, Bager e Rosa (2010) propuseram um índice para definir trechos prioritários à implantação destas medidas. O índice, denominado Índice de Hierarquização (IH), se baseia na análise de quatro parâmetros: riqueza de espécies alvo (definidas pelos autores), diversidade total de espécies atropeladas, taxa de atropelamento de espécies alvo e presença de espécies ameaçadas, para cada trecho de uma rodovia amostrada. Os autores compararam a utilização somente da taxa de atropelamento, na definição de trechos prioritários, com os resultados obtidos com o IH e concluíram que a instalação de medidas de mitigação levando-se em consideração a primeira metodologia protegeria especialmente répteis em detrimento dos mamíferos e das espécies ameaçadas.

O IH inova ao considerar características qualitativas dos atropelamentos na análise da definição de locais prioritários para instalação de medidas de mitigação, como valoração da

ocorrência de espécies ameaçadas, a utilização da diversidade de espécies, além da possibilidade de utilizar de conceitos da biologia da conservação como “espécies guarda-chuva” e “espécies bandeira” na definição das “espécies-alvo” da análise. Apesar de enriquecer o embasamento para a definição de trechos prioritários para a mitigação, seus resultados não apresentam precisão para a localização de tais medidas.

Do ponto de vista do planejamento de medidas mitigadoras é importante identificar se a distribuição dos atropelamentos possui agrupamentos significativos e em que escalas eles ocorrem, para, posteriormente, localizar os trechos com maior mortalidade (*hotspot*). Uma distribuição sem agrupamentos significativos sugere que não existe um local efetivamente com maior mortalidade, dessa forma, a localização de uma medida mitigadora ao atropelamento em qualquer trecho da rodovia teria o mesmo efeito.

A definição de *hotspot* de atropelamento de fauna vem sendo utilizada em diversas pesquisa de ecologia de estradas (Ramp et al., 2006; Coelho et al., 2008; Sillero, 2008; Gomes et al., 2009; Esperandio, 2011; Teixeira, 2011), seja para avaliar qual método estatístico é o mais adequado para definição destes pontos (Gomes et al., 2008), seja para comparação de atropelamentos entre estradas (Coelho et al., 2008) ou para avaliar o impacto das rodovias na fauna (Ramp et al., 2006; Sillero, 2008).

Esperandio (2011) utilizou a estatística *K-Ripley* (modificada por Coelho et al., 2008), para avaliar a ocorrência de sobreposição de *hotspots* de mamíferos silvestres e domésticos, com o objetivo de verificar se a instalação de medidas mitigadoras baseadas em *hotspots* dos silvestres preservariam, também, os domésticos. Teixeira (2011) também utilizou a mesma análise para comparar a ocorrência de sobreposição de *hotspots* de mamíferos com os das demais classes de vertebrados silvestres. Seu objetivo era verificar a possibilidade da utilização de mamíferos como “espécies guarda-chuva” na preservação das demais classes. A pesquisadora concluiu que, por não haver sobreposição significativa de *hotspots* em pequenas escalas, medidas de efeito pontual para os mamíferos não interferem na preservação das demais classes.

A sobreposição de *hotspots* apresentada nestes trabalhos pode ser utilizada como forma de refinar a definição de trechos prioritários para instalação de medidas de mitigação baseada no Índice de Hierarquização, ao facilitar a definição dos pontos para instalação destas medidas.

A eficiência das medidas mitigadoras adotadas devem ser determinadas através de um programa de monitoramento pós-implementação, visando medidas corretivas, suplementares ou modificação das medidas mitigadoras (Glista et al., 2009).

1. PROJETO RODOFAUNA

Com o intuito de propor medidas que minimize o impacto das rodovias do Distrito Federal sobre a fauna silvestre, o Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – “Brasília Ambiental” (IBRAM) desenvolve, desde fevereiro de 2010, o Projeto de Monitoramento e Mitigação dos Impactos de Rodovias à Fauna do Distrito Federal - RODOFAUNA.

1.1. Objetivo

O objetivo geral do RODOFAUNA é monitorar o impacto ambiental de rodovias sobre a fauna silvestre, identificando pontos críticos de acidentes a fim de direcionar a adoção de medidas mitigadoras, promovendo ações e estratégias conservacionistas e educativas.

Os objetivos específicos do RODOFAUNA são:

- Identificar trechos de rodovias no Distrito Federal que apresentem alta mortalidade de animais silvestres;
- Avaliar a influência de fatores bióticos e abióticos nas taxas de atropelamento;
- Indicar as medidas de mitigação necessárias para os trechos identificados como críticos para atropelamento de fauna silvestre;
- Analisar a eficácia das diversas medidas de mitigação instaladas e
- Analisar o impacto na fauna afetada pelas intervenções realizadas nas rodovias.

2. METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

Para o desenvolvimento das atividades iniciais do RODOFAUNA optou-se por trechos de rodovias próximas às Unidades de Conservação, pois se infere que nestes trechos é maior a probabilidade de atropelamentos de animais silvestres.

Foram definidos 130 km de amostragem em três percursos, sendo um no entorno da Estação Ecológica Águas Emendadas - ESECAE, outro no entorno do Parque Nacional de Brasília – PNB e um terceiro no entorno do Jardim Botânico de Brasília (JBB), da Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) e da Fazenda Água Limpa (FAL), que para este estudo foi considerado como um conjunto denominado “JBB-RECOR-FAL”.

O percurso no entorno da ESECAE totaliza 51 km, formado por um trecho de 22 km da BR-020 (equivalentes a 11 km de rodovia duplicada), 10 km na DF-128, 10 km na DF-205 e 9 km na DF-345.

Ambos 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 e o segundo de 29 km.

Entre as rodovias monitoradas, todo o trecho da BR-020 (11 km) e 5 km da DF-001 no entorno do JBB são duplicadas com piso de asfalto. Para as análises do projeto, as pistas destes trechos foram individualizadas, visto que o monitoramento é realizado em ambos os sentidos. Assim, os 11 km da BR-020 são contabilizados como 22 km e os 05 km da DF-001, como 10 km.

Existem 10 km na DF-205 e um trecho de aproximadamente 14 km da DF-001, no trajeto do entorno do Parque Nacional de Brasília, que são de pistas simples sem pavimentação. Os demais trechos são de pistas simples asfaltadas.

Estas cinco Unidades de Conservação foram escolhidas para o início das atividades do projeto RODOFAUNA por serem Zonas Núcleo da Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal e por serem margeadas por rodovias de grande fluxo.

A ESECAE é uma Unidade de Conservação Distrital, administrada pelo Instituto do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – Brasília Ambiental (IBRAM) com uma área total de 10.547,2 ha e está localizada ao lado da cidade satélite de Planaltina. A área engloba diversas fitofisionomias do bioma com predomínio de cerrado *sensu strictu*, matas de galerias, veredas e pequenas manchas de campo cerrado.

A Fazenda Água Limpa (FAL), o Jardim Botânico de Brasília (JBB) e a Reserva Ecológica do IBGE (RECOR) fazem parte da Área de Proteção Ambiental - APA das Bacias do Gama e Cabeça do Veado e perfaz um total de 10.000 ha. A FAL, também denominada Estação Ecológica da Universidade de Brasília, pertence à Universidade de Brasília – UnB e possui uma área de 4.500 ha. A FAL abrange, no seu interior, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico – ARIEs Capetinga e Taquara. A RECOR possui uma área de 1.350 ha e está situada a 35 km ao sul do centro de Brasília. Faz limites: a nordeste e noroeste com o JBB e a sudeste com a FAL. Já o JBB possui uma área de 4.000 ha.

O Parque Nacional de Brasília abrange uma área de 44.000 ha, que constitui a bacia hidrográfica dos ribeirões Torto e Bananal. O Parque é administrado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Natureza (ICMBio) e abriga espécies ameaçadas de extinção, como o lobo-guará, o tatu canastra e o tamanduá-bandeira. No seu interior está localizada a Barragem de Santa Maria, que abrange uma área de cerca de 800 ha, responsável por parte do abastecimento de água potável da capital brasileira.

Além destas unidades, margeiam as estradas monitoradas pelo RODOFAUNA as seguintes UC: REBIO 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. Na figura 4, abaixo, são identificados os três percursos de amostragem e as Unidades de Conservação que estes percursos margeiam.

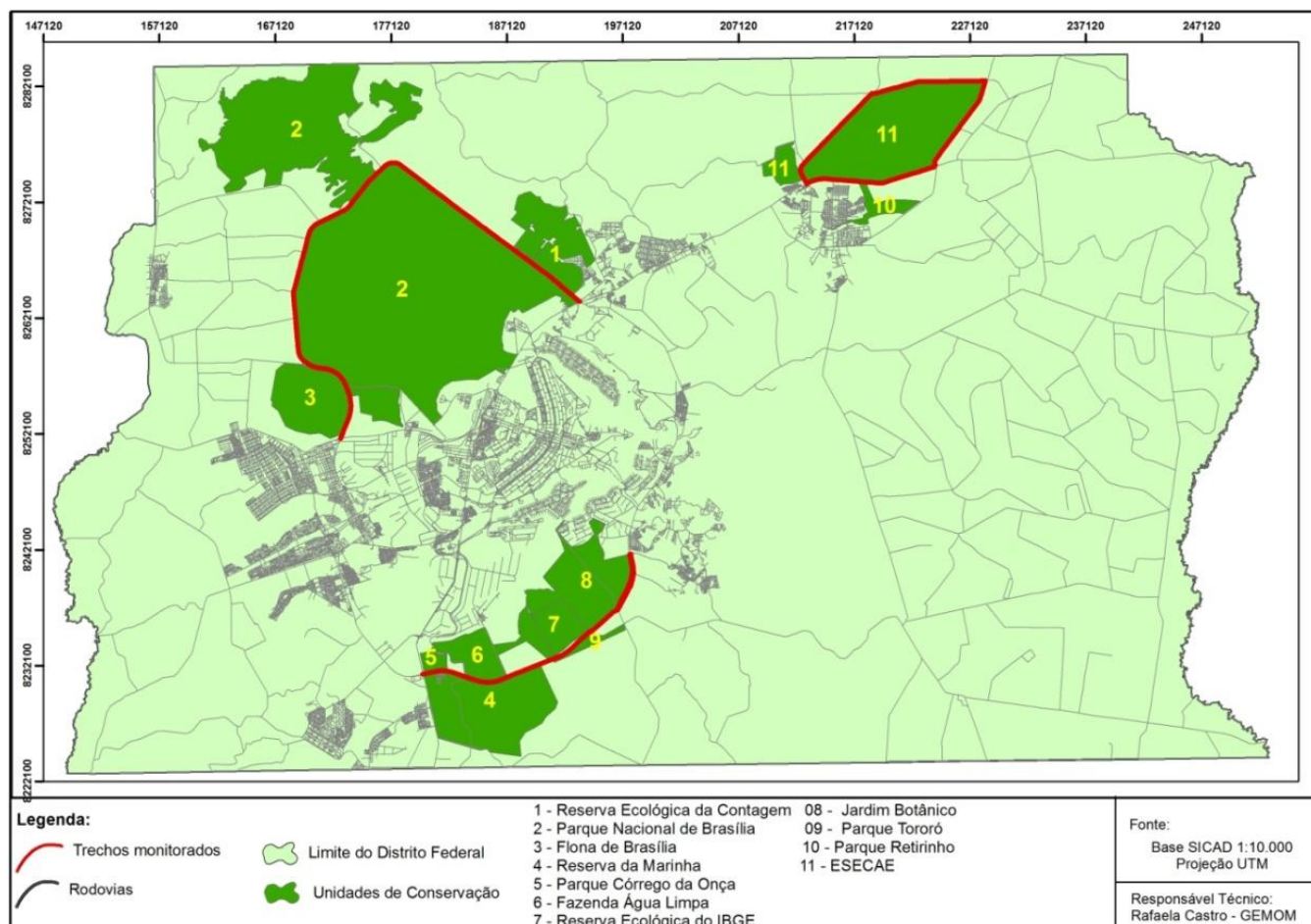


Figura 4. Percursos de amostragem do RODOFAUNA e UC relacionadas.

2.2. Amostragem

As campanhas de amostragem são realizadas de carro por uma equipe de três observadores com uma frequência de duas vezes por semana. Os trajetos são percorridos a uma velocidade de 50 km/h. Todos os animais encontrados têm sua coordenada geográfica registrada. Os animais são identificados, quando possível, até o nível de espécie e é realizado o registro fotográfico. As carcaças dos animais são sempre retiradas da pista para evitar possível recontagem.

A inclusão de animais domésticos no monitoramento visa incorporar a preocupação com a segurança dos usuários na rodovia, possibilitando avaliar áreas de maior risco para os

usuários onde as colisões são mais agregadas, especialmente com animais de grande porte (Dornas et. al., 2012).

Geralmente, quanto menor a velocidade de monitoramento maior será a probabilidade de visualização das carcaças por parte dos observadores (detectabilidade).

Existem fatores que influenciam diretamente a detectabilidade das carcaças ao longo da estrada e, conseqüentemente, os padrões e resultados encontrados, tais como:

- Velocidade do monitoramento: quanto maior a velocidade menor será a probabilidade de visualização de carcaças por parte dos observadores, principalmente dos espécimes que possuem tamanho corporal menor;

- Número de observadores: quanto maior a velocidade é interessante que existam mais observadores;

- Tempo de permanência das carcaças: as carcaças podem ser removidas por animais carniceiros ou por terceiros. O pico de remoção por carniceiros oportunistas ocorre logo após o amanhecer (Slater, 2002). O tamanho do animal está intimamente relacionado ao tempo de permanência das carcaças, uma vez que carcaças menores tendem a desaparecer em taxa mais elevadas (Teixeira, 2010).

- Intervalo de amostragem: períodos grandes entre amostragens permitem a maior remoção de carcaças;

O registro da velocidade de monitoramento, do número de observadores e da frequência de amostragem é fundamental para permitir a comparação e avaliar a acurácia dos resultados obtidos com diferentes estudos.

Algumas pesquisas demonstram que monitoramentos realizados mais de uma vez por semana elevam a probabilidade de detecção de carcaças menores, devido a uma amostragem intensa (Glista et al., 2008).

Bager e Rosa (2011) observaram que, para aves, se o objetivo é atingir o total de espécies, monitoramentos semanais por um ano nem sempre são suficientes, sendo necessários dois anos ou mais. Se o objetivo for avaliar as espécies mais atropeladas, monitoramentos mensais por um ano são suficientes para a classe. O mesmo se aplica para os répteis. Já para os mamíferos de médio e grande porte, monitoramentos bimestrais por um ano são suficientes.

Dessa maneira, a metodologia proposta (duas vezes por semana, a 50 km/h, e com três observadores no carro) e o período de coleta de dados (02 anos) mostraram-se adequados para uma amostragem eficiente e resultados robustos, permitindo assim definir trechos prioritários para mitigação com maior exatidão.

2.3. ANÁLISE DOS DADOS

2.3.1. Análise Sazonal dos Atropelamentos

Para avaliar a variação sazonal dos atropelamentos, foi utilizada a taxa de atropelamento como variável resposta, calculada para cada classe (anfíbios, répteis, aves e mamíferos) por mês para cada UC.

Para o cálculo das taxas diárias foi utilizada a fórmula que recomenda Rosa et al. (2012):

$$TA_d = [(N/km)/dia]$$

Onde:

TA_d = Taxa de atropelamento diária.

N = número de atropelamentos registrados,

km = quilometragem do trecho amostrado e

dia = número de dias de amostragem, sempre igual a 1.

Para o cálculo das taxas mensais realizou-se a média das taxas diárias obtidas em cada mês. Aplicando a fórmula:

$$TA_m = \frac{TA_{d1} + TA_{d2} + (...) + TA_{di}}{dia}$$

Onde:

TA_m = Taxa de atropelamento mensal.

TA_{di} = Taxa de atropelamento diária de “*iésimo*” dia

dia = número de dias de amostragem, sempre igual a “*i*” dias

Os resultados obtidos para cada mês foram agrupados em estações da seguinte forma: outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro), primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão (janeiro, fevereiro e março).

As taxas de atropelamento de cada estação, para cada classe e para cada UC foram comparadas através de *Kruskal-Wallis*, utilizando o programa BioEstat 5.0 (Ayres et al. 2007).

2.3.2. Análise da Influência do Tipo de Rodovia na Taxa de Atropelamento

Para verificar a influência do tipo de rodovia nas taxas de atropelamento de animais silvestres os dados coletados no Rodofauna foram reorganizados segundo o tipo de estrada (número de pistas e tipo de pavimento) em que ocorreram.

Assim, para esta análise as unidades amostrais foram:

- Rodovia simples não-pavimentada, para qual se utilizou a nomenclatura “Simples/Terra”
- Rodovia simples pavimentada, para qual se utilizou a nomenclatura “Simples/Asfalto” e
- Rodovia duplicada pavimentada, para qual se utilizou a nomenclatura “Dupla/Asfalto”.

A unidade amostral “Simples/Terra” tem 24 km de extensão e é formada pelos 10 km na DF-205 que contorna a ESECAE somados a um trecho de aproximadamente 14 km da DF-001, no trajeto do entorno do Parque Nacional de Brasília.

A “Simples/Asfalto” tem 74 km de extensão e é formada por todos os trechos de rodovias que não se enquadram na unidade amostral anterior nem na seguinte.

A “Dupla/Asfalto” tem 16 km de extensão e é formada pelos 11 km da BR-020 somados ao trecho de 5 km duplicados da DF-001 no entorno do JBB. Diferentemente das demais análises, os dois sentidos não foram considerados de forma individualizada, para que as taxas fossem obtidas para cada quilômetro de rodovia duplicada. Dessa maneira, ao invés de considerar 32 quilômetros foram considerando somente 16. A quilometragem total considerada para esta análise é de 114 km.

As análises foram feitas com as taxas mensais obtidas, de acordo com as fórmulas apresentadas no item anterior, para cada uma das classes de animais estudadas e para o conjunto delas.

A separação das pistas teve como objetivo:

- examinar a distribuição percentual dos atropelamentos registrados para cada uma das classes de animais divididos pelo tipo de estrada;
- averiguar a distribuição percentual dos atropelamentos registrados em cada tipo de rodovia divididos por classes de animais; e
- verificar as diferenças entre as taxas de atropelamento por tipo de rodovia para cada classe e se existem diferenças significativas das taxas de animais silvestres entre os tipos de estradas.

Para verificar se existem diferenças significativas de taxas de atropelamentos de animais silvestres por quilômetro entre os tipos de estradas foi realizado um teste de *Kruskal-Wallis* e para verificar entre quais tipos de estrada estas diferenças ocorrem, foi utilizado o teste de *Dunn a posteriori*. As análises foram realizadas no programa BioEstat 5.0.

Como o objetivo desta análise foi identificar variações nas taxas de atropelamento conforme o tipo de estrada, as unidades amostrais foram alteradas. Foi desconsiderado a separação geográfica dos três trajetos de amostragem do Rodofauna (ESECAE, PNB e JBB-RECOR-FAL), utilizadas nas demais análises.

2.3.3. Análise do Índice de Hierarquização

Para a definição dos trechos críticos de atropelamento, foi utilizada a metodologia proposta por Bager e Rosa (2010). Para esta análise, o trajeto percorrido foi dividido em trechos de 1000m, totalizando 51 trechos no trajeto ESECAE, 50 no trajeto PNB e 29 no trajeto JBB-RECOR-FAL.

O valor do IH, para cada trecho, é obtido com a soma dos coeficientes de avaliação gerados para cada um dos quatro parâmetros: Riqueza de Espécies Alvo; Taxa Total de Atropelamento; Diversidade Total de Espécies; e Ocorrência de Espécies Ameaçadas. A Riqueza de Espécies Alvo representa a quantidade de espécies alvo que ocorreram em cada trecho de análise, independente da quantidade de indivíduos.

Foram definidas 12 espécies-alvo sendo, cinco mamíferos, quatro répteis, três aves e um anfíbio. O lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) foram escolhidos por serem espécies ameaçadas de extinção. As demais espécies foram escolhidas por serem as 10 primeiras em número de ocorrências considerando-se os três percursos, são elas: a) mamíferos: cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*) e saruê (*Didelphis albiventris*); b) aves: tiziu (*Volatinia jacarina*), coruja-buraqueira (*Athene cunicularia*) e anu-preto (*Crotophaga ani*); c) répteis: cobra-de-duas-cabeças (*Amphisbaena alba*), cobra-cipó (*Philodryas nattereri*), cascavel (*Caudisoma durissa*) e coral-falsa (*Oxyrhopus guibei*); e d) anfíbio: sapo (*Rhinella marina*).

A análise do IH foi realizada para cada um dos percursos de forma independente, entretanto, para padronização das análises, as espécies-alvo foram as mesmas, ainda que algumas delas não se enquadrassem entre as 10 mais registradas quando analisados os dados obtidos em cada um dos trajetos.

Para definir a Taxa Total de Atropelamento de cada trecho, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$Taxa = \bar{X} \left(\frac{N_1}{km}; \frac{N_2}{km}; \dots; \frac{N_i}{km} \right)$$

Onde:

N_i = nº de indivíduos encontrados no trecho de cada uma das espécies registradas no trajeto.

km = quilometragem percorrida no período de amostragem

A quilometragem percorrida para cada um dos trechos foi 194 km.

Para o cálculo da Diversidade Total de Espécies utilizou-se o Índice de Shannon, conforme recomendado por Bager e Rosa (2010). Para este cálculo foram computadas somente as espécies que ocorreram em cada um dos três trajetos monitorados.

Os coeficientes de avaliação, são valores que variam de 0 a 3 conforme o enquadramento dos dados obtidos em campo às faixas de avaliação de cada um dos parâmetros. Para a definição dos limites de cada faixa de avaliação (exceto ocorrência de espécies ameaçadas) utilizou-se o 1º, o 2º e o 3º quartis dos dados colhidos em campo.

Para ilustrar a aplicação do IH, analisaremos o trecho 04 (km 84,8-85,8) do PNB:

- Para o parâmetro “Riqueza de Espécies Alvo”, o resultado obtido neste trecho foi de 4 espécies. De acordo com a tabela 2, o coeficiente que se refere à faixa em que este valor se enquadra (3 ou mais espécies) é igual a 3.

- Para o parâmetro “Taxa Total de Atropelamento”, o resultado obtido foi $0,095 \times 10^{-3}$, equivalendo ao coeficiente 3.

- Neste trecho foi observada a “Diversidade Total de Espécies” de 1,044, gerando um coeficiente 2.

- No que se refere à “Ocorrência de Espécies Ameaçadas”, foi encontrado um indivíduo da espécie *Chrysocyon brachyurus*, gerando um coeficiente 2.

Ao somar todos os coeficientes gerados para este trecho, foi obtido o valor do IH igual a 9.

Obtidos os Índices de Hierarquização para cada trecho, classificaram-se os mesmos da seguinte forma:

- a) IH menor ou igual a 1 - Trechos de impacto de magnitude baixa;
- b) IH entre 2 e 4 - Trechos de impacto de magnitude média;

c) IH entre 5 e 8 - Trechos de impacto de magnitude alta; e

d) IH maior ou igual a 9 - Trechos de impacto de magnitude significativa ou Pontos Críticos de Atropelamento.

Assim, para o exemplo acima, o trecho é classificado como de magnitude significativa ou Ponto Crítico de Atropelamento.

2.3.3.1. Parâmetros para ESECAE

Para a Riqueza de Espécies Alvo os valores variaram entre 0 e 8 espécies. Os valores encontrados nos cálculos de taxa variaram entre 0,004 e 0,144 N/km/dia. Já os valores de Diversidade Total variaram de 0 a 2,875. A Tabela 1 apresenta as faixas de avaliação para cada um dos parâmetros analisados e os respectivos coeficientes.

Tabela 1. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do ESECAE.

COEFICIENTE	PARÂMETROS			
	Riqueza de Espécies alvo	Taxa Total de Atropelamento (N/km/dia) $\times 10^{-3}$	Diversidade Total de Espécies	Ocorrência de Espécies Ameaçadas
0	<1	<0,022	<1,03	0 ESPÉCIES
1	1	0,022 > 0,049	1,04 > 1,483	TRECHO ADJACENTE
2	2 ou 3	0,05 > 0,076	1,484 > 1,953	1 ESPÉCIE
3	4 ou mais	> 0,076	> 1,954	2 ESPÉCIES

2.3.3.2. Parâmetros para PNB

Para a Riqueza de Espécies Alvo os valores variaram entre 0 e 6 espécies. Os valores encontrados nos cálculos de taxa variaram entre 0 e 0,095 N/km/dia. Já os valores de Diversidade Total variaram de 0 a 2,3. A Tabela 2 apresenta as faixas de avaliação para cada um dos parâmetros analisados e os respectivos coeficientes.

Tabela 2. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do PNB.

COEFICIENTE	PARÂMETROS			
	Riqueza de Espécies alvo	Taxa Total de Atropelamento (N/km/dia) $\times 10^{-3}$	Diversidade Total de Espécies	Ocorrência de Espécies Ameaçadas
0	<1	<0,016	<0,765	0 ESPÉCIES
1	1	0,016 > 0,026	0,765 > 1,059	TRECHO ADJACENTE

2	2	0,027 > 0,047	1,06 > 1,404	1 ESPÉCIE
3	3 ou mais	> 0,047	> 1,404	2 ESPÉCIES

2.3.3.3. Parâmetros para JBB RECOR FAL

Para a Riqueza de Espécies Alvo os valores variaram entre 0 e 8 espécies. Os valores encontrados nos cálculos de taxa variaram entre 0,024 e 0,136 N/km/dia. Já os valores de Diversidade Total variaram de 0,794 a 2,545. A Tabela 3 apresenta as faixas de avaliação para cada um dos parâmetros analisados e os respectivos coeficientes.

Tabela 3. Coeficientes estabelecidos para cada parâmetro do Índice de Hierarquização para o trajeto no entorno do complexo de UC JBB RECOR e FAL.

COEFICIENTE	PARÂMETROS			
	Riqueza de Espécies alvo	Taxa Total de Atropelamento (N/km/dia) $\times 10^{-3}$	Diversidade Total de Espécies	Ocorrência de Espécies Ameaçadas
0	<1	<0,04	<0,74	0 ESPÉCIES
1	1 a 3	0,04 > 0,049	0,74 > 1,086	TRECHO ADJACENTE
2	4	0,05 > 0,09	1,087 > 1,452	1 ESPÉCIE
3	5 ou mais	> 0,09	> 1,452	2 ESPÉCIES

2.3.4. Análise dos Padrões Espaciais dos Atropelamentos

Para avaliar a distribuição espacial dos atropelamentos de fauna nas UC e complementar a análise de hierarquização definindo os locais exatos para instalação de Redutores Eletrônicos de Velocidade - REV, lombadas e passagens de fauna, foi realizada uma análise de agregação utilizando-se o programa Siriema 1.1 (*Spatial Evaluation of Road Mortality Software*).

Para avaliar presença/ausência de agregações de atropelamento e o efeito da escala sobre este padrão foi utilizado o teste *K-Ripley* bidimensional (Coelho et al., 2010). Este teste calcula a quantidade de eventos de atropelamento dentro de um círculo de raio definido pelo pesquisador, centrado em cada evento, ao longo da rodovia, controlando a diferença de extensão da rodovia em cada círculo. Isto se repete com círculos de raio cada vez maiores, para avaliar o efeito da escala.

O resultado do teste *K-Ripley* bidimensional é visualizado em um gráfico como os exemplos apresentados na figura 5 (A e B) abaixo. Os valores de $L(r)$ (linha azul) acima do limite de confiança (linha preta), nos gráficos, indicam escalas (raio) nas quais ocorrem agregações significativas.

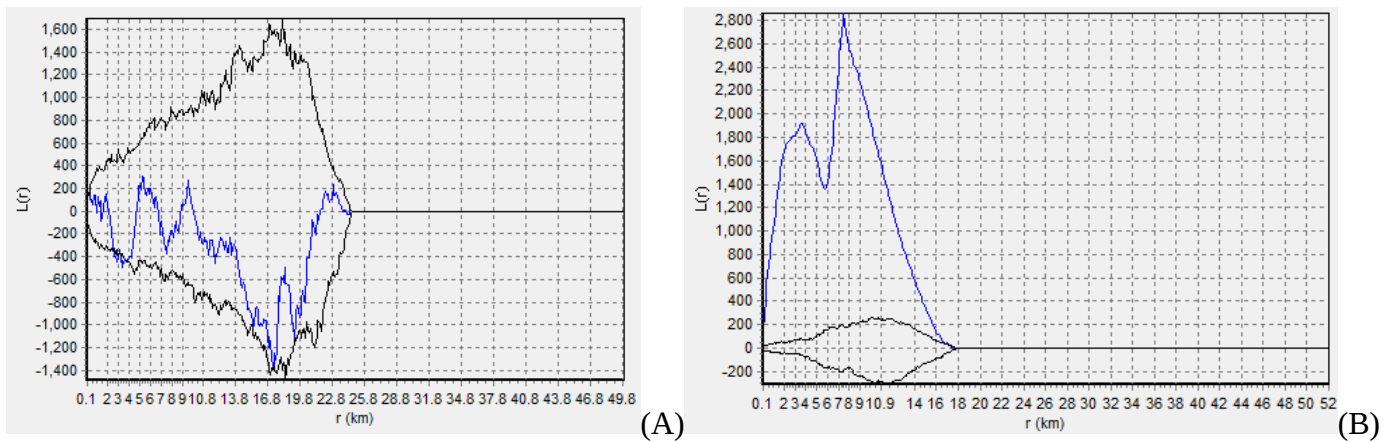


Figura 5. Resultado da estatística *K-Ripley* para (A) Répteis no PNB e (B) Aves na ESECAE. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.

Na figura 5A, por exemplo, não existe agregação significativa de atropelamentos de répteis em nenhuma escala. Isto significa que os atropelamentos registrados ocorreram de maneira uniforme no trajeto. No caso da figura 5B, observa-se agregação de atropelamentos de aves independentemente da escala de análise entre 100m e 18 km de raio. Isto significa que os atropelamentos de aves nas rodovias no entorno da ESECAE não ocorreram de forma igualmente distribuída, existindo, portanto, diferença significativa de ocorrências em diferentes trechos formando pontos de agregação de atropelamento.

Com a constatação da ocorrência de agrupamentos significativos na distribuição de atropelamentos na rodovia realizou-se a identificação dos pontos de agregação (*hotspots*). Para isso, utilizou-se a análise de *hotspot* bidimensional (Coelho et al. 2010). O método (2D *Hotspot Identification*) funciona da seguinte forma: a rodovia é dividida em segmentos de mesmo tamanho. Um círculo de raio r é posicionado no ponto central do primeiro segmento, sendo somados todos os eventos de atropelamento dentro de sua área. A esse número é multiplicado um fator de correção (gerado pelo programa) que leva em conta o comprimento da rodovia dentro do círculo nesta posição. Em seguida, o círculo é posicionado na metade do próximo segmento e novamente é computada a soma dos eventos e multiplicação pelo fator de correção. O procedimento é repetido para todos os segmentos em que a rodovia foi dividida, resultando em um valor de intensidade de agregação de atropelamentos para cada local da rodovia.

A definição do raio a ser utilizado neste teste deriva do *K-Ripley* bidimensional, isto é, somente escalas em que ocorrem agregações significativas podem ser utilizadas para a

identificação dos *hotspots*. Para essa análise utilizou-se o menor raio em que se identificou a ocorrência de agregação no teste *K-Ripley* bidimensional. As rodovias foram divididas em 1000 trechos e foram realizadas 100 simulações para obtenção do intervalo de confiança a 95%. Para este estudo foram considerados como significativos somente os *hotspots* com extensão superior a 100m.

O programa Siriema possui uma ferramenta que permite a visualização das coordenadas geográficas dos *hotspots* obtidos pela análise. Tal ferramenta é importante para delimitar com precisão o local dos pontos de agregação de atropelamento, bem com suas extensões. As coordenadas obtidas pela análise de *hotspot* serão apresentadas em tabelas com o km da rodovia e a extensão do *hotspot*.

Tanto para o teste *K-Ripley* quando para a análise de *hotspot* bidimensional foi realizada uma análise para anfíbios, répteis, aves silvestres voadoras, aves desconsiderando os indivíduos da espécie tiziu e os espécimes não identificados, mamíferos silvestres terrestres e mamíferos domésticos. A análise das aves sem o tiziu (*Volatinia jacarina*) foi realizada com o objetivo de identificar o efeito da espécie dominante sobre a distribuição dos *hotspots*. A análise com mamíferos de locomoção terrestre foi realizada para verificação de pontos para instalação de passagens de fauna. A retirada dos morcegos dessa análise se justifica pela improvável utilização dessas passagens por espécies voadoras. A análise com dados de mamíferos domésticos teve como objetivo incorporar a preocupação com a segurança dos usuários na rodovia, possibilitando avaliar áreas de maior risco para os usuários onde as colisões com animais de grande porte (especialmente cachorros) ocorrem de forma agregada.

Para ambos os testes, foi dado peso 2 para os eventos de atropelamento de espécies ameaçadas de extinção segundo a Lista Oficial das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (considerando apenas os seguintes grupos de animais: anfíbios, aves, invertebrados terrestres, mamíferos e répteis) publicada na Instrução Normativa Nº 003, de 26 de maio de 2003 do Ministério do Meio Ambiente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados Gerais

O monitoramento teve início no final de fevereiro de 2010 (22/02/2010), nas rodovias do entorno da ESECAE, e a partir do mês de abril do mesmo ano (05/04/2010) iniciou-se o monitoramento do entorno do PNB e do conjunto JBB-RECOR-FAL. Para fins de análise e amostragem foram desconsiderados os dados de fevereiro e março de 2010 na ESECAE. Estes dois meses foram considerados como período para treinamento da equipe.

Entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, o Projeto Rodofauna realizou um total de 194 percursos percorrendo 25.220 quilômetros de rodovias no DF e registrou 2.324 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 2.009 (86,4%) eram silvestres e 315 (13,6%) eram domésticos. Durante as campanhas do RODOFAUNA 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 3 espécies. A tabela 4 mostra o número de espécies e quantidade de animais registrados por unidade amostrada.

Tabela 4. Riqueza de espécies e abundância de indivíduos registrados de cada classe em cada trajeto monitorado.

TRAJETO	Aves		Répteis		Mamíferos		Anfíbios		TOTAL	
	R	N*	R	N*	R	N*	R	N*	R	N*
ESECAE	54	577	19	143	17	115	2	83	2	918
PNB	9	434	4	9	8	9	2	12	3	534
JBB RECOR FAL	45	188	16	65	10	55	1	39	2	347
TOTAL	68	1199	23	287	20	179	3	134	114	1799

*Os dados referentes ao número de indivíduos consideram apenas os identificados ao nível de espécie.

As espécies de animais silvestres que apresentaram maior número de indivíduos atropelados podem ser observadas na tabela 5. Juntas, estas dez espécies representam 66,3% dos indivíduos de espécies silvestres encontrados durante as campanhas do RODOFAUNA, sendo que somente as ocorrências do Tiziu equivalem a 41,2% do total. Ressalta-se que estes valores são referentes aos indivíduos que puderam ser identificados, pois dentre todos os animais atropelados, 548 (27,28%) deles – 407 aves, 68 mamíferos, 51 répteis e 22 anfíbios – não puderam ser identificados ao nível de espécie devido às condições em que suas carcaças foram encontradas.

Tabela 5. As 10 espécies mais registradas no Projeto RODOFAUNA.

Espécie	Nome Popular	Total
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	600
<i>Rhinella marina</i>	Sapo	107
<i>Amphisbaena alba</i>	Cobra de duas cabeças	48
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja buraqueira	37
<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro do mato	35
<i>Philodryas nattereri</i>	Cobra cipó	35
<i>Caudisona durissa</i>	Cascavel	30
<i>Oxyrhopus guibei</i>	Coral falsa	27
<i>Crotophaga ani</i>	Anu preto	24
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá ou Saruê	24

Considerando-se somente os animais silvestres, a família Emberizidae, da ordem dos passeriformes, foi a que apresentou maior número de espécies (8) e de indivíduos (653), devido à grande ocorrência do Tiziu (*Volatinia jacarina*). Outras famílias de ocorrência significativa foram: Dipsadidae (família da cobra-cipó e das falsas corais), com 6 espécies e 102 indivíduos; Strigidae (família das corujas) com 4 espécies e 55 indivíduos; Bufonidae (família dos sapos) com 173 ocorrências; e Tyrannidae (família das tesourinhas e suiriris) com 8 espécies com 58 ocorrências. Estas 5 famílias representam 65,2% dos indivíduos registrados no estudo. Foram registradas duas espécies que constam na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção, sendo quatro lobos-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e um tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

Dos animais domésticos, os cães e gatos foram as espécies mais vitimadas (124 e 123 registros, respectivamente), perfazendo juntas 78,4% dos animais domésticos e 10.6% do total de registros do estudo.

Na figura 6, apresentam-se os resultados obtidos por mês. Verifica-se que o mês de janeiro de 2012 apresentou a maior quantidade de animais (silvestres e domésticos) encontrados, totalizando 199 indivíduos, seguido e do mês de outubro de 2011 com 188 registros e do mês de fevereiro de 2011 com 184.

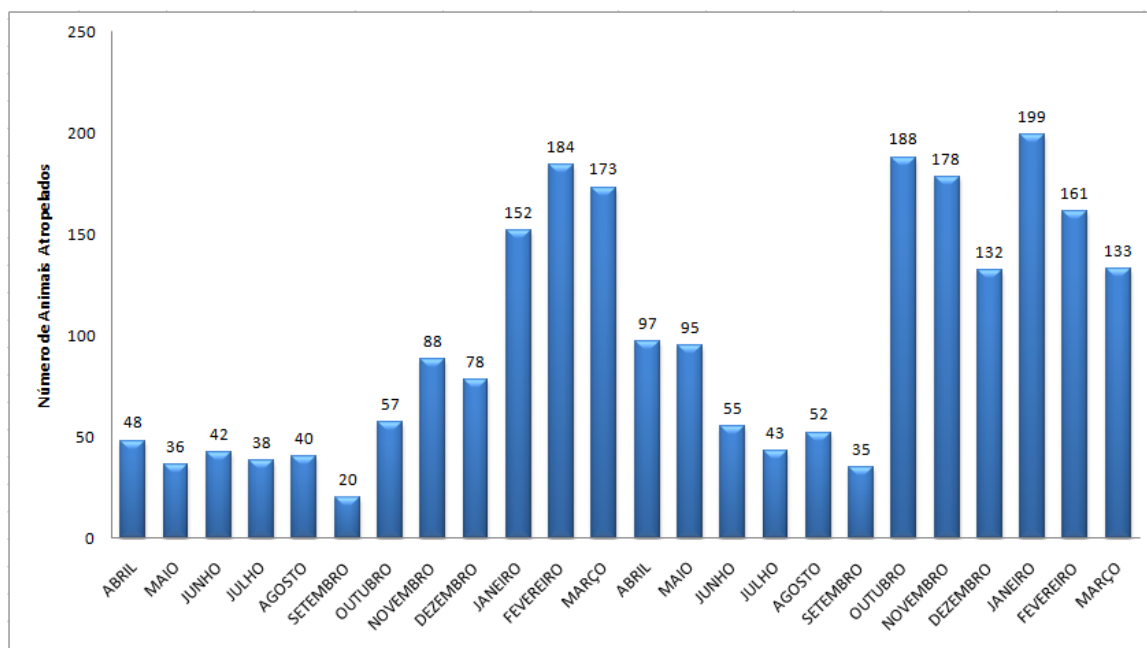


Figura 6. Distribuição da frequência dos animais atropelados por mês nas campanhas do RODOFAUNA.

O número de animais silvestres e domésticos encontrados por mês em cada um dos trechos amostrados pode ser visualizado na Figura 7.

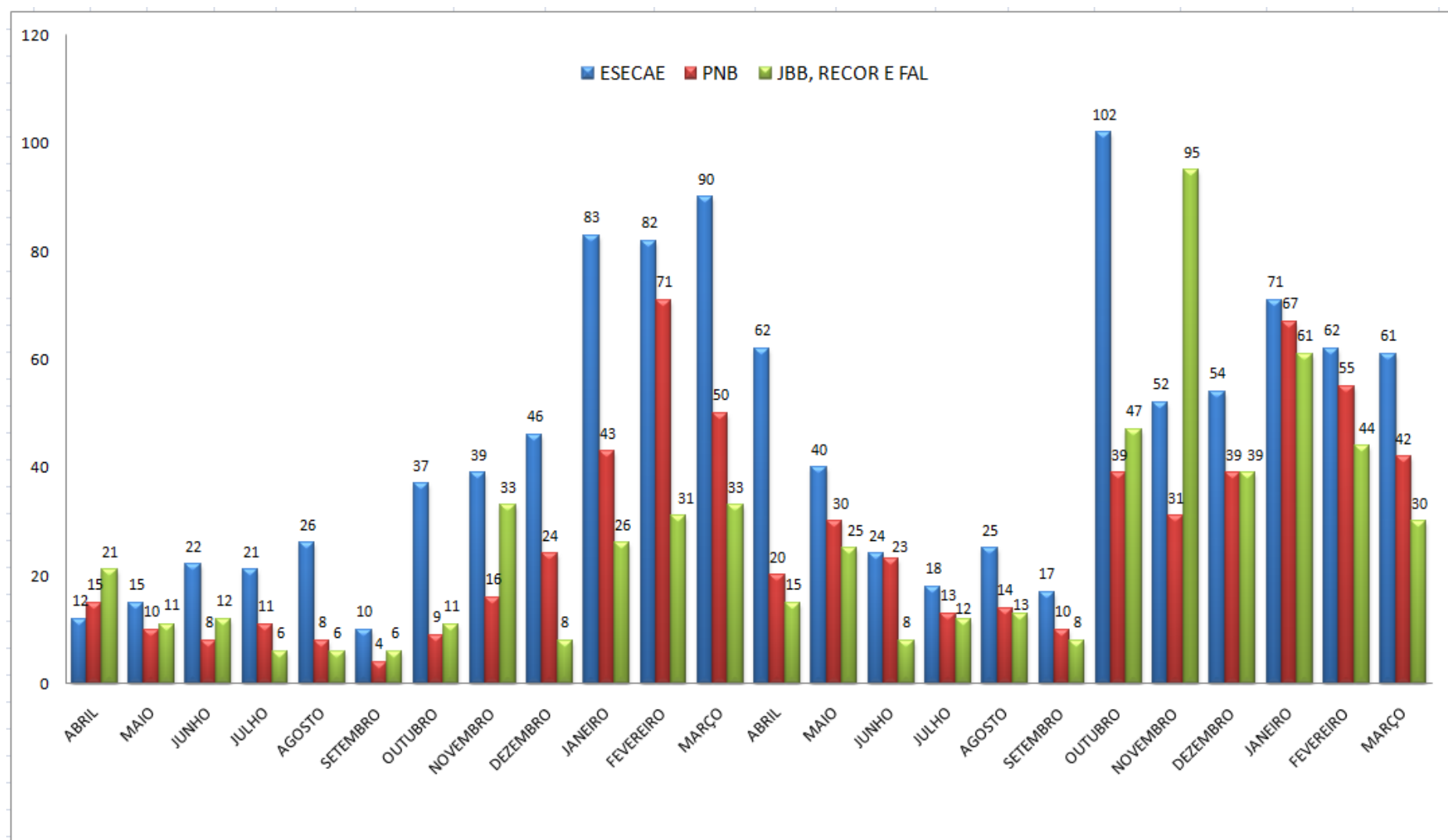


Figura 7. Distribuição do número de animais atropelados por mês nas cinco unidades de conservação amostradas.

Verifica-se que no mês de outubro de 2011 foi registrado o maior número de atropelamentos na ESECAE (102 registros), para o conjunto JBB-RECOR-FAL foi no mês de novembro de 2011 com 95 registros e no PNB foi no mês de fevereiro de 2011 com 71 atropelamentos.

Para comparar as unidades corrigindo as diferenças de quilometragem percorrida por trecho assim como, os diferentes números de amostragens realizadas por mês, foi calculada a taxa de atropelamento (N/km/dia). Dessa maneira é possível indicar em qual local a quantidade de atropelamentos foi mais significativa. 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. Como o trecho monitorado tem 130 km, significa que morrem em média 10,4 animais por dia no trajeto monitorado.

As taxas de atropelamento por mês reunindo todas as UC são observadas na figura 8.

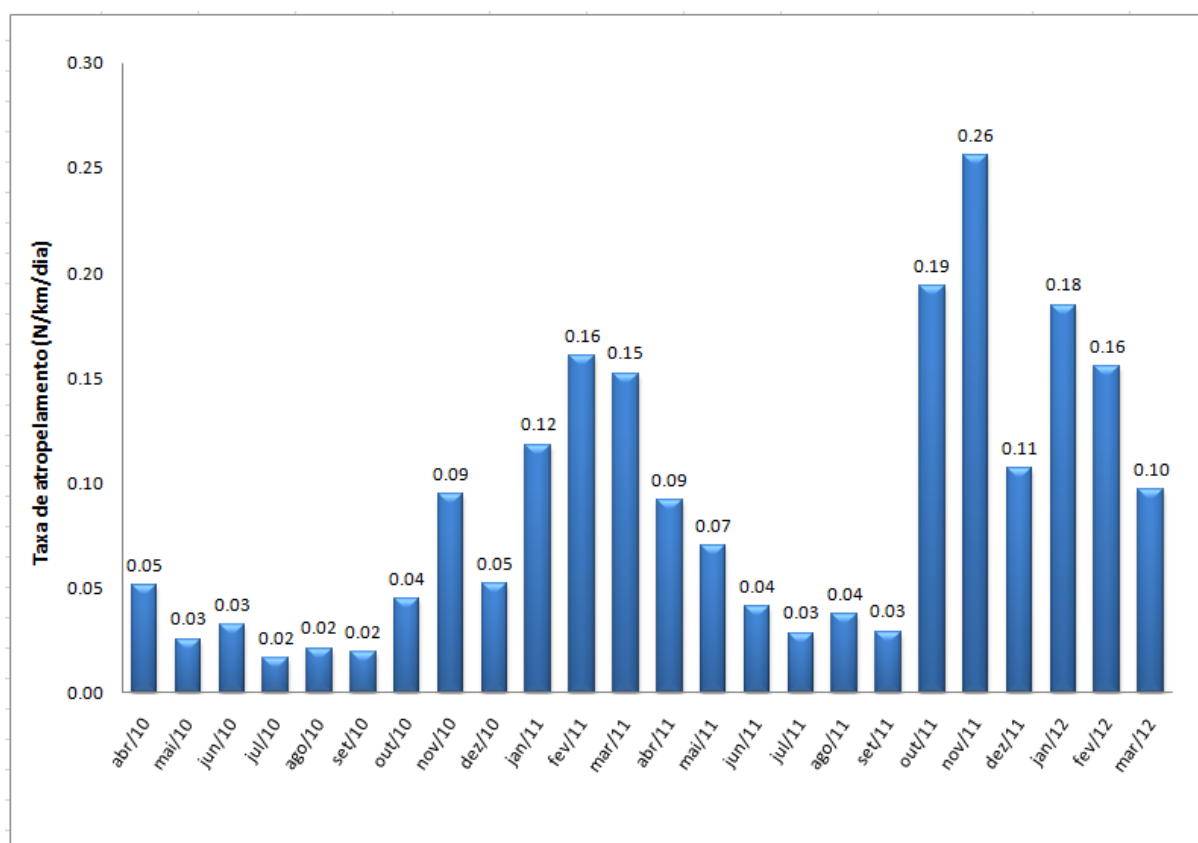


Figura 8. Distribuição das taxas de atropelamento (N/km/dia) dos animais atropelados por mês nas campanhas do RODOFAUNA.

Diferentemente da figura 6 onde o maior número de atropelamentos foi observado no mês de janeiro de 2012, na figura 8 verifica-se a maior taxa de atropelamento no mês de

novembro de 2011. A taxa de atropelamento para cada unidade de conservação por mês pode ser observada na figura 9.

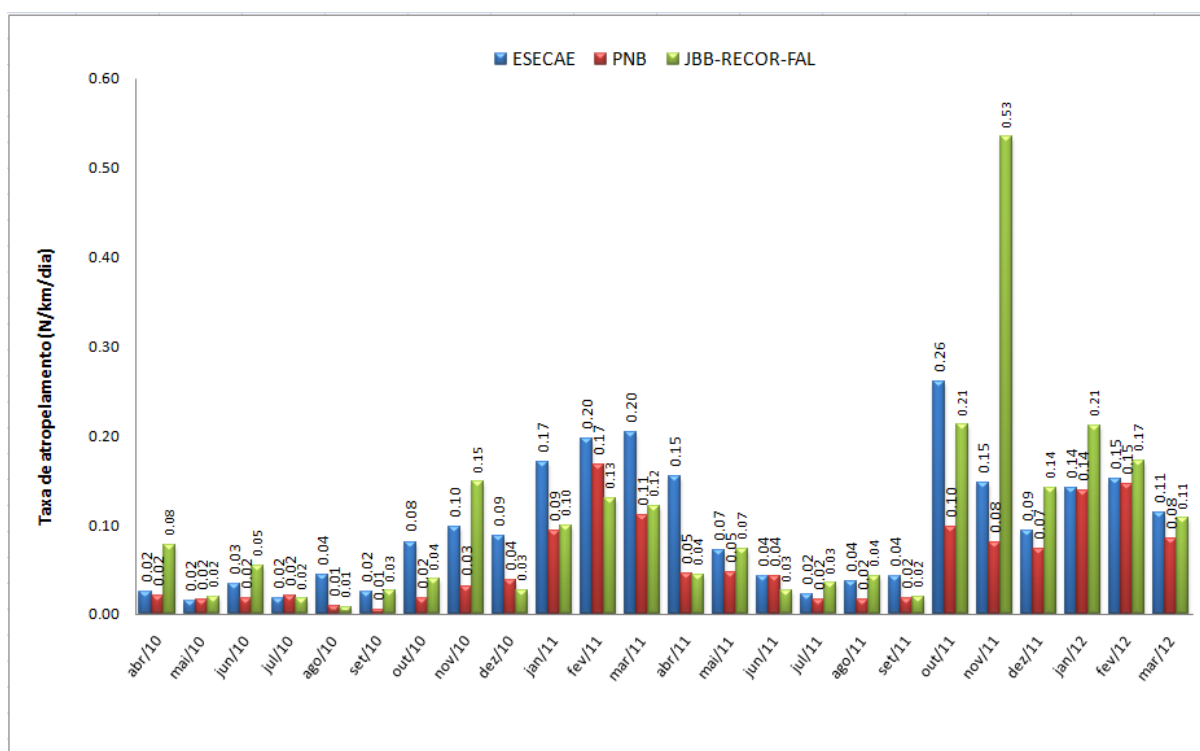


Figura 9. Distribuição das taxas de atropelamento (N/km/dia) dos animais atropelados por mês nas três unidades de conservação amostradas.

A figura 7 indica que o maior registro por mês, ocorreu em outubro de 2011 na ESECAE, entretanto, considerando a taxa de atropelamento (figura 9) verifica-se que no mês de novembro de 2011, o conjunto JBB-RECOR-FAL apresentou maior quantidade de atropelamentos por quilômetro percorrido (0,53N/Km/dia).

O complexo JBB-RECOR-FAL apresentou maior taxa de atropelamento, 0,10N/km/dia, seguido da ESECAE (0,09 N/km/dia). O PNB apresentou a menor taxa de atropelamento, praticamente a metade das demais unidades amostradas (0,056N/km/dia). Para verificar se houve diferença significativa entre as taxas de atropelamentos entre as três unidades foi realizada uma análise de variância para dados não paramétricos – *Kruskal-Wallis*. O resultado mostrou ($p=0,07$) que não há diferença significativa entre as unidades amostradas com relação às taxas de atropelamento.

Considerando todas as unidades, a classe das aves apresentou a maior taxa de atropelamentos (0,17N/km/dia), seguido dos répteis (0,03N/km/dia), mamíferos

(0,02N/km/dia) e anfíbios (0,01N/km/dia). A tabela 6 mostra as taxas de atropelamento para cada classe em cada unidade amostrada no estudo.

Tabela 6. Taxa de atropelamento por Classe e Trajeto monitorado.

Trajeto	Taxa de atropelamento (N/km/dia)				
	Aves	Répteis	Mamíferos	Anfíbios	Total
ESECAE	0,05	0,01	0,01	0,009	0,09
PNB	0,04	0,008	0,001	0,001	0,05
JBB RECOR FAL	0,07	0,01	0,009	0,007	0,10
Total	0,17	0,03	0,02	0,01	

Para verificar se houve diferença significativa entre as taxas de atropelamentos entre as diferentes classes (aves, mamíferos, répteis e anfíbios) analisados foi realizada uma análise de variância para dados não paramétricos – *Kruskal-Wallis* com teste de *Dunn a posteriori*.

O teste mostrou que há diferença entre as taxas de atropelamento das aves e mamíferos ($p < 0,05$), répteis ($p < 0,05$) e anfíbios ($p < 0,05$). Também foi encontrada diferença entre répteis e anfíbios ($p < 0,05$). Entre as demais classes não foi encontrada diferença com relação à taxa de atropelamento, ou seja, os incidentes ocorrem de maneira similar entre mamíferos e répteis; mamíferos e anfíbios.

3.1.1 Hábito

As espécies silvestres encontradas e identificadas ao nível de espécie neste estudo foram classificadas quanto hábito em duas modalidades: quanto ao período do dia de maior atividade, em diurnas e noturnas, e quanto ao modo preferencial de locomoção, em aéreo, terrestre e arborícola.

Foram identificados 314 indivíduos de hábito noturno, distribuídos em 26 espécies; e 1.140 de hábito diurno, distribuídos em 87 espécies.

Quanto ao modo de locomoção, verificou-se a ocorrência de 962 indivíduos de locomoção aérea, distribuídos em 63 espécies; 451 indivíduos terrestres, em 45 espécies; e 48 arborícolas, em seis espécies.

Considerando-se somente as espécies silvestres de hábito diurno identificados, observou-se a predominância de animais voadores (911 indivíduos e 56 espécies), seguido dos terrestres (182 indivíduos e 26 espécies) e por último os arborícolas (47 indivíduos e 5 espécies).

No caso dos animais silvestres de hábito noturno, a prevalência foi de animais de locomoção terrestre (269 indivíduos e 19 espécies), seguido dos de locomoção aérea (44 indivíduos e 6 espécies) e por último, os arborícolas representados por somente um indivíduo.

Na ESECAE foram identificados 465 animais silvestres (70 espécies) de hábito diurno e 182 noturnos (22 espécies). Quanto ao modo de locomoção, verificou-se a ocorrência de 390 indivíduos de locomoção aérea (50 espécies), 233 terrestres (36 espécies) e 24 arborícolas (6 espécies).

Considerando-se somente as espécies silvestres de hábito diurno identificados na ESECAE, observou-se a predominância de animais voadores (363 indivíduos e 44 espécies), seguido dos terrestres (79 indivíduos e 21 espécies) e por último os arborícolas (23 indivíduos e 5 espécies).

No caso dos animais silvestres de hábito noturno, a prevalência foi de animais de locomoção terrestre (154 indivíduos e 15 espécies), seguido dos de locomoção aérea (27 indivíduos e 6 espécies) e por último, os arborícolas representados por somente um indivíduo.

No PNB foram identificados 356 animais de hábito diurno (49 espécies) e 39 noturnos (13 espécies). Quanto ao modo de locomoção, verificou-se a ocorrência de 300 indivíduos de locomoção aérea (36 espécies), 80 terrestres (26 espécies) e 17 arborícolas (1 espécie).

Considerando-se somente as espécies silvestres de hábito diurno identificados no PNB, observou-se a predominância de animais voadores (289 indivíduos e 32 espécies), seguido dos terrestres (50 indivíduos e 16 espécies) e por último os arborícolas (17 indivíduos e 1 espécie).

No caso dos animais silvestres de hábito noturno, a prevalência foi de animais de locomoção terrestre (30 indivíduos e 10 espécies), seguido dos de locomoção aérea (9 indivíduos e 3 espécies).

No complexo JBB-RECOR-FAL foram identificados 312 animais de hábito diurno (53 espécies) e 100 noturnos (18 espécies). Quanto ao modo de locomoção, verificou-se a ocorrência de 281 indivíduos de locomoção aérea (40 espécies), 130 terrestres (29 espécies) e 6 arborícolas (3 espécies).

Considerando-se somente as espécies silvestres de hábito diurno identificados no trajeto JBB-RECOR-FAL, observou-se a predominância de animais voadores (262 indivíduos e 34 espécies), seguido dos terrestres (44 indivíduos e 16 espécies) e por último os arborícolas (6 indivíduos e 3 espécies).

No caso dos animais silvestres de hábito noturno, a prevalência foi de animais de locomoção terrestre (86 indivíduos e 13 espécies), seguido dos de locomoção aérea (14 indivíduos e 5 espécies).

Em alguns estudos a taxa de atropelamento pode ser maior à noite, pela maior atividade dos animais noturnos, devido à menor visibilidade dos motoristas no caso de eventual colisão e também pela atração de espécies pela iluminação (Outen, 2002).

O presente trabalho teve um resultado diferente dos demais estudos, considerando que foi encontrado um maior número de registros de animais diurnos. Tal fato pode ser explicado por uma possível maior abundância de animais diurnos nas áreas de estudo. Outra hipótese é que haja maior taxa de remoção de carcaça no início da manhã, com isso muitos animais noturnos são removidos antes de serem registrados.

Para testar as hipóteses acima são necessários que estudos sobre densidade de espécies sejam conduzidos nas unidades de conservação, além de estudos a cerca da taxa de remoção de carcaças.

3.1.2 Variação Sazonal

A análise da variação sazonal permitiu encontrar alguns padrões de atropelamento ao longo dos anos entre os grupos. Foi possível verificar uma variação sazonal nos eventos considerando na análise todas as UC amostradas. A tabela 7 mostra a taxa de atropelamento média por estação considerando todas as UC amostradas.

Tabela 7. Taxas de atropelamento média por estação (N/km/dia).

Classe	Taxa de atropelamento (N/km/dia)			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mamíferos	0,011	0,007	0,012	0,013
Aves	0,024	0,016	0,074	0,107
Répteis	0,014	0,002	0,012	0,016
Anfíbios	0,001	0,0003	0,016	0,006
Total	0,051	0,025	0,115	0,141

Observam-se maiores taxas de atropelamento no verão (0,141 N/km/dia) e na primavera (0,115 N/km/dia), considerando todas as classes. O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa entre as estações ($p=0,0009$). E o teste de *Dunn*, a *posteriori*, comparando as estações em pares, mostrou que há diferença significativa ($p<0,05$) entre: verão e inverno e inverno e primavera.

Os dados obtidos permitem inferir que não há diferença significativa entre a primavera e verão, que representam o período chuvoso no Distrito Federal e nem entre outono e inverno, que englobam os meses seco, ao mesmo tempo em que há diferença entre o período chuvoso (primavera e verão) e o pico na seca (inverno). Dessa maneira, os resultados mostram que existe diferença significativa de atropelamentos entre os períodos seco e chuvoso, sendo verificado o efeito da sazonalidade nos atropelamentos de fauna.

Ao se analisar se a variação sazonal implica em alteração nas taxas de atropelamento por grupo, foi observado que para aves houve diferença significativa de atropelamento entre o verão e inverno ($p < 0,05$) e entre o verão e o outono ($p < 0,05$).

Para a classe dos répteis foi encontrado diferença entre inverno e primavera ($p < 0,05$) e inverno e verão ($p < 0,05$). Para os anfíbios foi observada diferença entre inverno e primavera ($p < 0,05$) e outono e primavera ($p < 0,05$).

Para os mamíferos não foi encontrada diferença entre as estações ($p = 0,12$), demonstrando que para esta classe os atropelamentos ocorrem de forma regular ao longo do ano.

Répteis e anfíbios apresentam forte influência sazonal, com aumento dos atropelamentos nas estações reprodutivas, além de eventos migratórios em massa que aumentam consideravelmente as colisões de veículos com animais desses grupos (Parris et al., 2009). A atividade dos répteis é maior nos meses quentes do ano e a maior parte das espécies desse grupo encontra-se ativa apenas durante o dia, uma vez que não possuem a capacidade de regulação da temperatura corporal. Essas espécies aproveitam o calor emanado do substrato o que promove a atração destas para o asfalto (Rosen e Lowe, 1994). Tal fato, aliado a limitada capacidade de locomoção aumenta o risco de mortalidade por atropelamento. Além desses problemas, ainda existem fatores culturais, já que alguns autores acreditam que animais como serpentes, por exemplo, são atropelados propositalmente (Prada, 2004).

Quanto às aves sabe-se que a sazonalidade e a dispersão de juvenis após eventos reprodutivos podem incrementar o número de indivíduos e espécies atropeladas. Porém, por serem comuns e abundantes, as espécies mais atropeladas em zonas temperadas e tropicais não costuma sofrer influência sazonal, ocorrendo eventos de atropelamento o ano todo (Erritzoe et al., 2003; Coelho, et al., 2008).

No presente trabalho foi observada diferença significativa de atropelamentos entre as estações para o grupo das aves. Tal diferença provavelmente ocorreu devido ao tiziu, que apresenta altas taxas de mortalidade durante a estação chuvosa. O tiziu é encontrado em áreas abertas geralmente dominada por gramíneas, e no mês de outubro migram para o Brasil

Central para reproduzir (Carvalho et al., 2007). No início da estação reprodutiva são encontrados em bandos, que se dispersam subsequentemente para que machos ocupem e defendam pequenos territórios (Carvalho et al., 2007). Os territórios dos machos são aglomerados, com tamanhos variando entre 13 e 72m² (Almeida e Macedo, 2001). Tais fatores indicam que a região do Distrito Federal é um local de reprodução sazonal para os indivíduos dessa espécie, por isso, ocorrem tantos atropelamentos na região durante a estação chuvosa e explicam porque a maioria dos espécimes encontrados é de machos.

3.1.3 Análise da Influência do Tipo de Rodovia na Taxa de Atropelamento

Ao se comparar os resultados obtidos por quilômetro, considerando as quatro classes amostradas, com as características das estradas, verificaram-se maiores taxas de atropelamento nas rodovias do tipo “Dupla/Asfalto” (0,23 N/km/dia), seguidas das do tipo “Simples/Asfalto” (0,09 N/km/dia), sendo as do tipo “Simples/Terra” (0,01 N/km/dia), aquelas com menores taxas de atropelamento.

A análise de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa ($p < 0,001$) entre a 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 ($p < 0,05$).

Ao executar os mesmos testes para os dados de cada uma das classes verificou-se que para aves que existe diferença entre Simples/Asfalto e Simples/Terra, e Dupla/Asfalto e Simples/Terra.

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 Simples/Terra e Dupla/Asfalto, e Simples/Asfalto e Dupla/Asfalto

A tabela 8 ilustra as taxas de atropelamento por tipo de estrada para cada classe amostrada.

Tabela 8. Taxas de atropelamento por tipo de pista e pavimento para cada classe.

Classe	Taxa de Atropelamento (N/km/dia)		
	Simples/Terra	Simples/Asfalto	Dupla/Asfalto
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

Na tabela a cima, pode-se verificar que a taxa de atropelamento em rodovias do tipo “Simples/Asfalto” é 9 vezes maior do que a taxa de atropelamento nas rodovias do tipo “Simples/Terra”. Ao se comparar com as rodovias do tipo “Dupla/Asfalto”, verifica-se que a taxa dessas rodovias é 2,61 vezes maior do que em uma “Simples/Asfalto” e 23 vezes maior do que em uma rodovia “Simples/Terra”.

A tabela 9 (“a”, “b”, “c” e “d”), abaixo apresenta o incremento de taxa de atropelamento ente 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.

Tabela 9. 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	SIMPLES/ASFALTO	DUPLA/ASFALTO
SIMPLES/TERRA	11.85	19.71
SIMPLES/ASFALTO		NS*

(B)

Mamíferos	SIMPLES/ASFALTO	DUPLA/ASFALTO
SIMPLES/TERRA	4.27	42.55
SIMPLES/ASFALTO		9.96

(C)

Répteis	SIMPLES/ASFALTO	DUPLA/ASFALTO
SIMPLES/TERRA	NS*	9.88
SIMPLES/ASFALTO		7.15

(D)

Anfíbios	SIMPLES/ASFALTO	DUPLA/ASFALTO
SIMPLES/TERRA	NS*	85.36
SIMPLES/ASFALTO		15.84

NS* = Não Significativo

As taxas apresentadas na tabela 8 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. Assim, a tabela 10 a seguir apresenta a distribuição percentual das taxas de atropelamento para cada uma das classes de animais divididos pelo tipo de estrada.

Tabela 10. Distribuição percentual dos atropelamentos por tipo de rodovia para cada classe.

Classe	Taxa de Atropelamento (N/km/dia)		
	Simples/Terra	Simples/Asfalto	Dupla/Asfalto
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%

Analisando os dados desta tabela, verifica-se que se as quilometragens dos tipos de rodovias fossem iguais, 69,12% dos animais ocorreriam em estradas do tipo “Dupla/Asfalto”, 26,53% nas de tipo “Simples/Asfalto” e somente 4,36% nas de tipo “Simples/Terra”. Considerando as classes de forma individual, exceto para as aves, todas apresentariam mais de 80% dos atropelamentos em rodovias do tipo “Dupla/Asfalto”.

Ao realizar a distribuição percentual das taxas de atropelamentos por classes em cada um dos tipos de rodovias (tabela 11), verificou-se que somente nas rodovias do tipo “Simples/Terra”, não houve predomínio das aves. Neste tipo de estrada 45,13% dos animais registrados foram répteis e 40,53% aves, totalizando 85,66%.

Nas rodovias do tipo “Simples/Asfalto” é notória uma dominância do atropelamento de aves, 78,84% dos animais atropelados neste tipo de rodovia foram aves. Nas rodovias do tipo “Dupla/Asfalto” houve uma distribuição mais semelhante entre as quatro classes, com um predomínio das aves (38,88%).

Tabela 11. Distribuição percentual dos atropelamentos registrados para cada tipo de rodovia dividido por classes de animais.

Tipo de Rodovia	Taxa de Atropelamento (N/km/dia)			
	Aves	Mamíferos	Repteis	Anfíbios
Simples/Terra	40,53%	9,67%	45,13%	4,67%
Simples/Asfalto	78,84%	6,78%	10,25%	4,13%
Dupla/Asfalto	38,88%	20,03%	21,70%	19,39%

O presente estudo não teve o objetivo de relacionar as características da paisagem ou das estradas; nem a velocidade e o fluxo de veículos com as taxas de atropelamento. Entretanto, 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.

No estudo de Smith-Patten e Patten (2008) foram encontrados dados interessantes sobre a relação entre as rodovias e atropelamento de mamíferos silvestres. Durante quase a totalidade da amostragem feita pelos autores, verificou-se taxas de atropelamentos maiores em pistas simples, entretanto, ao incluir as duas últimas semanas de amostragem os dados indicaram que em rodovias de quatro faixas o número de atropelamentos foi significativamente maior do que em pistas de duas faixas. Estes autores não indicaram relação entre a sazonalidade da fauna e esta variação encontrada nas últimas semanas de amostragem. No entanto, Conard e Gipson (2006) incluíram a análise da variação sazonal do fluxo de veículos em seu estudo e concluíram que a variação sazonal da fauna tem maior influência na taxa de atropelamento do que a do fluxo de veículos. Clevenger et. al (2003) sugerem que o fluxo de veículos nas estradas pode inibir a travessia dos animais.

Alexander et al. (2005) corrobora esta hipótese verificando que o aumento do fluxo de carros por dia durante o verão em duas rodovias no Canadá diminuiu o ímpeto de travessia de grandes ungulados, considerando esta diminuição como impacto negativo para estas espécies, interferindo nos deslocamentos. Em um estudo com anfíbios, Mazerolle et al (2005), conclui que as características físicas das estradas (largura, pavimentação) ou do tráfego (fluxo, velocidade) pouco interferem nos casos de atropelamento de anfíbios, sendo o comportamento das espécies que paralisam ao visualizar as luzes dos veículos, mas influente nestes casos. O comportamento de ficar paralisado em situações de perigo é uma das explicações possíveis para as taxas de atropelamentos de algumas espécies como *Cerdocyon thous*, *Didelphis sp.*, entre outras.

As pistas pavimentadas e duplicadas, além de aumentarem a largura a ser atravessada pelos animais, propiciam um aumento na média da velocidade dos veículos. Apesar de não terem analisados especificamente as taxas de velocidade em seu estudo Smith-Patten e Patten (2008), relacionaram os atropelamentos com fatores que contribuem para altas velocidades: largura da pista e tipo de pavimento. Os autores observaram que a taxa de atropelamento em rodovias pavimentadas foi muito superior a das não pavimentadas.

3.2 Resultados ESECAE

Entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, o Projeto Rodofauna percorreu 9.894 quilômetros na ESECAE e registrou 1.071 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 918 (85.7%) eram silvestres e 153 (14.3%) eram domésticos. Durante as

campanhas do RODOFAUNA foram identificadas carcaças de 99 espécies (92 silvestres e 7 domésticas), 54 famílias e 28 ordens de 04 classes de vertebrados. A taxa de atropelamento dos dois anos de amostragem foi de 0,09 N/km/dia. Como o trecho monitorado no entorno da ESECAE tem 51 km, essa taxa significa que morrem em média 4,6 animais por dia no trajeto monitorado.

Dentre as classes de animais silvestres, as aves foram as que tiveram maior número de atropelamentos, com 577 registros (62,9%), distribuídos em 54 espécies; seguido de répteis, com 143 (15,6 %) indivíduos em 19 espécies; mamíferos com 115 (12,5%) em 17 espécies; e anfíbios com 83 (9%) em 2 espécies.

As espécies de animais silvestres que apresentaram maior número de indivíduos atropelados podem ser observadas na tabela 2. Juntas, estas dez espécies representam 64,9% dos indivíduos de espécies silvestres encontrados durante as campanhas do RODOFAUNA, sendo que somente as ocorrências do Tiziu equivalem a 34,8% do total. Ressalta-se que estes valores são referentes aos indivíduos que puderam ser identificados, pois dentre todos os animais atropelados, 271 (29,5%) deles – 175 aves, 53 mamíferos, 26 répteis e 17 anfíbios – não puderam ser identificados devido às condições em que suas carcaças foram encontradas.

Tabela 12. As 10 espécies mais registradas no Projeto RODOFAUNA.

Espécie	Nome Popular	Total
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	225
<i>Rhinella marina</i>	Sapo	62
<i>Amphisbaena alba</i>	Cobra de duas cabeças	34
<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro do mato	18
<i>Philodryas nattereri</i>	Cobra cipó	16
<i>Tyrannus savana</i>	Tesourinha	15
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá ou Saruê	14
<i>Tyto alba</i>	Suindara	19
<i>Boa constrictor</i>	Jibóia	12
<i>Crotophaga ani</i>	Anu preto	11

Considerando-se somente os animais silvestres, a família Emberizidae, da ordem dos passeriformes, foi a que apresentou maior número de espécies (6) e de indivíduos (252), devido à grande ocorrência do Tiziu (*Volatina jacarina*). Outras famílias de ocorrência significativa foram: Dipsadidae (família da cobra-cipó e das falsas corais), com 06 espécies e 48 indivíduos; Amphisbaenidae (família da cobra de duas cabeças) com 1 espécie e 34 indivíduos; Bufonidae (família dos sapos) com 1 espécie e 62 ocorrências e Tyrannidae

(família do tesourinha) com 6 espécies e 30 ocorrências. Estas 05 famílias representam 61.5% dos indivíduos cujas famílias foram identificadas.

Foram registradas duas espécies que constam na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção, sendo um Lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) e um Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

Dos animais domésticos, os cães e gatos foram às espécies mais freqüentemente vitimadas (66 e 50 registros, respectivamente), perfazendo juntas 75,8% dos animais domésticos e 10,8% do total de registros do estudo.

3.2.1 Variação Sazonal

A análise realizada permitiu encontrar alguns padrões de atropelamento ao longo do ano entre os grupos, sendo possível verificar uma variação sazonal nos eventos considerando na análise todas as UC amostradas. A tabela 4 mostra a taxa de atropelamento média por estação considerando todas as UC amostradas.

Tabela 13. Taxas de atropelamento médias por estação da ESECAE (N/km/dia).

Classe	Taxa de atropelamento (N/km/dia)			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mamíferos	0,01	0,006	0,01	0,01
Aves	0,03	0,02	0,07	0,11
Répteis	0,01	0,001	0,01	0,02
Anfíbios	0,002	0,0004	0,02	0,009
Total	0,058	0,031	0,12	0,16

Observam-se maiores taxas de atropelamento no verão (0,16 N/km/dia) e na primavera (0,12 N/km/dia), considerando todas as classes. O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa entre as estações ($p=0,002$). O teste de *Dunn a posteriori*, comparando as estações em pares, mostrou que há diferença significativa ($p<0,05$) entre: verão e outono e inverno e verão.

Ao se analisar se a variação sazonal implica em alteração nas taxas de atropelamento por grupo, foi observado que para aves houve diferença significativa de atropelamento entre o outono e verão ($p<0,05$) e entre o verão e o inverno ($p<0,05$).

Para a classe dos répteis foi encontrado diferença entre inverno e primavera ($p<0,05$), e verão e inverno ($p<0,05$). Para os anfíbios foi observado diferença entre a primavera e o inverno ($p<0,05$).

Para os mamíferos não foi encontrada diferença entre as estações ($p=0,058$), demonstrando que para esta classe os atropelamentos ocorrem de forma regular ao longo do ano.

3.2.2 Índice de Hierarquização da ESECAE

A partir do IH identificou-se 15 trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento, com valores que variaram entre 9 e 12. A tabela 14 apresenta os trechos a rodovia onde se localizam e as quilometragens iniciais e finais.

Tabela 14. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento nas rodovias no entorno da ESECAE.

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	BR-020 (sentido Formosa-GO)	26,2	27,2
2	BR-020 (sentido Formosa-GO)	27,2	28,2
3	BR-020 (sentido Formosa-GO)	28,2	29,2
4	BR-020 (sentido Formosa-GO)	29,2	30,2
5	BR-020 (sentido Formosa-GO)	30,2	31,2
6	BR-020 (sentido Brasília-DF)	31,2	30,2
7	BR-020 (sentido Brasília-DF)	30,2	29,2
8	BR-020 (sentido Brasília-DF)	29,2	28,2
9	BR-020 (sentido Brasília-DF)	28,2	27,2
10	BR-020 (sentido Brasília-DF)	23,2	22,2
11	DF-128 (sentido Planaltina-GO)	2,5	3,5
12	DF-128 (sentido Planaltina-GO)	6,5	7,5
13	DF-128 (sentido Planaltina-GO)	8,5	9,5
14	DF-128 (sentido Planaltina-GO)	9,5	10,5
15	DF-345 (sentido BR-020)	1,1	2,1

A análise também revelou 12 trechos considerados de magnitude alta com IH entre 5 e 8. A figura 9 ilustra os trechos definidos como prioritários pelo Índice de Hierarquização.

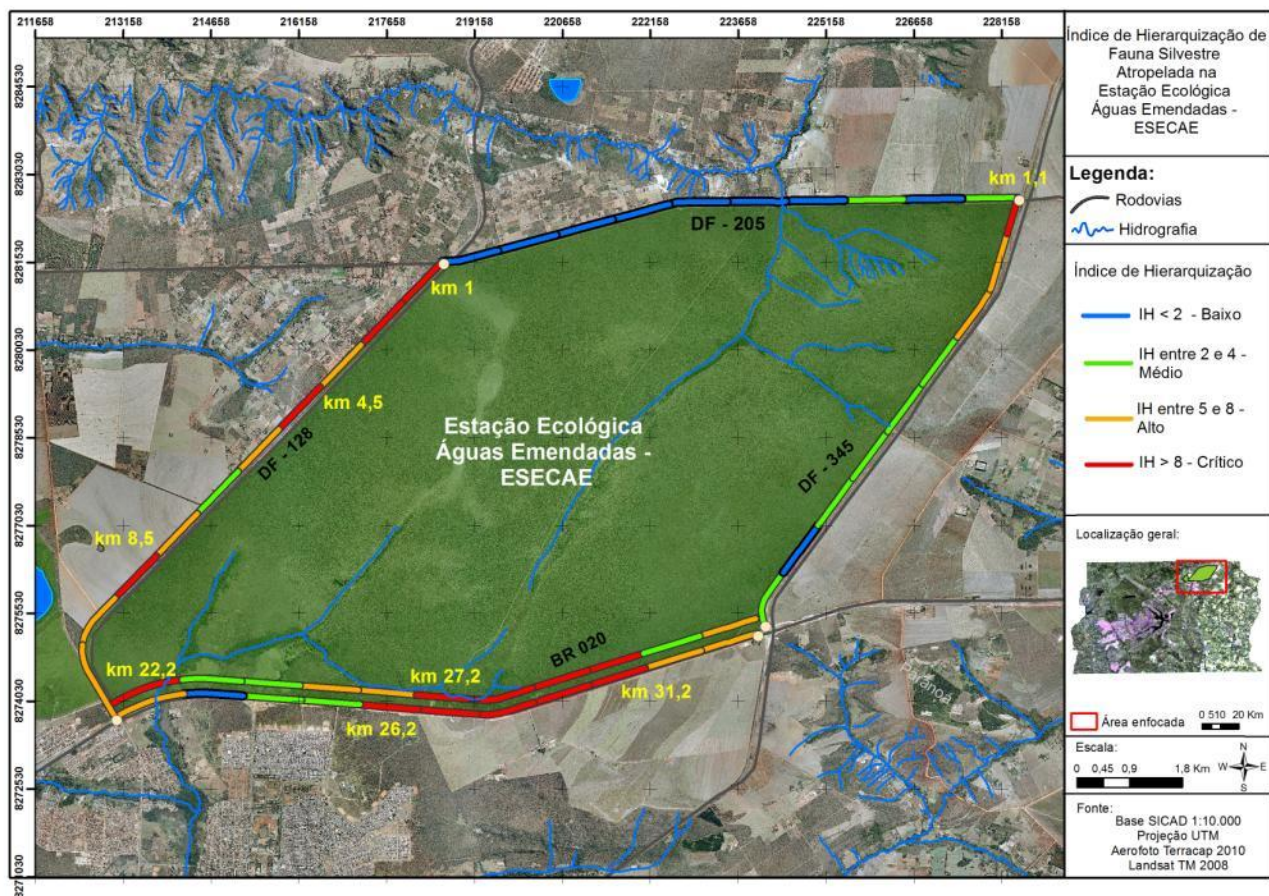


Figura 10. Trechos com a classificação segundo o Índice de Hierarquização

3.2.3 Padrões Espaciais de Atropelamento na ESECAE

A figura 11 ilustra o resultado da análise *K-Ripley* bidimensional para os registros das rodovias no entorno da ESECAE. De acordo com os resultados obtidos, a distribuição de mortalidade mostrou-se agregada a partir de escalas de 100m de raio para todas as análises, com exceção dos mamíferos silvestres terrestres (figura 11C). Para estes a menor escala na qual se verificou agregação de atropelamentos foi com um raio de 500m.

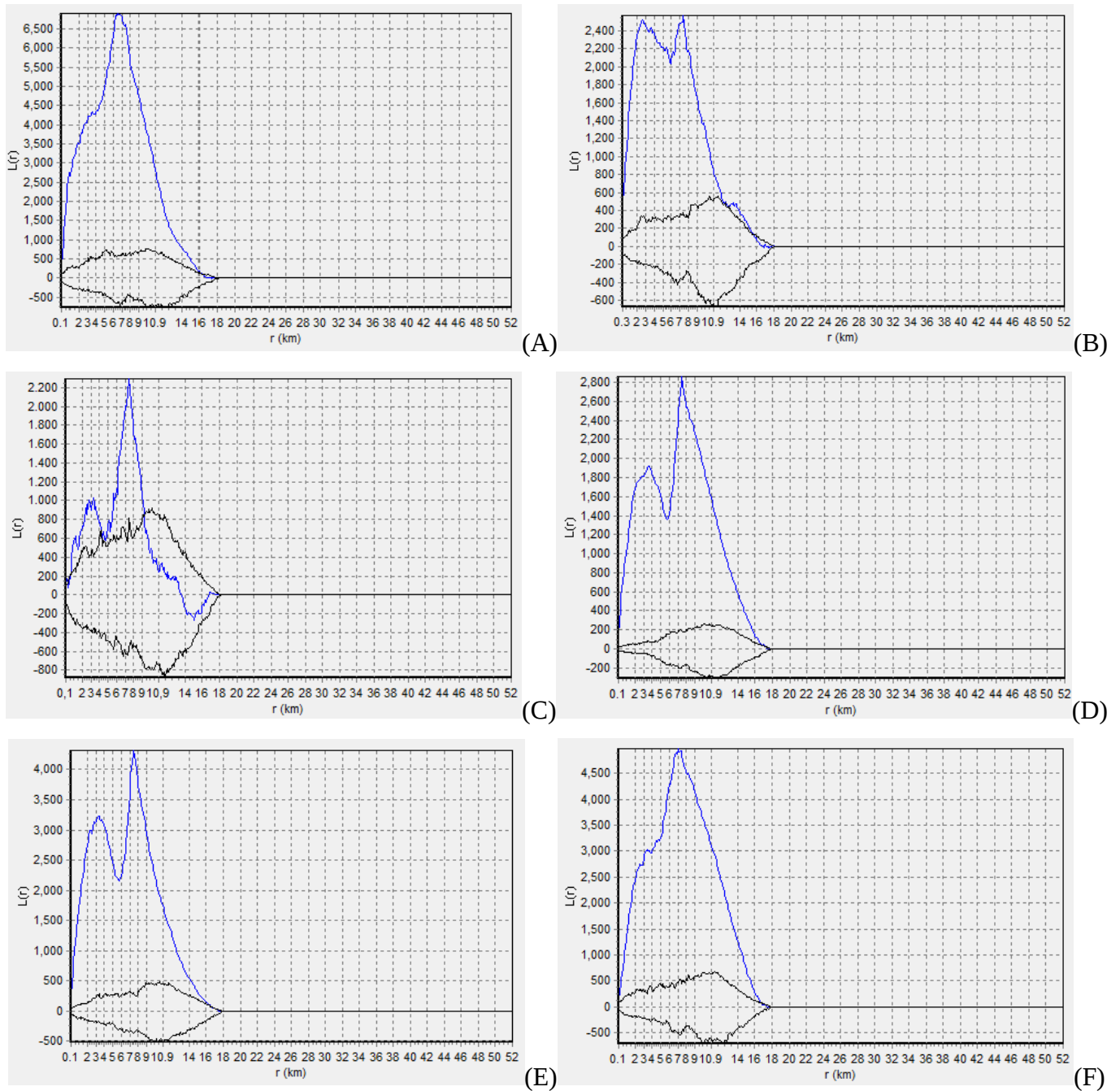
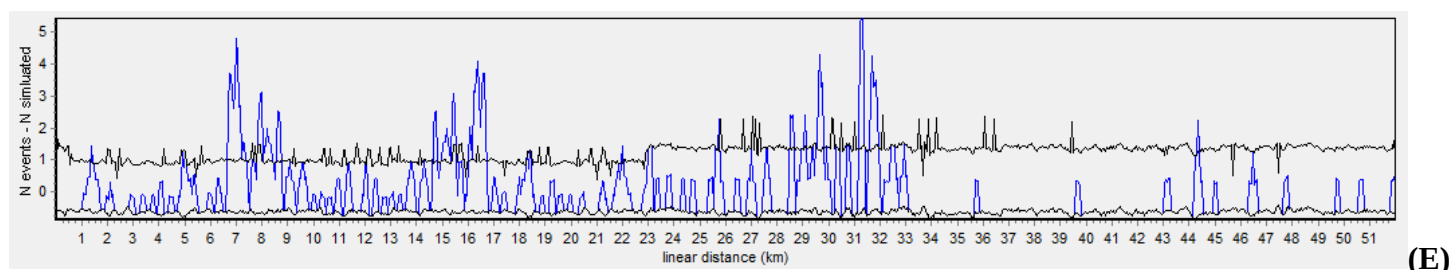
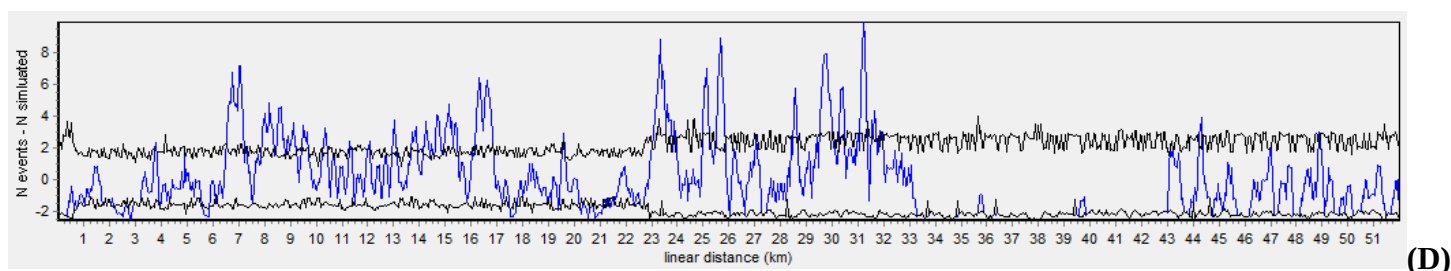
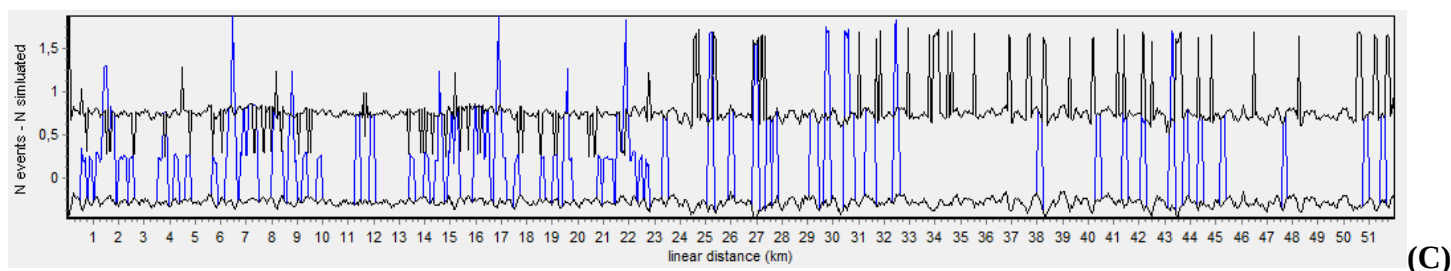
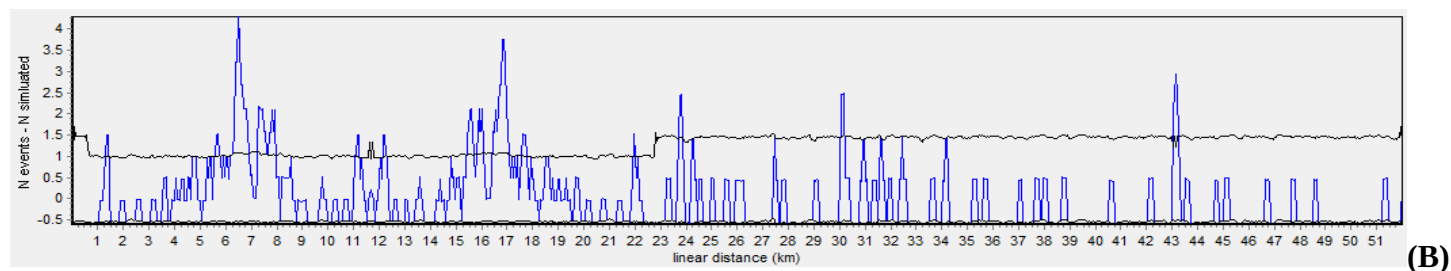
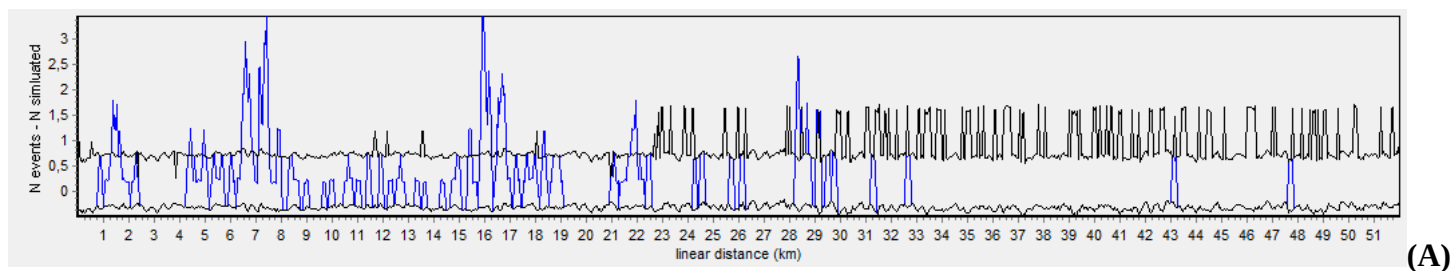


Figura 11. Resultado da estatística *K-Ripley* para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não identificados (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.

Definido que existe agregação significativa de atropelamentos bem como menor escala de ocorrência de agregação, foi realizada a análise de *hotspot*. Para os anfíbios foram observados dez pontos de agregação de mortalidade (*hotspot*).

Os resultados da análise de *hotspot* podem ser visualizados na figura 12 abaixo.



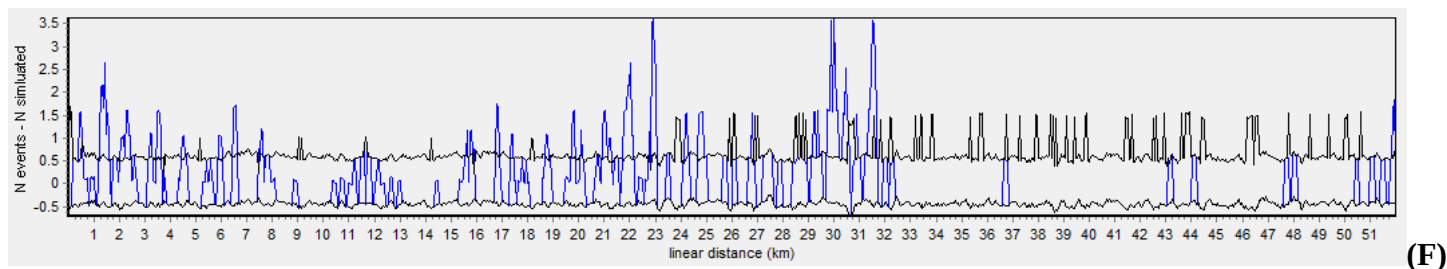


Figura 12. Resultado da análise de *hotspot* das rodovias no entorno da ESECAE: (A) Anfíbios, (B) Répteis, (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras, (E) Aves sem tiziu e sem os passeriformes não identificados, e (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.

As tabelas 15, 16, 17, 18, 19 e 20 apresentam os *hotspots* identificados para cada grupo analisado na ESECAE, indicando o quilômetro da rodovia e a coordenada geográfica da extremidade convencionada como de início do *hotspot*, além da extensão e sentido dos mesmos.

Na tabela 15 é possível observar os pontos dos *hotspot* de anfíbios. Foram encontrados 11 *hotspots*, sendo os *hotspots* 3 e 6 os mais extensos.

Tabela 15. *Hotspot* de anfíbios.

<i>Hotspot</i>	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do <i>hotspot</i> (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	22.9	0.157	213787	8274064
2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	27.7	0.367	218823	8273797
3	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	28.3	0.419	219450	8273764
4	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29.1	0.105	220204	8273980
5	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29.2	0.105	220288	8274055
6	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28.7	0.419	219838	8273915
7	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28	0.314	219170	8273819
8	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	23	0.157	213916	8274128

9	DF 128	1.2	0.105	212485	8275083
10	DF 128	5.2	0.157	215197	8278041
11	DF 128	6	0.105	215740	8278593

Na tabela 16 é possível observar os pontos dos *hotspot* de répteis. Foram encontrados 10 *hotspots*, sendo o *hotspot* 1 o mais extenso.

Tabela 16. *Hotspot* de répteis.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	27.6	0.367	218666	8273811
2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	28.4	0.262	219655	8273806
3	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29.5	0.105	220055	8273932
4	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29.7	0.210	220238	8274039
5	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28.8	0.262	219888	8273930
6	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28.2	0.105	219222	8273815
7	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28	0.314	219013	8273833
8	DF 128	1.1	0.157	212522	8274633
9	DF 128	6.7	0.105	216433	8279308
10	DF 345	62.5	0.105	228380	8282598

Na tabela 17 é possível observar os pontos dos *hotspot* de mamíferos silvestres terrestres. Foram encontrados 8 *hotspots*, sendo os *hotspots* 1 e 2 os mais extensos.

Tabela 17. *Hotspot* de mamíferos silvestres terrestres.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	22,7	0.943	213488	8273969
2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	27,6	0.943	218770	8273802

3	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29,5	0.314	220600	8274117
4	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29,8	0.314	220888	8274243
5	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28,6	0.838	219687	8273868
6	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	23,6	0.891	214436	8274185
7	DF 128	6,3	0.105	216068	8278932
8	DF 128	6,9	0.262	216433	8279308

Para aves silvestres voadoras (tabela 18) foram observados 17 *hotspots*, sendo o *hotspot* 2 o mais extenso.

Tabela 18. *Hotspot* de aves silvestres voadoras.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	27,8	0.576	218927	8273789
2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29	1.362	220204	8273980
3	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	30,4	0.210	221650	8274447
4	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	31,2	0.157	222450	8274696
5	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	31,4	0.157	222589	8274772
6	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	30,7	0.157	221838	8274538
7	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	30,3	0.786	221488	8274429
8	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	29,5	0.472	220638	8274165
9	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28,5	0.576	219535	8273830
10	DF 128	0,3	0.838	212859	8274042
11	DF 128	1,8	0.210	212935	8275710
12	DF 128	2,4	0.262	213301	8276085
13	DF 128	5,3	0.105	215383	8278226
14	DF 128	6,3	0.419	216068	8278932

15	DF 128	7	0.105	216615	8279497
16	DF 128	7,7	0.210	217200	8280097
17	DF 128	8,2	0.157	217491	8280399

Desconsiderando a ocorrência dos indivíduos da espécie *Volatina jacarina* (Tiziu) e os passeriformes não identificados na análise, ocorreram 12 *hotspots* (tabela 19), sendo os *hotspots* 1 e 6 os mais extensos.

Tabela 19. *Hotspot* de aves silvestres voadores sem tiziu e aves não identificadas.

<i>Hotspot</i>	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	28	0.681	219032	8273781
2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29	0.157	220154	8273964
3	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29,6	0.157	220849	8274198
4	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	29,7	0.105	220988	8274274
5	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	29,1	0.157	220338	8274071
6	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	28,6	0.681	219687	8273868
7	DF 128	5,3	0.105	215383	8278226
8	DF 128	6,4	0.157	216141	8279007
9	DF 128	7	0.105	216615	8279497
10	DF 128	8	0.105	217273	8280172
11	DF 128	8,4	0.314	217565	8280473

Considerando os mamíferos domésticos, foram observados 4 pontos de agregação (tabela 20), sendo o *hotspot* 4 o mais extenso.

Tabela 20. *Hotspot* de mamíferos domésticos.

<i>Hotspot</i>	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	6.5	2.410	212614	8273494

2	BR 020 (Sentido Brasília-Formosa)	24	0.105	214907	8274165
3	BR 020 (Sentido Formosa-Brasília)	23.9	2.201	214698	8274181
4	DF 128	22.2	2.515	216032	8278894

Para melhor visualização dos resultados obtidos pela análise os *hotspots* das classes analisadas para o PNB, os dados das tabelas foram plotados em uma aerofoto conforme se pode observar nas figuras (13, 14, 15, 16, 17 e 18) abaixo.

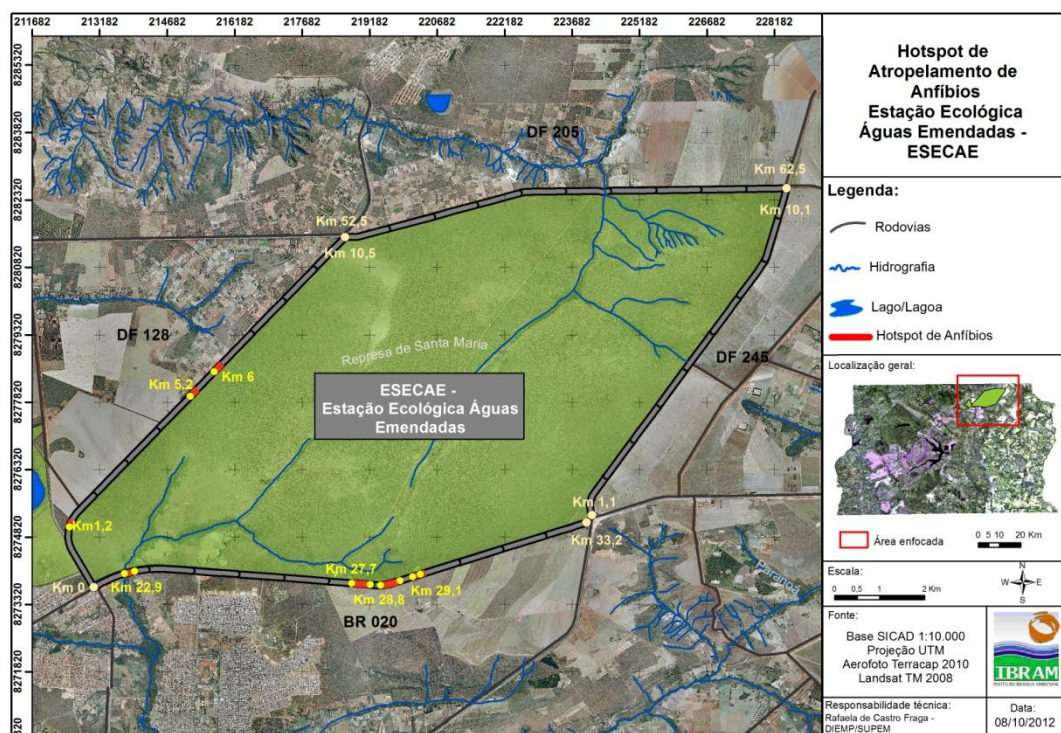


Figura 13. *Hotspot* de anfíbios na ESECAE.

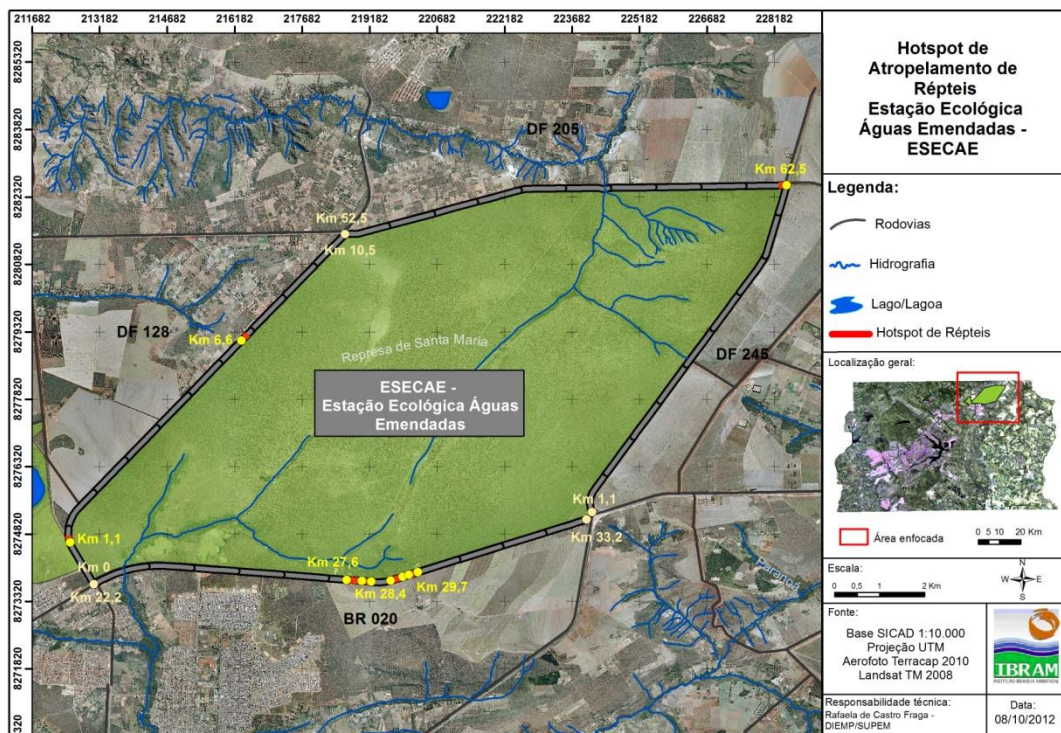


Figura 14. *Hotspot* de répteis na ESECAE.

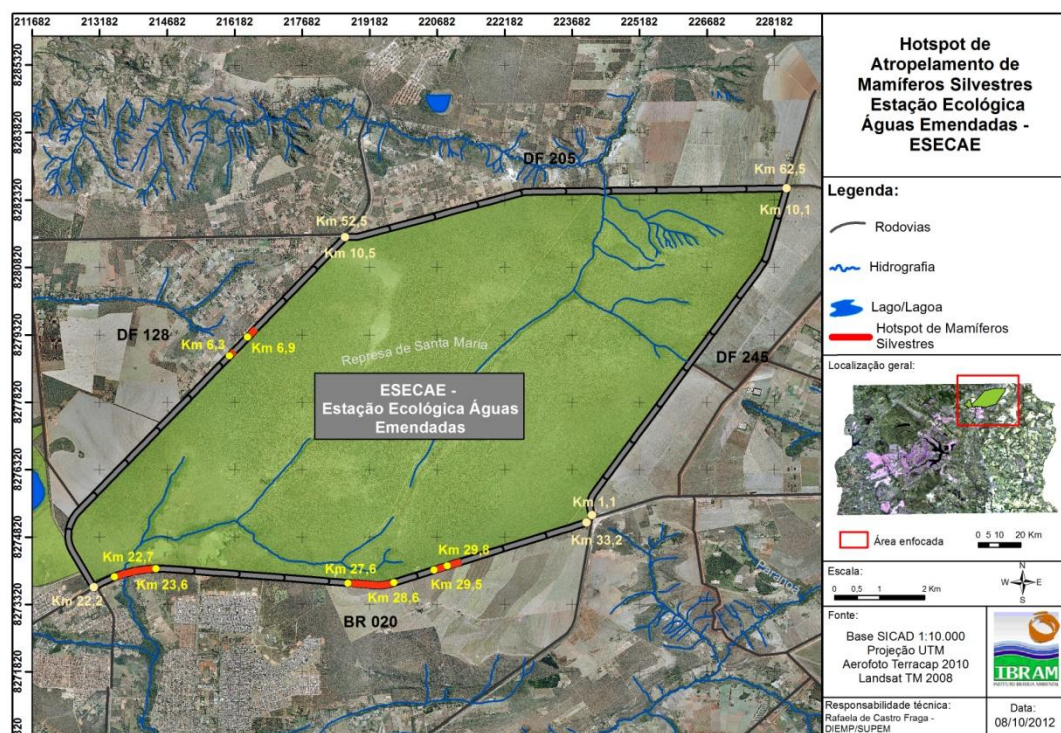


Figura 15. *Hotspot* de mamíferos silvestres terrestres na ESECAE.

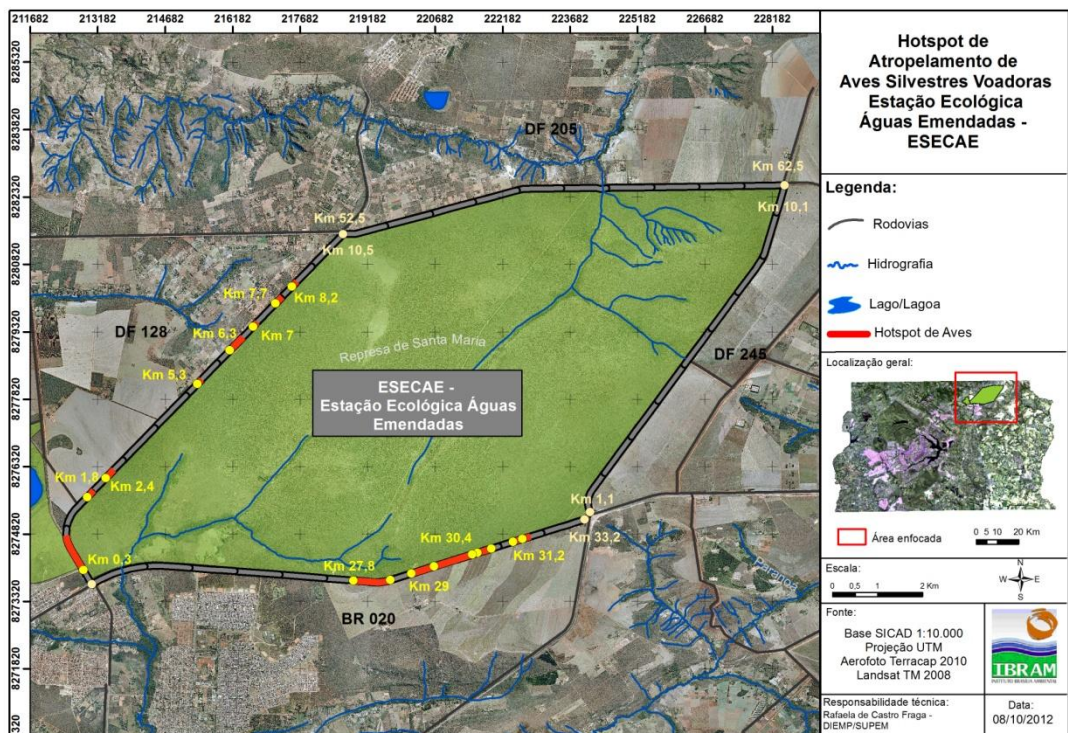


Figura 16. *Hotspot* de aves silvestres voadoras na ESECAE.

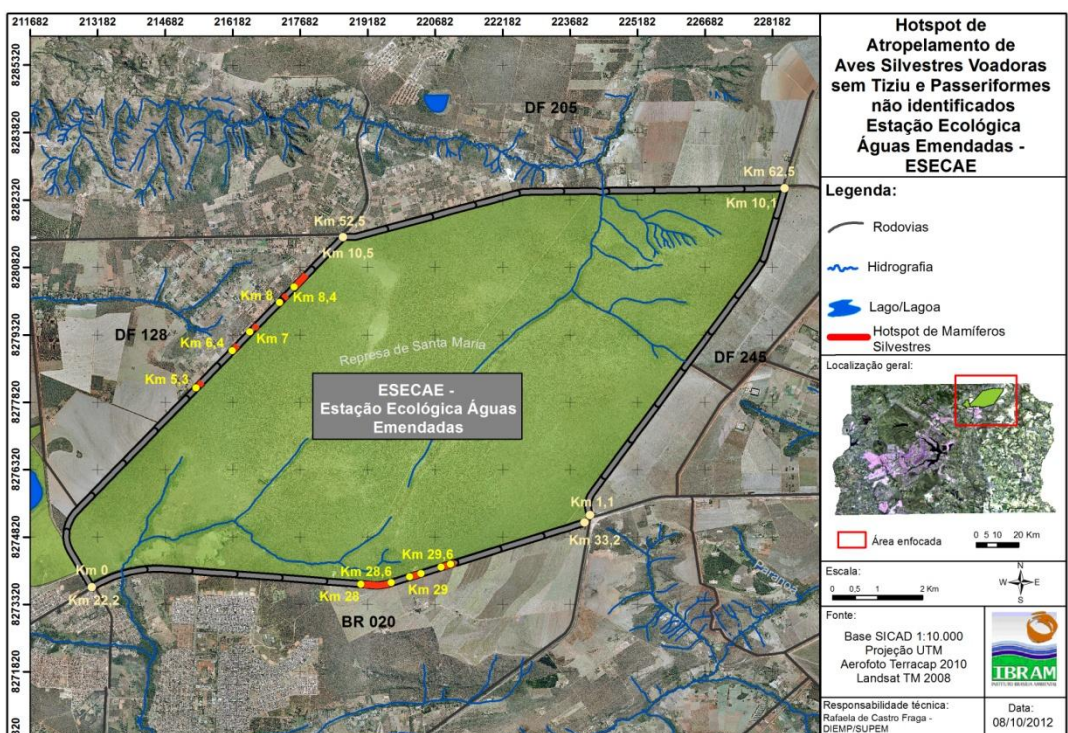


Figura 17. *Hotspot* de aves silvestres voadoras sem tizi e passeriformes não identificados na ESECAE.

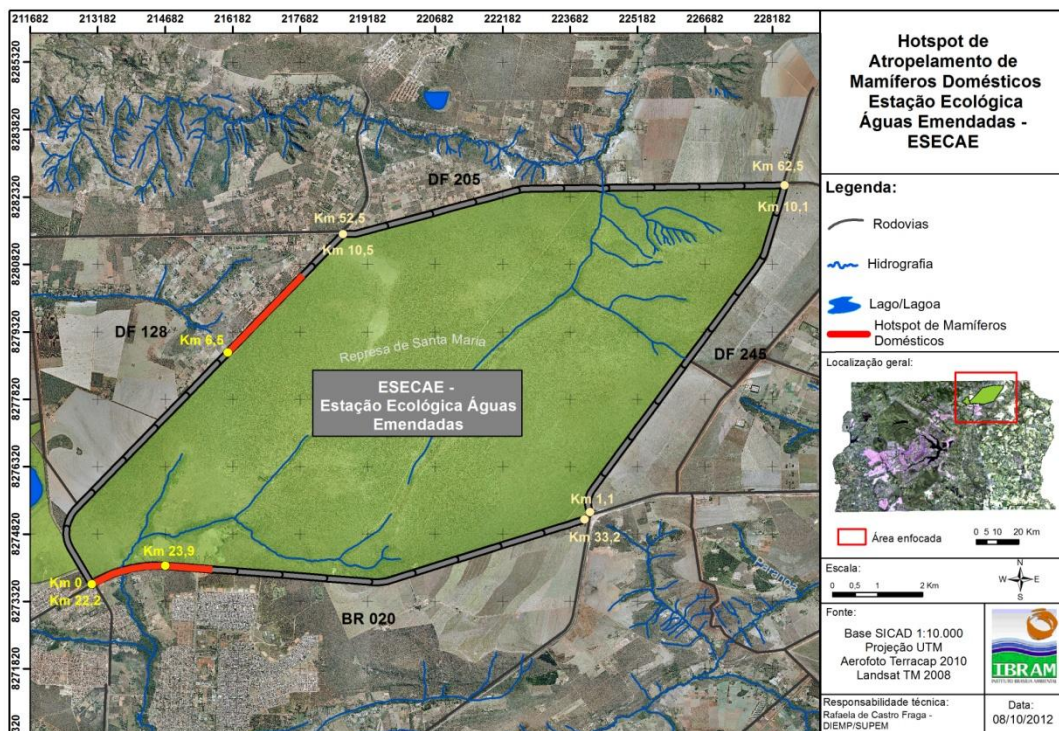


Figura 18. *Hotspot* de mamíferos domésticos na ESECAE.

3.3 Resultados PNB

Entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, o Projeto Rodofauna percorreu 9.700 quilômetros no PNB e registrou 652 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 544 (83,4%) eram silvestres e 108 (16,6%) eram domésticos.

Durante as campanhas do RODOFAUNA foram identificadas carcaças de 71 espécies (63 silvestres e 8 domésticas), 32 famílias e 19 ordens de 4 classes de vertebrados.

Dentre as classes de animais silvestres, as aves foram as que tiveram maior número de atropelamentos, com 434 registros (79,8%), distribuídos em 39 espécies; seguido de répteis, com 79 (14,5%) indivíduos em 14 espécies; mamíferos com 19 (3,5%) em 8 espécies; e anfíbios com 12 (2,2%) em 2 espécies.

As espécies de animais silvestres que apresentaram maior número de indivíduos atropelados podem ser observadas na tabela 21. Juntas, estas dez espécies representam 39,2% dos indivíduos de espécies silvestres encontrados durante as campanhas do RODOFAUNA, sendo que somente as ocorrências do Tiziu equivalem a 53,7% do total. Ressalta-se que estes valores são referentes aos indivíduos que puderam ser identificados, pois dentre todos os animais atropelados, 147 (27,02%) deles – 129 aves, 15 répteis e 3 mamíferos – não puderam ser identificados devido às condições em que suas carcaças foram encontradas.

Tabela 21. As 10 espécies mais registradas no trajeto no entorno do PNB.

Espécie	Nome Popular	Total
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	213
<i>Philodryas nattereri</i>	Cobra cipó	17
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja buraqueira	16
<i>Caudisona durissa</i>	Cascavel	15
<i>Rhinella marina</i>	Sapo	11
<i>Guira guira</i>	Anu branco	8
<i>Oxyrhopus guibei</i>	Coral falsa	7
<i>Cerdocyon thous</i>	Cachorro do mato	6
<i>Colibri serrirostris</i>	Beija-flor	6
<i>Crotophaga ani</i>	Anu preto	5

Considerando-se somente os animais silvestres, a família Emberizidae, da ordem dos passeriformes, foi a que apresentou maior número de espécies (6) e de indivíduos (223), devido à grande ocorrência do Tiziu (*Volatinia jacarina*). Outras famílias de ocorrência significativa foram: Dipsadidae (família da cobra-cipó e das falsas corais), com 05 espécies e 36 indivíduos; Strigidae (família das corujas) com 4 espécies e 24 indivíduos; Viperidae (família da cascavel) com 2 espécies e 17 ocorrências; e Cuculidae (família do anu-preto e do anu-branco) com 2 espécies e 13 ocorrências. Estas 05 famílias representam 41% dos indivíduos cujas famílias foram identificadas.

Foi registrado apenas um indivíduo de uma espécie (lobo-guará) que consta na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção.

Dos animais domésticos, os cães e gatos foram às espécies mais frequentemente vitimadas (ambas com 45 registros), perfazendo juntas 83,3% dos animais domésticos e 13,8% do total de registros do estudo.

3.3.1 Variação Sazonal

A taxa de atropelamento dos dois anos de amostragem foi de 0,06 N/km/dia, como o trecho monitorado no PNB tem 50 km, essa taxa significa que morrem em média 3 animais por dia no trajeto monitorado.

A análise realizada permitiu encontrar alguns padrões de atropelamento ao longo do ano entre os grupos, sendo possível verificar uma variação sazonal nos eventos registrados no trajeto PNB. A tabela 22 mostra a taxa de atropelamento média por estação para o trajeto PNB.

Tabela 22. Taxas de atropelamento média por estação do PNB (N/km/dia).

Grupo	Taxa de atropelamento (N/km/dia)			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mamíferos	0,009	0,007	0,014	0,009
Aves	0,017	0,009	0,040	0,091
Répteis	0,012	0,003	0,006	0,006
Anfíbios	0,000	0,000	0,003	0,002
TOTAL	0,038	0,019	0,062	0,108

Observam-se maiores taxas de atropelamento no verão (0,108N/km/dia) e na primavera (0,062N/km/dia), considerando todas as classes. O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa entre as estações ($p=0,0005$). E o teste de *Dunn*, a *posteriori*, comparando as estações aos pares, mostrou que há diferença significativa ($p<0,05$) entre: inverno e verão.

Ao se analisar se a variação sazonal implica em alteração nas taxas de atropelamento por grupo, foi observado que para aves houve diferença significativa de atropelamento entre o outono e verão ($p<0,05$) e entre o verão e o inverno ($p<0,05$).

Tanto para a classe dos répteis, como dos anfíbios e dos mamíferos, não foi encontrada diferença entre as estações ($p=0,057$; 0,19 e 0,07, respectivamente), demonstrando que para estas classes, no PNB, os atropelamentos ocorrem de forma regular ao longo do ano.

3.3.2 Índice de Hierarquização do PNB

A partir do IH identificou-se seis trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento, com valores que variaram entre 9 e 12. A tabela 23 apresenta os trechos da rodovia onde se localizam e as quilometragens iniciais e finais.

Tabela 23. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento na DF 001 no entorno do PNB.

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	120.9	119.9
2	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	118.9	117.9
3	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	93.9	92.9
4	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	89.9	88.9
5	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	88.9	87.9
6	DF-001 (sentido Colorado-Estrutural)	85.9	84.9

A análise também revelou 26 trechos considerados de magnitude alta com IH entre 5 e 8. A figura 19 ilustra os trechos definidos como prioritários pelo Índice de Hierarquização.

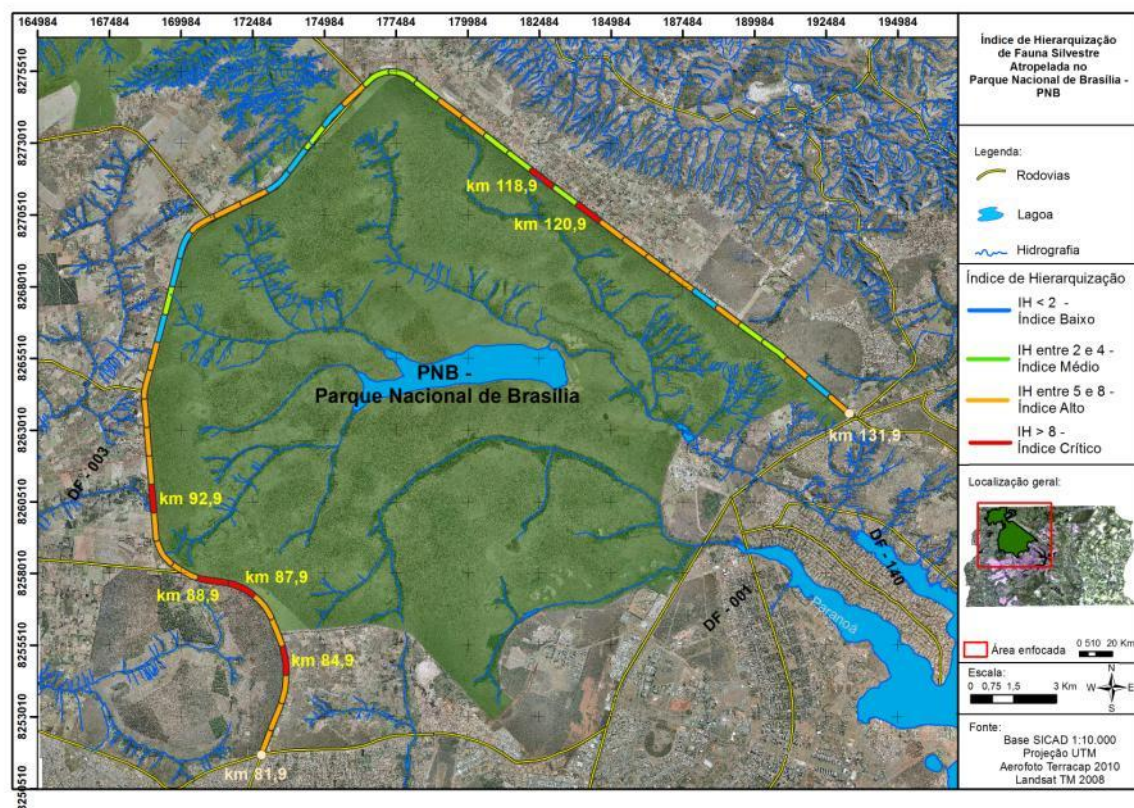


Figura 19. Mapa com demonstração do Índice de Hierarquização no trecho da DF 001 no entorno do PNB.

3.3.3 Padrões Espaciais de Atropelamento no PNB

De acordo com os resultados obtidos, a distribuição de mortalidade mostrou-se sem agregações significativas para anfíbios (figura 20A) e répteis (figura 20B). Para mamíferos silvestres terrestres (figura 20C) somente em escalas de 2 a 13 km de raio ocorreram agregações. Para os demais, a distribuição mostrou-se agregada a partir de escalas de 100m de raio.

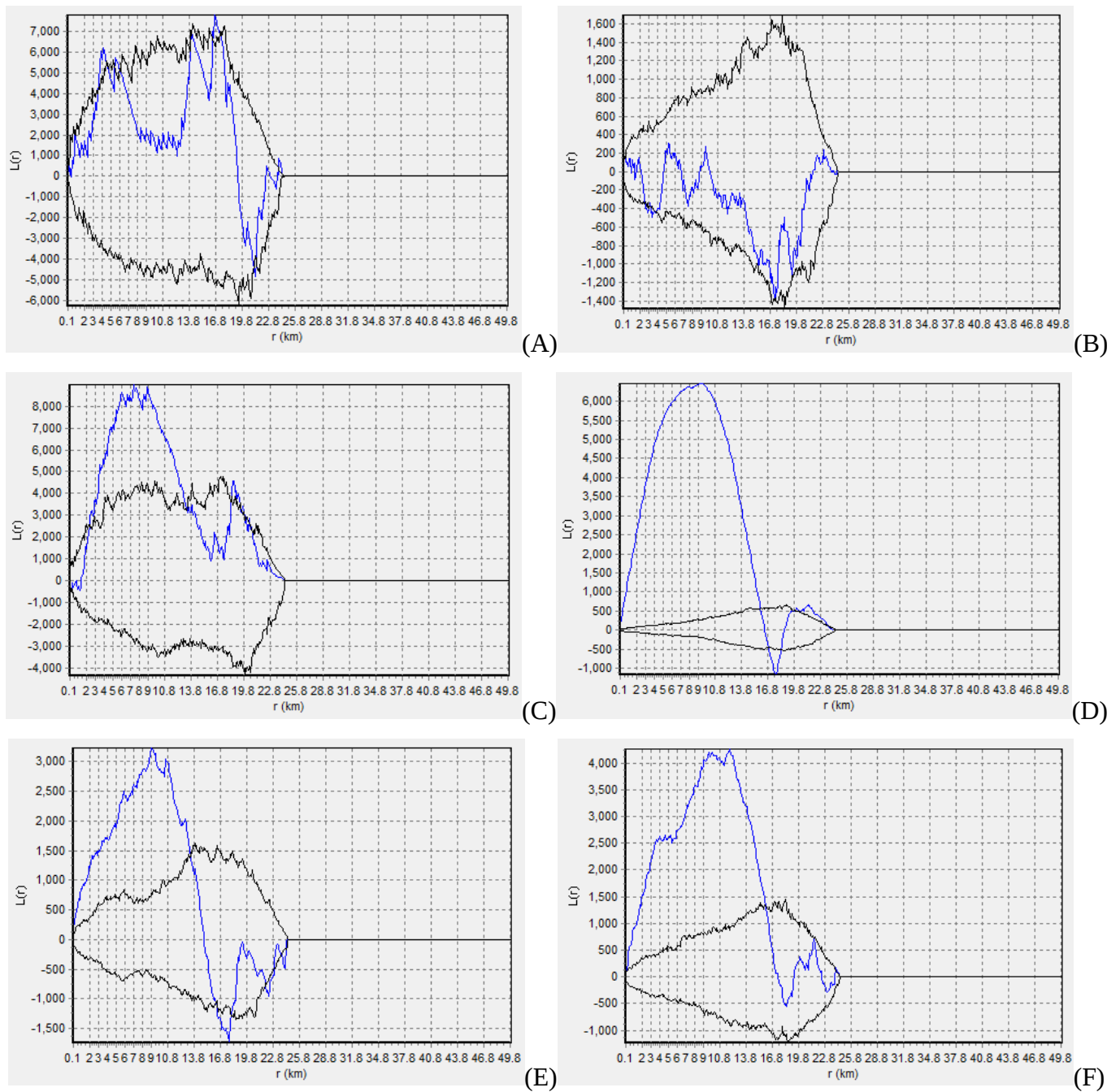


Figura 20. Resultado da estatística *K-Ripley* para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não identificados (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.

Definido que existe agregação significativa de atropelamentos, bem como menor escala de ocorrência de agregação, foi realizada a análise de *hotspot* para os seguintes grupos: mamíferos terrestres silvestres, aves voadoras, aves sem tiziu e sem os passeriformes não

identificados e mamíferos domésticos. Os resultados da análise de *hotspot* podem ser visualizados na figura 21 abaixo.

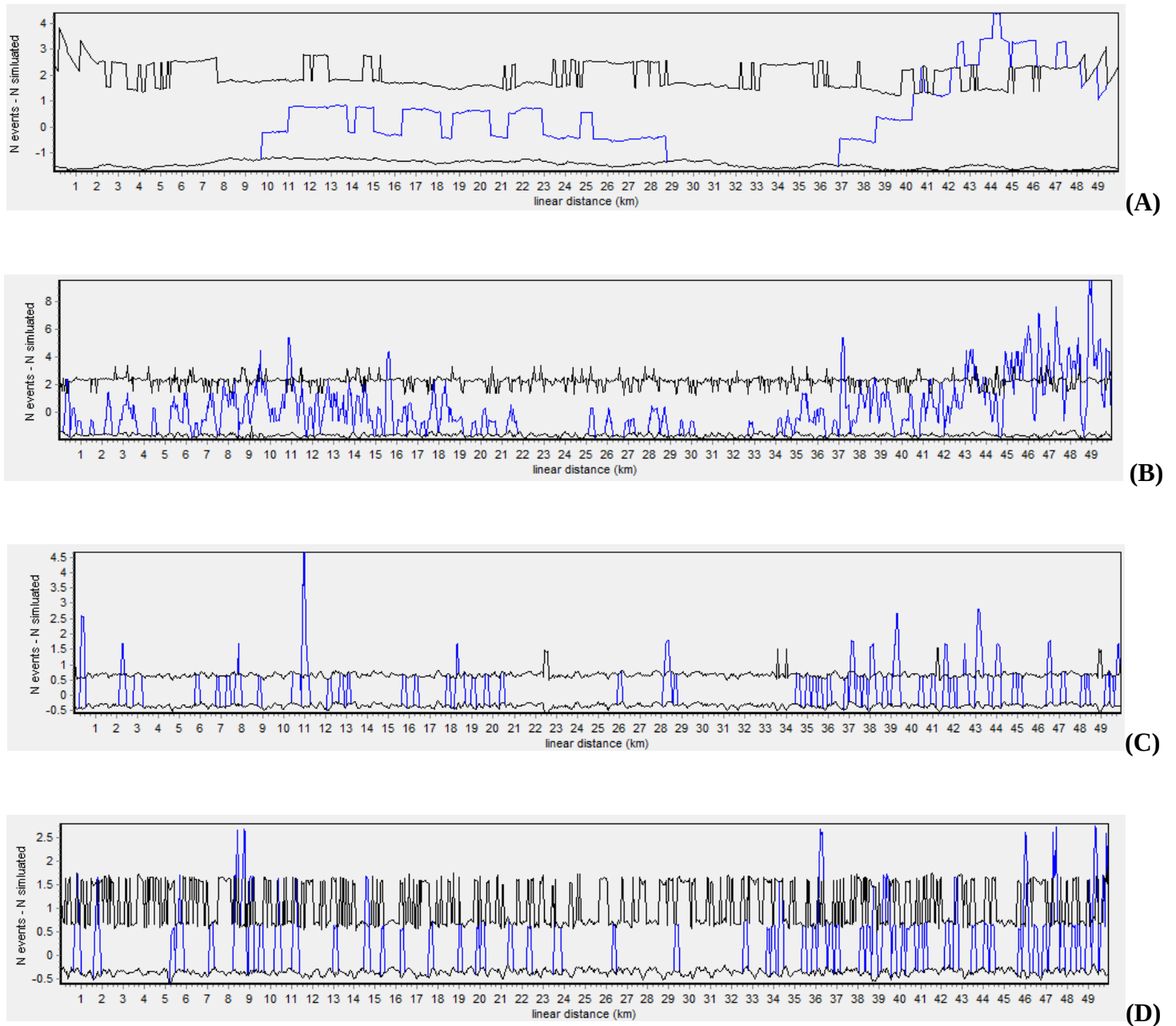


Figura 21. Resultado da análise de *hotspot* na DF-001 no entorno do PNB: (A) Mamíferos Terrestres (B) Aves Voadoras, (C) Aves sem tiziu e sem os passeriformes não identificados, e (D) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.

As tabelas 24, 25, 26 e 27 apresentam os *hotspots* identificados (obtidos a partir dos gráficos da figura 21) para cada grupo analisado no PNB, indicando o quilômetro da rodovia, a coordenada geográfica da extremidade convencionada como de início do *hotspot*, além da extensão e sentido dos mesmos.

Na tabela 24 é possível observar os pontos do *hotspot* de mamíferos silvestres. Foram encontrados 4 *hotspots*, sendo o *hotspot* 1 o mais extenso.

Tabela 24. *Hotspots* de atropelamento de mamíferos silvestres terrestres no PNB.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenadas	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	89.7	0.400	170696	8257825
2	DF - 001 (Sentido Estrutural-Colorado)	88.2	0.250	172147	8257488
3	DF - 001 (Sentido Estrutural-Colorado)	87.7	0.150	172562	8257212
4	DF - 001 (Sentido Estrutural-Colorado)	83.7	0.350	173429	8253383

Para aves silvestres voadoras (tabela 25) foram observados 13 *hotspots*, sendo o *hotspot* 12 o mais extenso.

Tabela 25. *Hotspots* de atropelamento de aves silvestres voadoras no PNB.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenadas	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	122.4	0.150	185922	8269332
2	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	121	0.150	184755	8270190
3	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	116.2	0.150	180992	8273002
4	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	88.9	0.350	171388	8257723
5	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	87.22	0.150	172870	8256886
6	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	86.9	0.200	173108	8256505
7	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	86.3	0.350	173285	8256092

8	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	85.8	0.250	173499	8255532
9	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	84.8	0.350	173641	8254706
10	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	84.3	0.350	173615	8254108
11	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	84.3	0.150	173525	8253667
12	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	83.3	0.600	173338	8253150
13	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	82.4	0.150	173016	8252364

Desconsiderando a ocorrência dos indivíduos da espécie *Volatina jacarina* (Tiziu) e os passeriformes não identificados na análise, ocorreram cinco *hotspots* (tabela 26), sendo o *hotspot* 3 o mais extenso.

Tabela 26. *Hotspots* de atropelamento de aves voadoras sem tiziu e passeriformes no PNB.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenadas	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	131.9	0.150	193104	8263759
2	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	121	0.150	184755	8270190
3	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	116.6	0.600	181111	8272912
4	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	88.9	0.250	171338	8257730
5	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	88	0.150	172191	8257464

Considerando os mamíferos domésticos, foram observados 6 pontos de agregação (tabela 27), sendo o *hotspot* 6 o mais extenso.

Tabela 27. *Hotspots* de atropelamento de mamíferos domésticos no PNB.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenadas	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	123.6	0.950	186888	8268620

2	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	96.3	0.900	168738	8263601
3	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	93.3	0.500	168994	8260613
4	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	86.2	0.150	173361	8255907
5	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	85.2	0.800	173627	8254905
6	DF - 001 (Sentido Colorado-Estrutural)	83.400	1.050	173319	8253104

Para melhor visualização dos resultados obtidos pela análise os *hotspots* das classes analisadas para o PNB, os dados foram plotados em uma aerofoto conforme se pode observar nas figuras (22, 23, 24 e 25) abaixo.

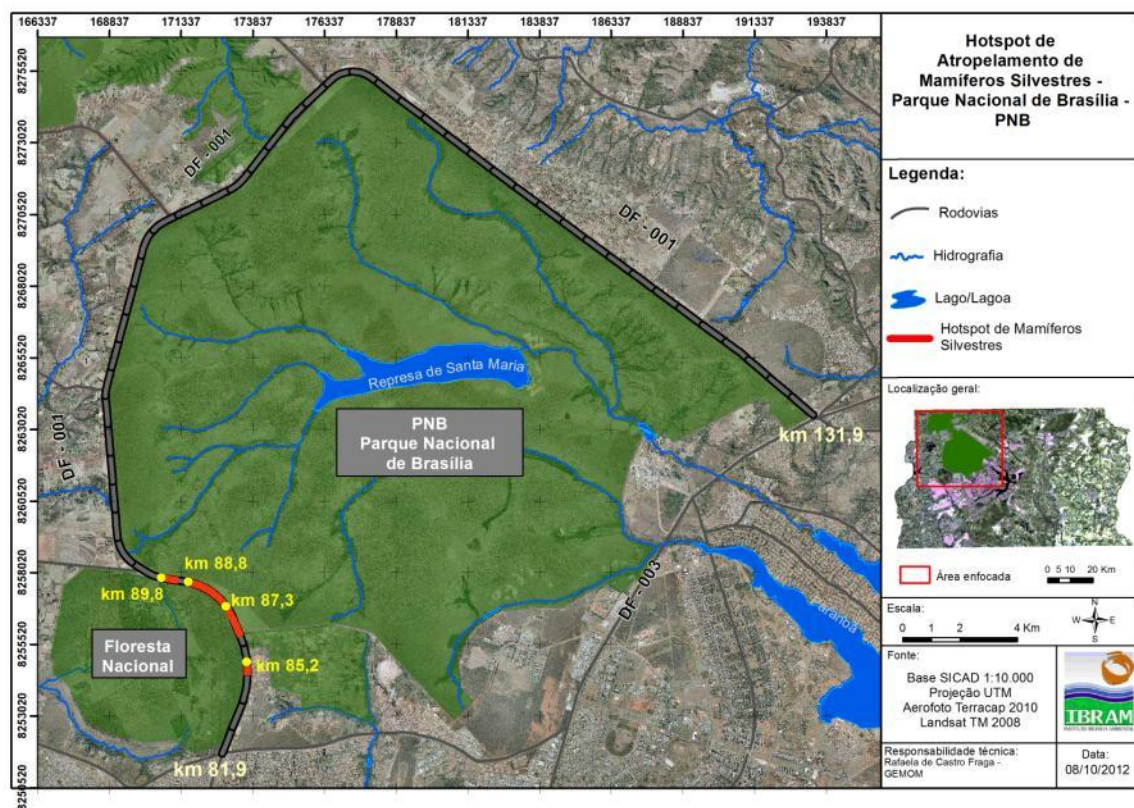


Figura 22. *Hotspots* de mamíferos silvestres no PNB.

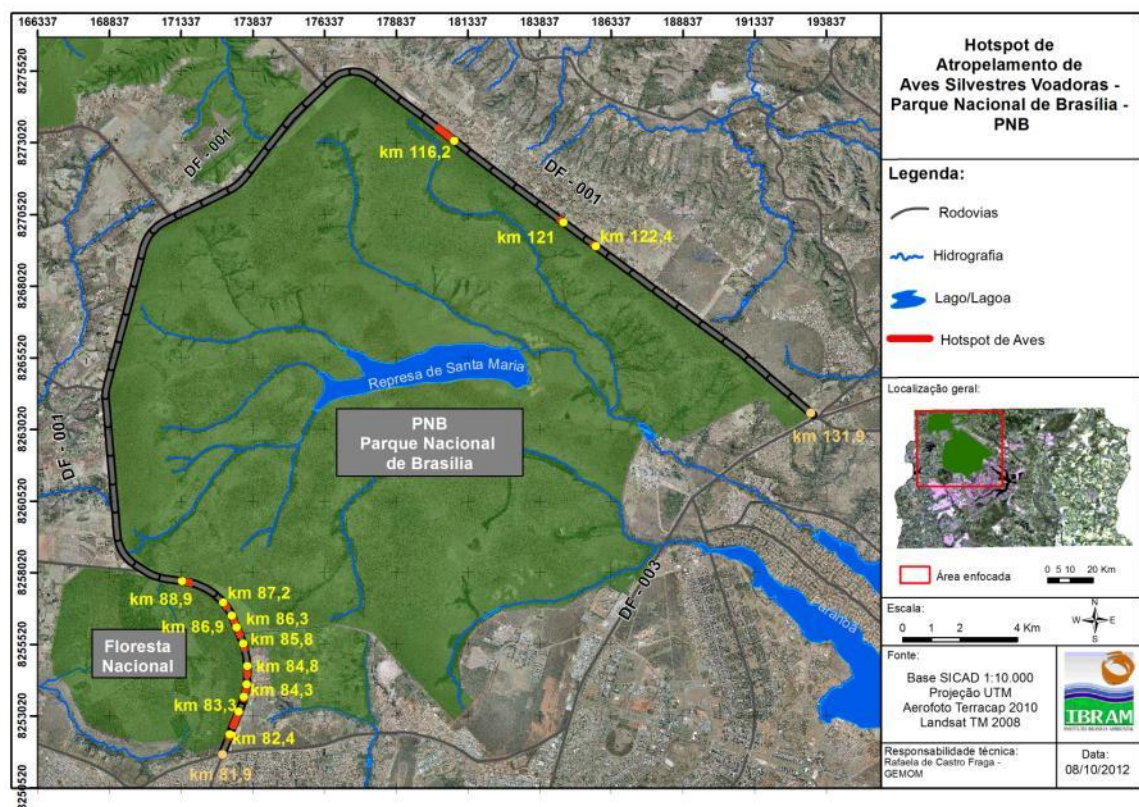


Figura 23. Hotspots de aves silvestres voadoras no PNB.

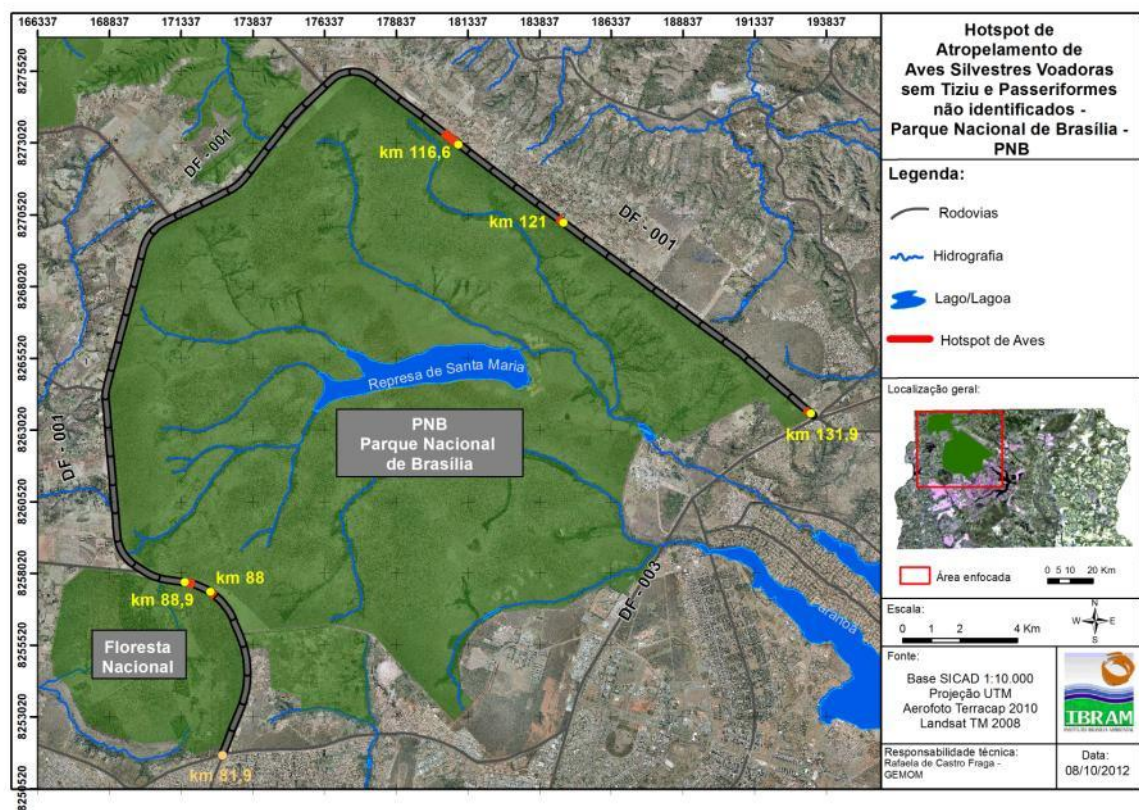


Figura 24. Hotspots de aves silvestres voadoras sem tiziú no PNB.

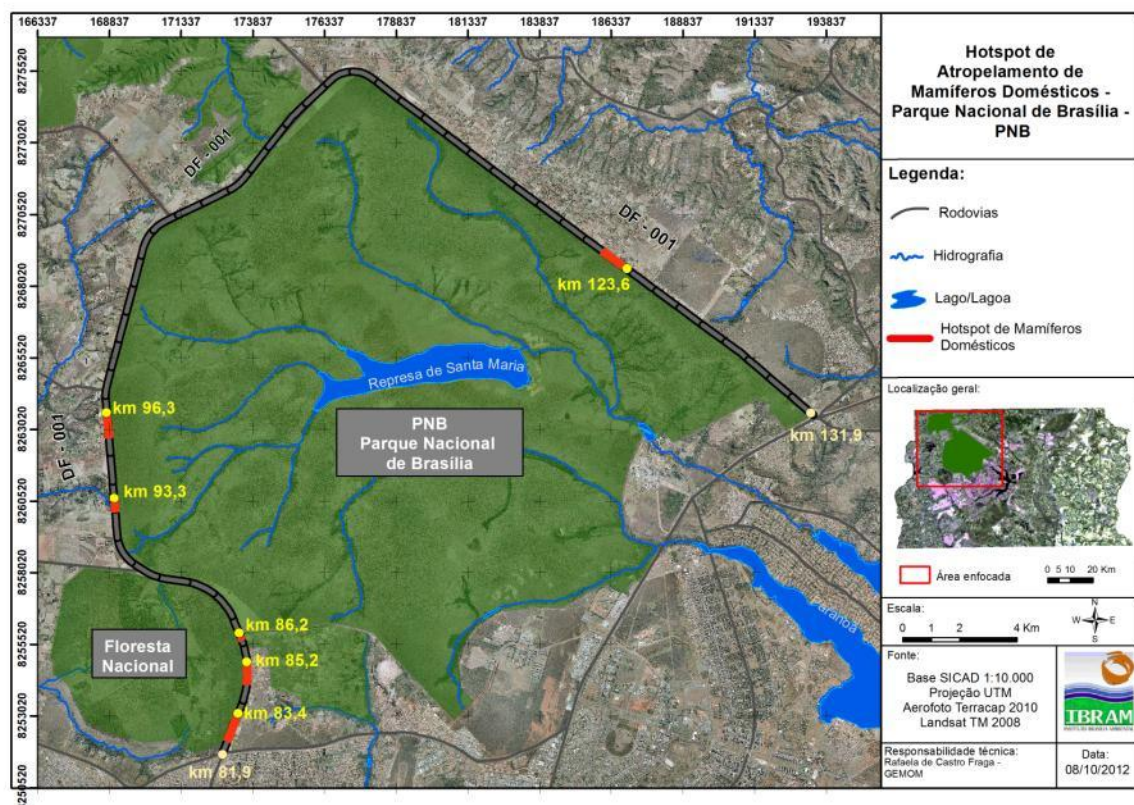


Figura 25. Hotspots de mamíferos domésticos no PNB.

3.4 Resultados JBB-RECOR-FAL

Entre os meses de abril de 2010 a março de 2012, o Projeto Rodofauna percorreu 5.626 quilômetros no complexo JBB-RECOR-FAL e registrou 601 animais (silvestres e domésticos) atropelados. Dos animais encontrados, 547 (91%) eram silvestres e 54 (9%) eram domésticos.

Durante as campanhas do RODOFAUNA foram identificadas carcaças de 78 espécies (72 silvestre e 6 domésticas), 28 famílias e 20 ordens de 4 classes de vertebrados.

Dentre as classes de animais silvestres, as aves foram as que tiveram maior número de atropelamentos, com 388 registros (70,9%), distribuídos em 45 espécies; seguido de répteis, com 65 (11,9%) indivíduos em 16 espécies; mamíferos com 55 (10,1%) em 10 espécies; e anfíbios com 39 (7,1%) e uma espécie.

As espécies de animais silvestres que apresentaram maior número de indivíduos atropelados podem ser observadas na tabela 28. Juntas, estas dez espécies representam 64,3% dos indivíduos de espécies silvestres encontrados durante as campanhas do RODOFAUNA, sendo que somente as ocorrências do Tiziu equivalem a 38,8% do total. Ressalta-se que estes valores são referentes aos indivíduos que puderam ser identificados, pois dentre todos os

animais atropelados, 130 (23,77%) deles – 103 aves, 10 répteis, 12 mamíferos e 5 anfíbios – não puderam ser identificados devido às condições em que suas carcaças foram encontradas.

Tabela 28. As 10 espécies mais registradas no JBB-RECOR-FAL.

Espécie	Nome Popular	Total
<i>Volatinia jacarina</i>	Tiziu	162
<i>Rhinella marina</i>	Sapo	34
<i>Athene cunicularia</i>	Coruja buraqueira	13
<i>Amphisbaena alba</i>	Cobra de duas cabeças	11
<i>Cercopithecus thomasi</i>	Cachorro do mato	11
<i>Oxyrhopus guibei</i>	Coral falsa	9
<i>Crotophaga ani</i>	Anu preto	8
<i>Galictis cuja</i>	Furão	7
<i>Tyrannus savana</i>	Tesourinha	7
<i>Didelphis albiventris</i>	Gambá ou Saruê	6

Considerando-se somente os animais silvestres, a família Emberizidae, da ordem dos passeriformes, foi a que apresentou maior número de espécies (7) e de indivíduos (178), devido à grande ocorrência do Tiziu (*Volatinia jacarina*). Outras famílias de ocorrência significativa foram: Dipsadidae (família da cobra-cipó e das falsas corais), com 5 espécies e 18 indivíduos; Tyrannidae (família da tesourinha) com 2 espécies e 21 indivíduos; Bufonidae (família dos sapos) com uma espécie e 34 ocorrências e Canidae (família do cachorro-do-mato e do lobo-guará) com 3 espécies e 19 ocorrências. Estas 5 famílias representam 65% dos indivíduos cujas famílias foram identificadas.

Foram registrados dois indivíduos da espécie lobos-guarás (*Chrysocyon brachyurus*), que é uma espécie que consta na lista oficial de espécies ameaçadas de extinção.

Dos animais domésticos, os cães e gatos foram às espécies mais frequentemente vitimadas (13 e 28 registros, respectivamente), perfazendo juntas 75,9% dos animais domésticos e 6,8% do total de registros do estudo.

3.4.1 Variação Sazonal

A taxa de atropelamento dos dois anos de amostragem foi de 0,10N/km/dia, como o trecho monitorado no entorno do JBB RECOR e FAL tem 29 km, essa taxa significa que morrem em média 2,9 animais por dia no trajeto monitorado.

A análise realizada permitiu encontrar alguns padrões de atropelamento ao longo do ano entre os grupos, sendo possível verificar uma variação sazonal nos eventos considerando na análise todas as UC amostradas.

A tabela 29 mostra a taxa de atropelamento média por estação considerando todas as UC amostradas.

Tabela 29. Taxas de atropelamento médias por estação da ESECAE (N/km/dia).

Grupo	Taxa de atropelamento			
	Outono	Inverno	Primavera	Verão
Mamíferos	0,014	0,006	0,007	0,012
Aves	0,029	0,017	0,138	0,123
Répteis	0,017	0,002	0,015	0,018
Anfíbios	0,000	0,001	0,023	0,009
Total	0,059	0,026	0,184	0,162

Observam-se maiores taxas de atropelamento na primavera (0,184N/km/dia) e no verão (0,162N/km/dia), considerando todas as classes. O teste de *Kruskal-Wallis* mostrou que há diferença significativa entre as estações ($p=0,0032$). E o teste de *Dunn*, *a posteriori*, comparando as estações em pares, mostrou que há diferença significativa ($p<0,05$) entre: primavera e inverno e inverno e verão.

Ao se analisar se a variação sazonal implica em alteração nas taxas de atropelamento por grupo, foi observado que para aves houve diferença significativa de atropelamento entre a primavera e inverno ($p<0,05$) e entre o verão e o inverno ($p<0,05$).

Para a classe dos répteis foi encontrado diferença entre o verão e o inverno ($p<0,05$). Para os anfíbios foi observado diferença entre a primavera e o outono ($p<0,05$).

Para os mamíferos não foi encontrada diferença entre as estações ($p=0,25$), demonstrando que para esta classe os atropelamentos ocorrem de forma regular ao longo do ano.

3.4.2 Índice de Hierarquização no JBB-RECOR-FAL

A partir do IH identificou-se quatro trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento, com valores que variaram entre 9 e 12. A tabela 30 apresenta os trechos da rodovia onde se localizam e as quilometragens iniciais e finais.

Tabela 30. Trechos prioritários ou pontos críticos de atropelamento na DF 001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.

Trecho	Rodovia	Km Inicial	Km Final
1	DF-001 (sentido FAL-JBB)	50.2	49.2
2	DF-001 (sentido FAL-JBB)	40.2	39.2
3	DF-001 (sentido FAL-JBB)	33.2	32.2
4	DF-001 (sentido FAL-JBB)	30.9	29.9

A análise também revelou 16 trechos considerados de magnitude alta com IH entre 5 e 8. A figura 26 ilustra os trechos definidos como prioritários pelo Índice de Hierarquização.

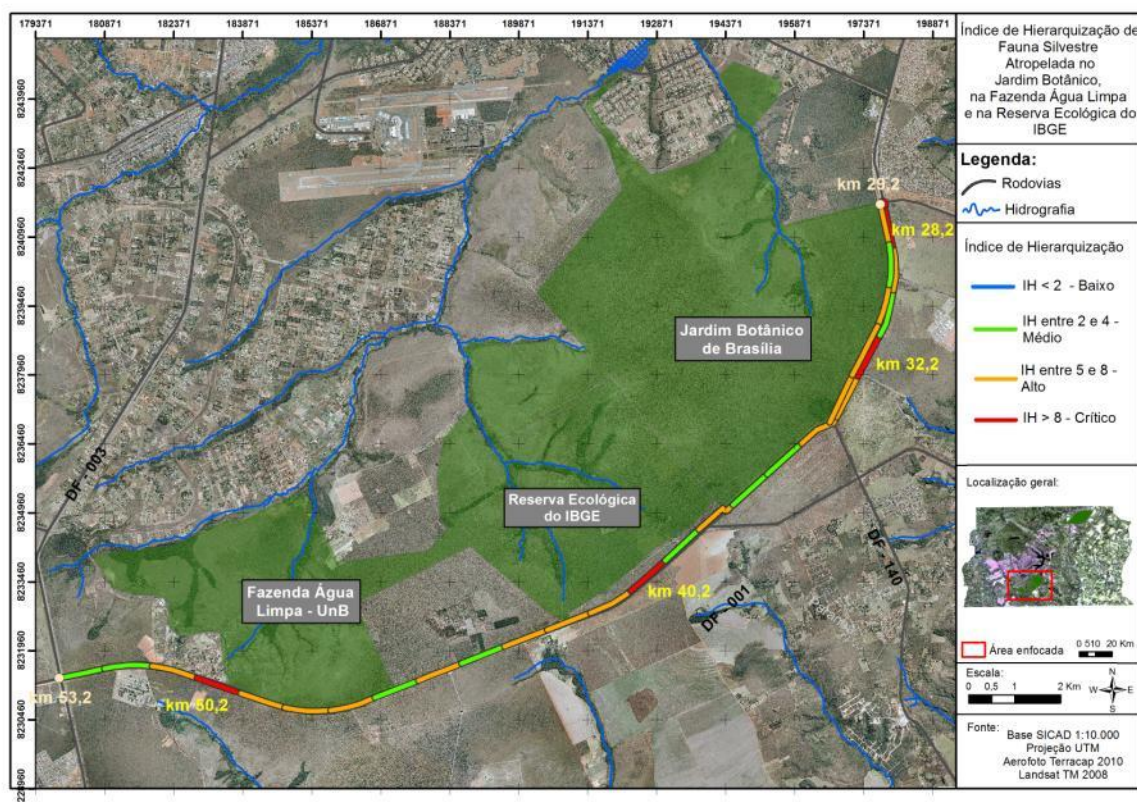


Figura 26. Mapa com demonstração do Índice de Hierarquização no trecho da DF 001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.

3.4.3 Padrões Espaciais de Atropelamento no JBB-RECOR-FAL

A figura 27 ilustra o resultado da análise *K-Ripley* bidimensional para os registros de atropelamento nas rodovias no entorno do JBB-RECOR-FAL.

De acordo com os resultados obtidos, a distribuição de mortalidade mostrou-se agregada a partir de escalas de 100m de raio para répteis, aves e mamíferos domésticos. Na

análise dos mamíferos silvestres terrestres e aves sem tiziu e passeriformes não identificados não foi encontrado agregação para nenhum tamanho de raio.

No caso do grupo de anfíbios houve agregação para raios de 11 a 20 quilômetros, gerando assim *hotspots* de uma extensão muito grande que não permitiriam direcionar os esforços de mitigação para regiões pontuais.

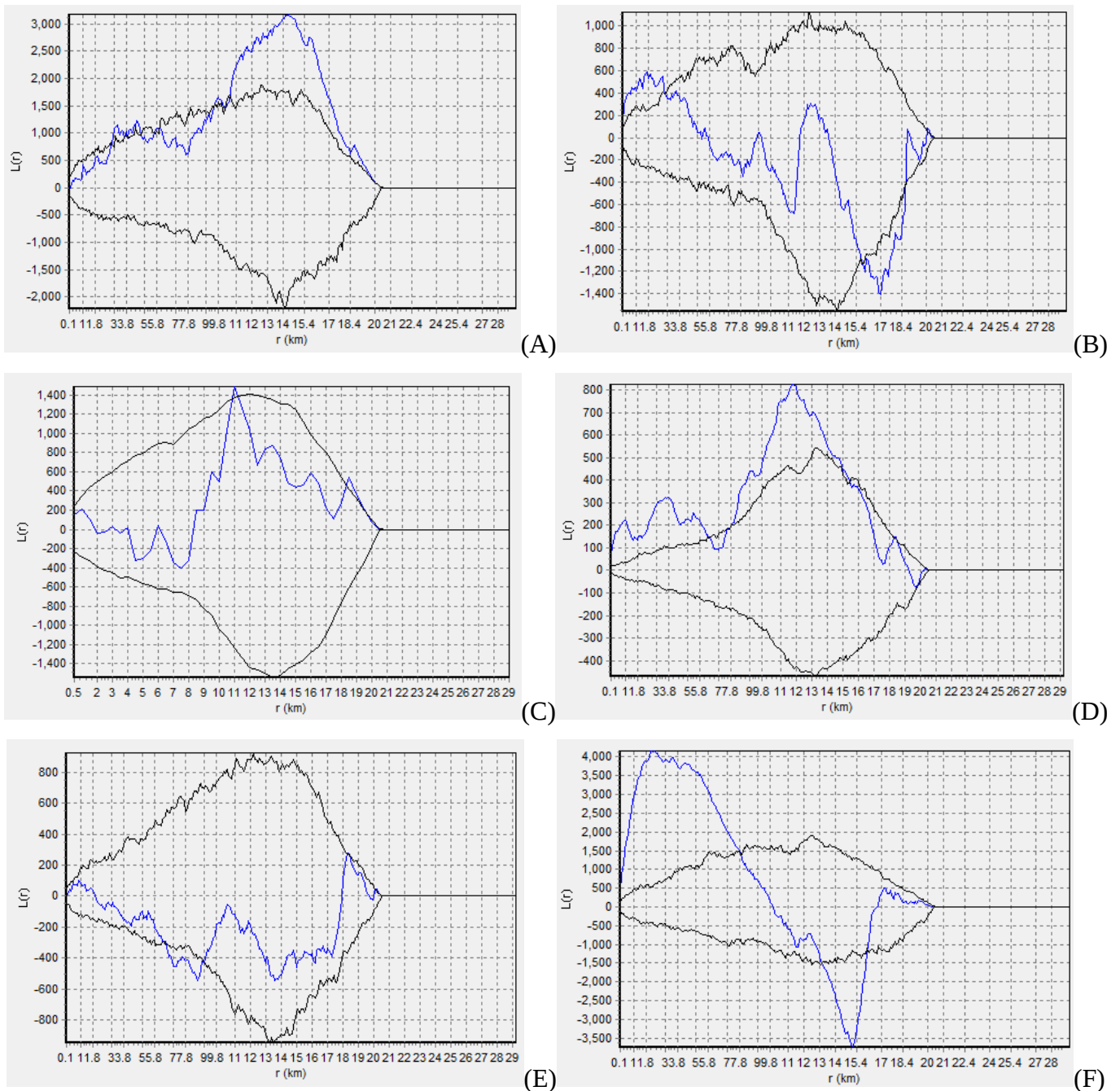


Figura 27. Resultado da estatística *K-Ripley* para (A) Anfíbios (B) Répteis (C) Mamíferos Silvestres Terrestres (D) Aves Silvestres Voadoras (E) Aves sem tiziu e passeriformes não

identificados (F) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa os valores $L(r)$ observados e a linha preta indica os limites de confiança.

Definido que existe agregação significativa de atropelamentos, bem como menor escala de ocorrência de agregação, foi realizada a análise de *hotspot* para os seguintes grupos: répteis, aves voadoras e mamíferos domésticos. Os resultados da análise de *hotspot* podem ser visualizados na figura 28 abaixo.

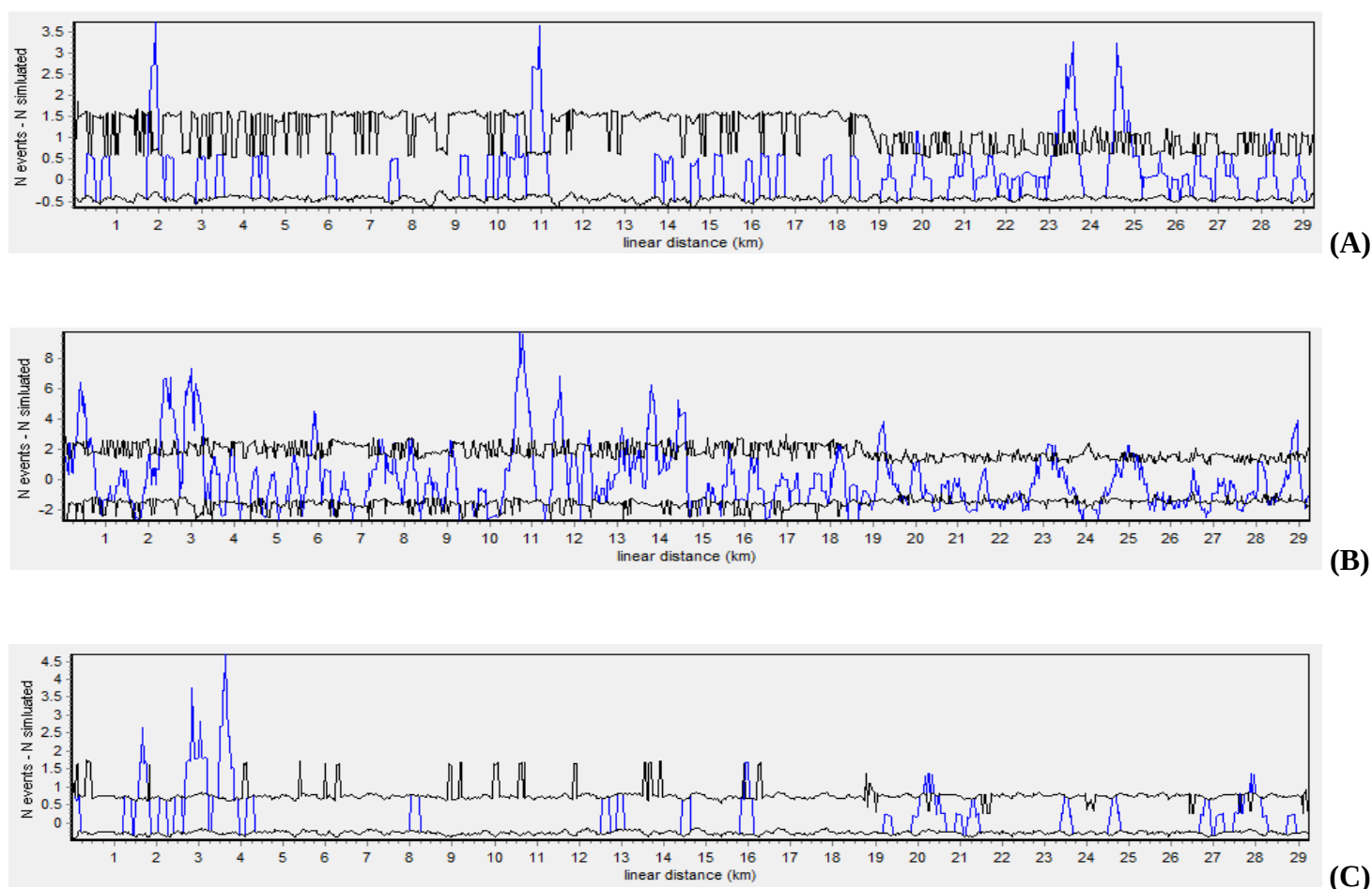


Figura 28. Resultado da análise de *hotspot* na BR-020 no entorno do JBB-RECOR-FAL: (A) Répteis, (B) Aves Voadoras e (C) Mamíferos Domésticos. A linha azul representa a intensidade de agregação de mortalidade observada e as linhas pretas representam os limites de confiança.

As tabelas 31, 32 e 33 apresentam os *hotspots* identificados para cada grupo analisado no trajeto JBB-RECOR-FAL, indicando o quilômetro da rodovia e as coordenadas

geográficas da extremidade convencionalizada como de início do *hotspot*, além da extensão e sentido dos mesmos.

Na tabela 31 é possível observar os pontos do *hotspot* de répteis. Foram encontrados 4 *hotspots*, sendo o *hotspot* 3 o mais extenso.

Tabela 31. *Hotspots* de atropelamento de répteis no JBB-RECOR-FAL.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	51.4	0.150	181757	8231638
2	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	42.3	0.234	190273	8232322
3	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	29.9	0.410	197935	8240998
4	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	28.7	0.234	197796	8241402

Para aves silvestres voadoras (tabela 32) foram observados 9 *hotspots*, sendo os *hotspots* 2 e 3 os mais extensos

Tabela 32. *Hotspots* de atropelamento de aves silvestres voadoras no JBB-RECOR-FAL.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	53	0.175	180341	8231465
2	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	51	0.380	182220	8231573
3	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	50.4	0.380	182751	8231409
4	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	42.8	0.350	190082	8232247
5	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	41.7	0.175	190954	8232590
6	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	39.6	0.146	192815	8233707
7	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	38.8	0.175	193317	8234156
8	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	34.3	0.146	196825	8237207
9	DF - 001 (Sentido JBB-FAL)	34.2	0.117	196854	8237349

Considerando mamíferos domésticos foram observados 4 pontos de agregação (tabela 33), sendo o *hotspot* 2 o de maior extensão.

Tabela 33. *Hotspots* de atropelamento de mamíferos domésticos no JBB-RECOR-FAL.

Hotspot	Rodovia	Km da Rodovia	Extensão do hotspot (km)	Início - Coordenada	
				X	Y
1	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	51.8	0.790	181260	8231638
2	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	50.8	1.785	182277	8231560
3	DF - 001 (Sentido FAL-JBB)	32.2	0.585	197218	8237959
4	DF - 001 (Sentido JBB-FAL)	31.6	0.585	197452	8238489

Para melhor visualização dos resultados obtidos pela análise os *hotspots* das classes analisadas para o JBB-RECOR-FAL foram plotados em uma aerofoto conforme se pode observar nas figuras (29, 30 e 31) abaixo.

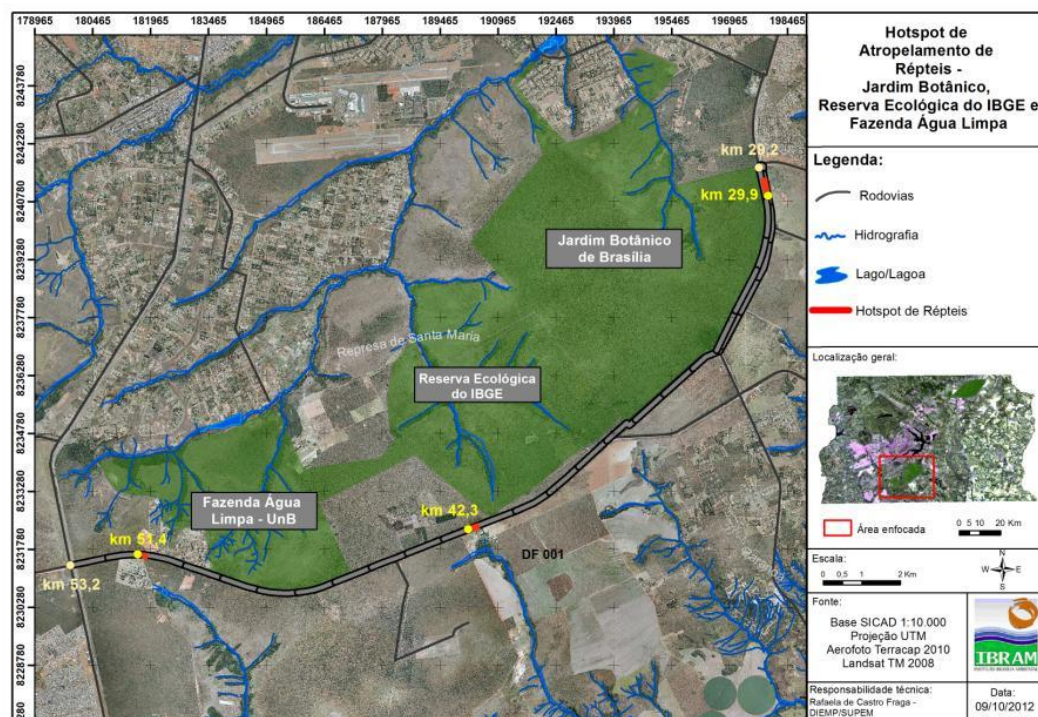


Figura 29. *Hotspots* de Répteis no JBB-RECOR-FAL.

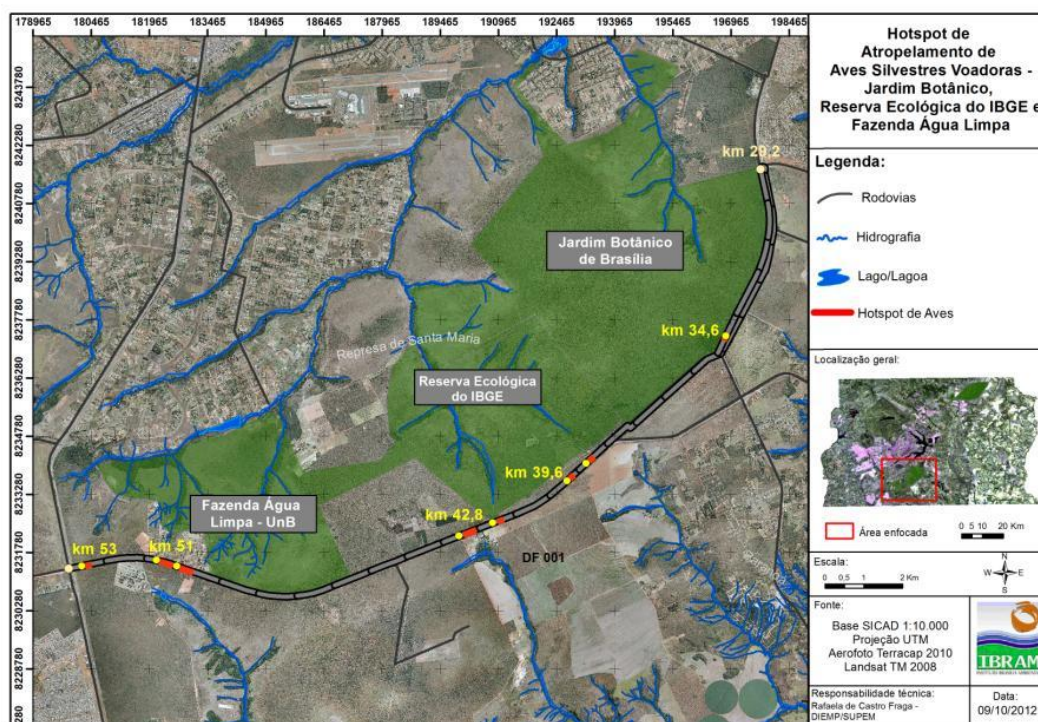


Figura 30. *Hotspots* de Aves Silvestres Voadoras no JBB-RECOR-FAL.

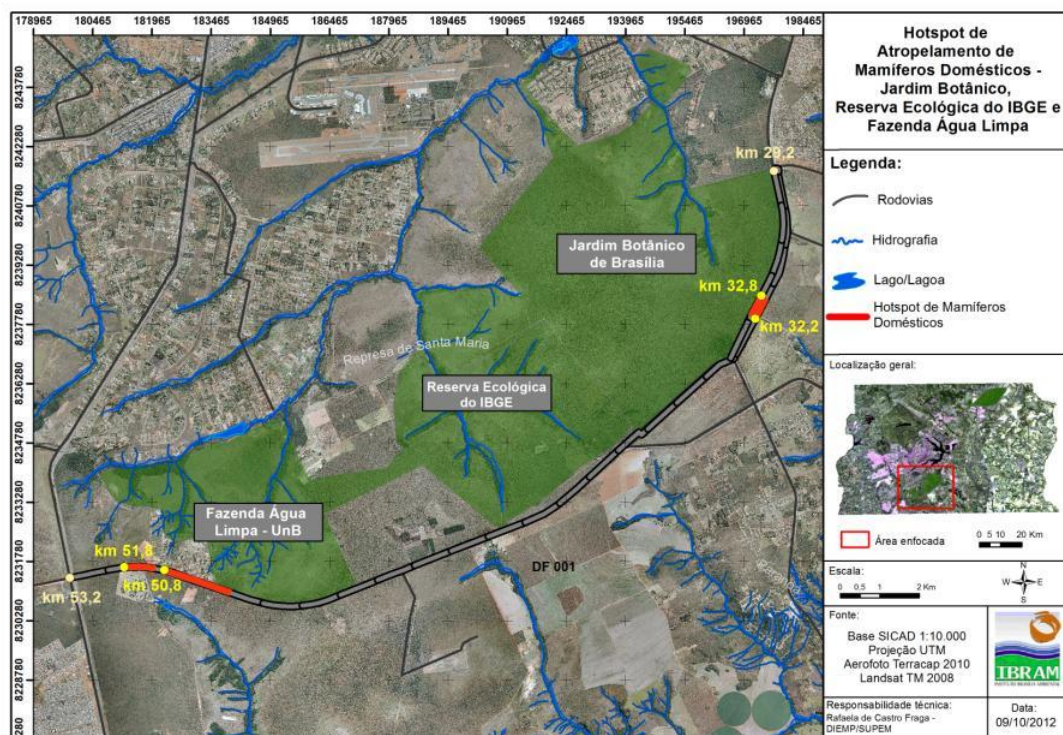


Figura 31. *Hotspots* de mamíferos domésticos no JBB-RECOR-FAL.

4. MEDIDAS MITIGADORAS PROPOSTAS

As medidas mitigadoras propostas foram elaboradas com base principalmente no resultado obtido pelo Índice de Hierarquização, que teve foco em um grupo de espécies pré-definido. Conforme explicitado na metodologia esse grupo foi composto por espécies ameaçadas e as mais atropeladas durante o período de amostragem.

As análises de agregação de atropelamento (*hotspot*) também foram consideradas, de maneira que os pontos específicos de instalação de medidas foram baseadas nesses resultados, permitindo um refinamento da análise do IH. A idéia foi utilizar a análise de *K-Ripley* de maneira complementar ao índice, definindo pontos de mitigação sobrepostos aos pontos de maior agregação de atropelamento.

As principais medidas mitigadoras propostas enfocam na redução de velocidade dos veículos através da instalação de controladores de velocidade. Velocidades menores permitem que os motoristas e até a própria fauna tenham um tempo de resposta maior ao perigo de colisão em uma rodovia, evitando o acidente. Foi observado no parque de Yellowstone que rodovias que possuíam um desenho que não permitia aos veículos atingir grandes velocidades e limite de velocidade baixo (velocidade da rodovia menor do que 45 milhas ou 72 km/h) tiveram menos colisões entre automóveis e animais silvestres do que rodovias que permitiam

alta velocidade e possuíam limite de velocidade maior (velocidade da rodovia de 55 milhas ou 88 km/h) (Gunther et al., 1998). No entanto, simplesmente reduzir a o limite de velocidade pode não conduzir aos resultados esperados. Alguns motoristas poderão notar o novo limite de velocidade imposto na rodovia enquanto outros continuaram a dirigir a uma velocidade que estes consideram segura para o tipo de pista (Beckmann et al., 2010). Portanto é necessário que algumas medidas sejam tomadas para que o motorista tenha a percepção de que um trecho da rodovia ou mesmo toda a rodovia possui um limite de velocidade que deve ser respeitado devido à possibilidade de colisões com animais. Essa percepção do motorista pode ser obtida através da instalação de um redutor eletrônico de velocidade (REV) auxiliando na redução das colisões entre veículo e animal.

Longos túneis e pontes (*underpasses* e *overpasses*) combinadas com cercas direcionadoras a estas estruturas são as medidas mais eficazes para diminuir o número de colisões entre veículos e animais silvestres. Embora essas medidas não eliminem esse tipo de colisões, elas as reduzem substancialmente, e em alguns casos em mais de 80% (Beckmann et al. 2010). Dessa maneira, a combinação de redutores de velocidade com passagens de fauna terá maior eficácia na preservação da fauna local.

4.1 Medidas Mitigadoras para a ESECAE

Com base nos resultados obtidos nas rodovias no entorno da ESECAE, foram propostas medidas mitigadoras que são apresentadas nas figuras 32, para a BR-020 e 33, para a DF-128.

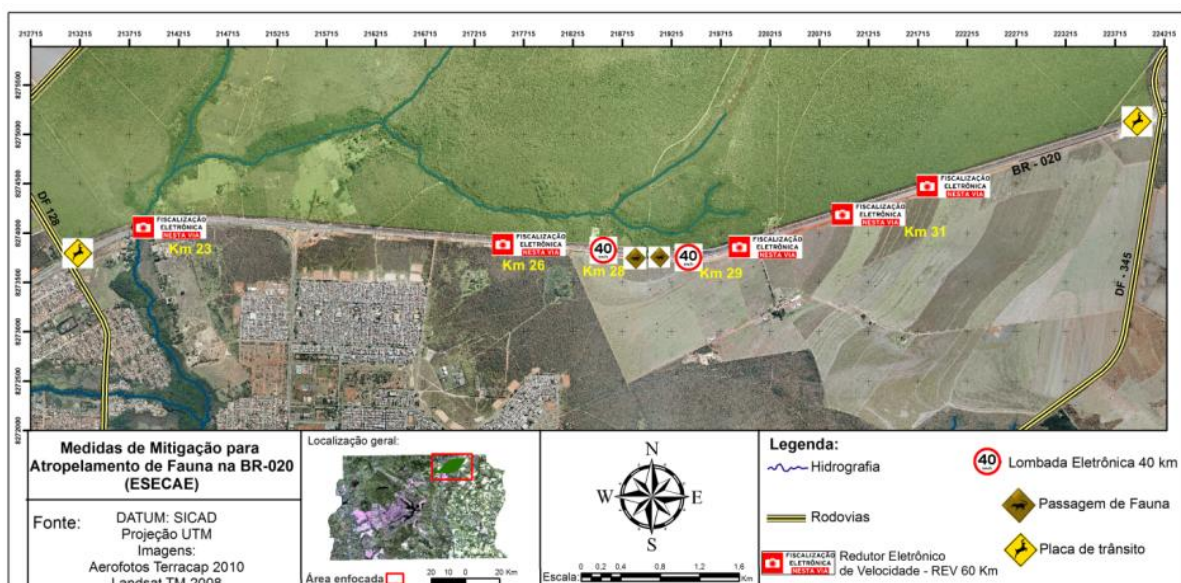


Figura 32. Medidas mitigadoras para a BR-020 na ESECAE.

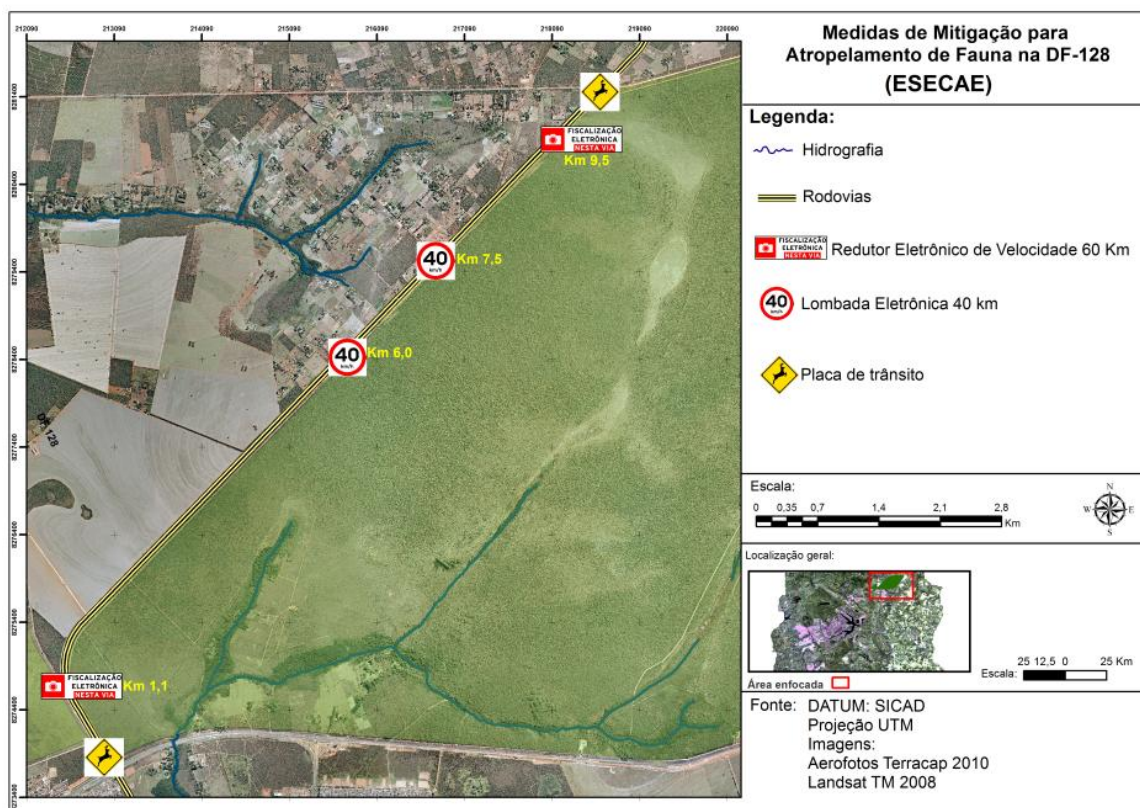


Figura 33. Medidas mitigadoras para a DF-128 na ESECAE.

Para BR-020, foram definidos cinco pontos para instalação de REV e dois para lombadas eletrônicas. Nesta rodovia, os redutores deverão ser instalados nos dois sentidos da via, já que se trata de uma estrada duplicada. Visando otimizar a redução dos atropelamentos, é fundamental que os REV sejam instalados nos pontos indicados na tabela 34 abaixo, podendo haver um deslocamento de 10 a 50 metros, caso não seja viável estruturalmente no local proposto. É interessante que nas placas indicando o limite de velocidade do REV conste a seguinte frase: “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna”. Todas as coordenadas descritas abaixo estão em SIRGASS.

Tabela 34. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na BR-020 da ESECAE.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
BR-020	REV – 60 km/h	213798	8274065
BR-020	REV – 60 km/h	218065	8273883
BR-020	REV – 60 km/h	219848	8273867
BR-020	REV – 60 km/h	220887	8274213
BR-020	REV – 60 km/h	221753	8274483
BR-020	Lombada eletrônica – 40 km/h	218568	8273827
BR-020	Lombada eletrônica – 40 km/h	218967	8273790

O trecho entre os quilômetros 27 e 29 da BR-020 representa um *hotspot* de atropelamento de anfíbios e répteis. Como a região é próxima a uma vereda, é provável que o local seja um sítio de reprodução e habitat de inúmeras espécies. Para garantir uma redução efetiva de incidentes no local há a necessidade de construção de lombadas eletrônicas, visto que elas terão um efeito considerável na redução de velocidade dos veículos e facilitarão a travessia dos animais.

Devido à ocorrência de sobreposição de *hotspots* de animais terrestres (anfíbios, répteis e mamíferos) entre os quilômetros 27 e 29, este relatório indica a construção de passagens de fauna. A figura 33 ilustra o local para construção das passagens de fauna e a tabela 35 apresenta as coordenadas geográficas de localização.

Tabela 35. Coordenadas das Passagens de Fauna.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
BR-020	Passagem de fauna para Anfíbios e Répteis	218908	8273794
BR-020	Passagem de Fauna para Mamíferos	219014	8273786

A construção de duas passagens é essencial visto que para anfíbios e répteis a luminosidade e temperatura são limitantes para a travessia. Por isso, a passagem para os anfíbios e répteis deve ser do tipo “mata-burro” permitindo iluminação natural, menor variação de temperatura e com tamanhos menores para que se evite a passagem de predadores (mamíferos de médio e grande porte). As passagens de fauna de mamíferos (do tipo *underpass*, figura 1 e 2) deverão ter dimensões suficientes para a travessia de grandes animais (cachorro do mato, tamanduá bandeira, lobo-guará).

É fundamental que em conjunto com as passagens sejam construídas cercas direcionadoras de malha fina, que obriguem os animais a passarem pelas passagens, evitando assim mais atropelamentos. Estas cercas deverão ter no mínimo 1000 metros de extensão para ambos os lados da passagem e deverão ter manutenção constante. Para o monitoramento da utilização das passagens deverão ser instaladas armadilhas fotográficas nas saídas dos túneis.

Além disso, propõe-se a instalação de placas educativas nas entradas e saídas do trecho amostrado da BR-020. As figuras 34 e 35 ilustram os modelos de placas sugeridos para instalação. A tabela 36 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos para instalação de placas de trânsito indicando travessia de fauna.

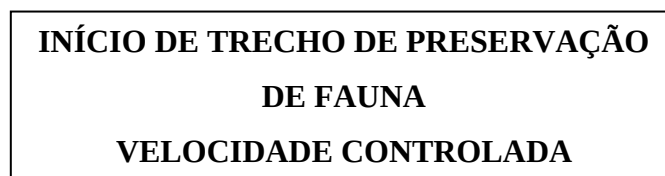


Figura 34. Modelo 1 de placa de trânsito



Figura 35. Modelo 2 de placa de trânsito

Tabela 36. Coordenadas das Placas de Trânsito

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
BR-020	Placa de trânsito (modelo 1)	213185	8273737
BR-020	Placa de trânsito (modelo 1)	223925	8275158
BR-020	Placa de trânsito (modelo 2)	223947	8275119
BR-020	Placa de trânsito (modelo 2)	213157	8273796

Para DF-128, foram definidos dois pontos para instalação de REV e dois para lombadas eletrônicas. Visando otimizar a redução dos atropelamentos, é fundamental que os REV sejam instalados nos pontos indicados na tabela 37 abaixo, podendo haver um deslocamento de 10 a 50 metros, caso não seja viável estruturalmente no local proposto. Todas as coordenadas descritas abaixo estão em SIRGASS.

Tabela 37. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na DF-128 da ESECAE.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-128	REV – 60 km/h	212539	8274696
DF-128	REV – 60 km/h	218106	8280927
DF-128	Lombada eletrônica – 40 km/h	215687	8278469
DF-128	Lombada eletrônica – 40 km/h	216746	8279513

Para conciliar a redução da velocidade veicular à conscientização a respeito razão de se controlar a velocidade, caso seja viável, é interessante que nas placas indicando o limite de velocidade conste a seguinte frase: “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna”.

Além disso, propõe-se a instalação de placas educativas nas entradas e saídas do trecho amostrado da DF-128 seguindo os modelos apresentados anteriormente nas figuras 35 e 36. A tabela 38 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos para instalação de placas de trânsito indicando travessia de fauna.

Tabela 38. Coordenadas das Placas de Trânsito

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-128	Placa de trânsito (modelo 1 e 2)	213046	8273819
DF-128	Placa de trânsito (modelo 1 e 2)	218636	8281446

4.2 Medidas Mitigadoras para o PNB

Com base nos resultados obtidos nas rodovias no entorno do PNB, foram propostas medidas mitigadoras que são apresentadas na figura 36 a seguir.

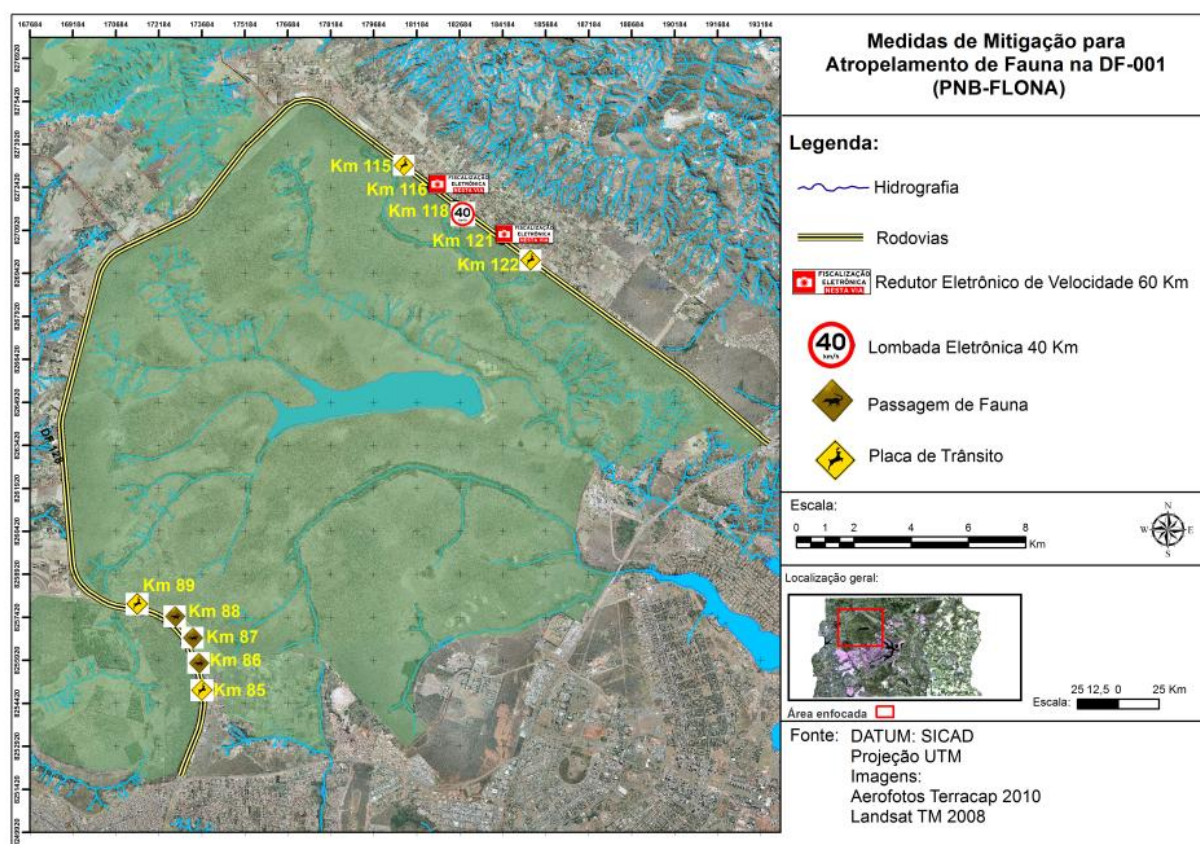


Figura 36. Medidas mitigadoras para a DF-001 no entorno do PNB.

Analisado conjuntamente os resultados do IH e da agregação de atropelamentos, verificou-se que os trechos com maior relevância em termos de atropelamentos no entorno do PNB é o trecho que divide o PNB e a FLONA e o trecho entre os quilômetros 115 e 120, no Lago Oeste.

No trecho que divide as duas UC já existem REV instalados, conforme ilustra a figura 37. Assim, este relatório indica a instalação de REV e lombada eletrônica somente no trecho

do Lago Oeste. Foram definidos dois pontos para instalação de REV e um para lombada eletrônica.

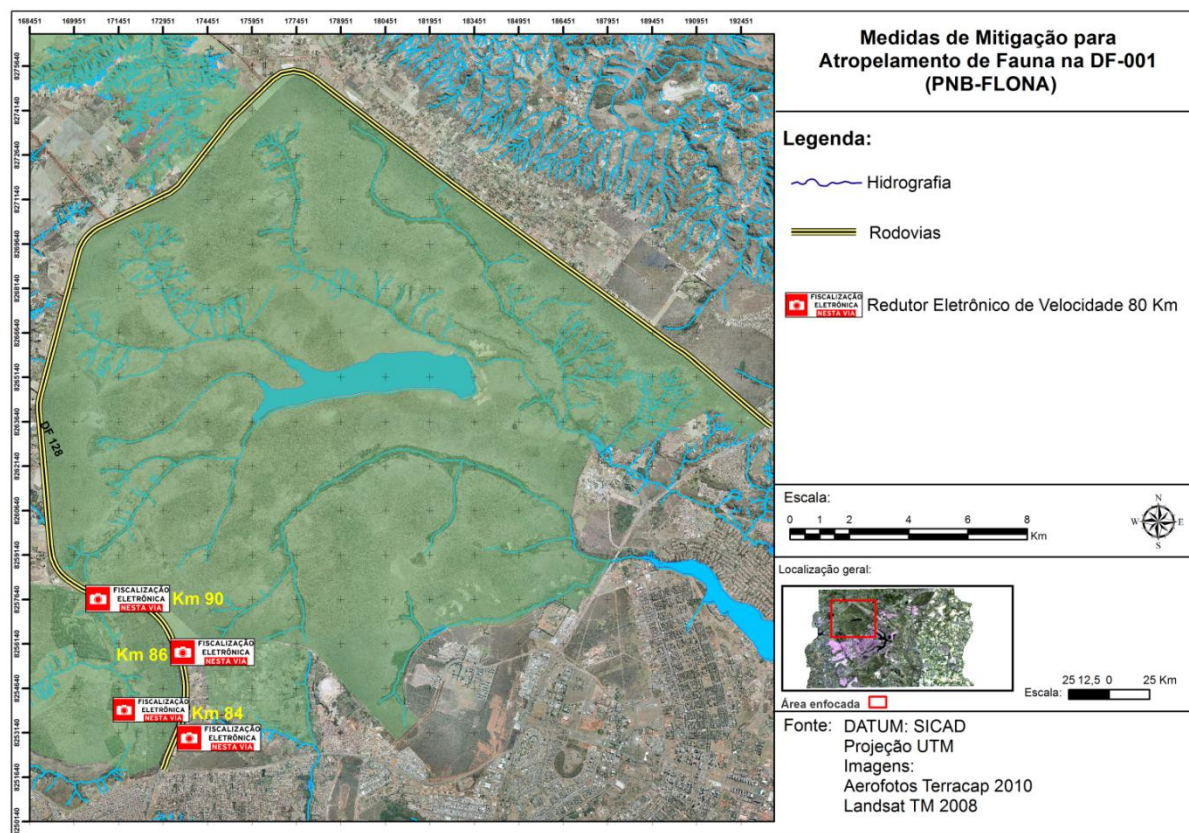


Figura 37. REV já instalados na DF-001 no entorno do PNB.

Visando otimizar a redução dos atropelamentos, é fundamental que os REV sejam instalados nos pontos indicados na tabela 39 abaixo, podendo haver um deslocamento de 10 a 50 metros, caso não seja viável estruturalmente no local proposto. Todas as coordenadas descritas abaixo estão em SIRGASS. É interessante que nas placas indicando o limite de velocidade conste a seguinte frase: “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna”.

Tabela 39. Coordenadas dos REV e lombadas eletrônicas na DF-001 no PNB.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-001	REV – 60 km/h	180938	8272973
DF-001	REV – 60 km/h	184208	8270593
DF-001	Lombada eletrônica – 40 km/h	182602	8271769

Apesar de apresentar REV já instalados no trecho entre o PNB e FLONA, foram identificados muitos *hotspots*, inclusive para os mamíferos silvestres terrestres. Assim,

verifica-se a necessidade de intensificar a mitigação de atropelamentos no trecho, com a instalação de passagens de fauna nos pontos indicados na tabela 40 a seguir:

Tabela 40. Coordenadas para instalação das passagens de fauna na DF-001 no PNB.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-001	Passagem de Fauna para Mamíferos	173371	8255993
DF-001	Passagem de Fauna para Mamíferos	173148	8256508
DF-001	Passagem de Fauna para Mamíferos	172518	8257263

É fundamental que em conjunto com as passagens sejam construídas cercas direcionadoras de malha fina, que obriguem os animais a passarem pelas passagens, evitando assim mais atropelamentos. Estas cercas deverão ter no mínimo 1000 metros de extensão para ambos os lados da passagem e deverão ter manutenção constante. Para o monitoramento da utilização das passagens deverão ser instaladas armadilhas fotográficas nas saídas dos túneis.

Além disso, propõe-se a instalação de placas educativas nas entradas e saídas do trecho amostrado da DF-001 no entorno do PNB, seguindo os modelos apresentados nas figuras 35 e 36 do tópico “6.1 – Medidas Mitigadoras para a ESECAE”. A tabela 41 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos para instalação de placas de trânsito indicando travessia de fauna.

Tabela 41. Coordenadas das Placas de Trânsito

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	171439	8257947
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	173724	8254817
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	181188	8273298
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	184960	8270043

4.3 Medidas Mitigadoras para o JBB-RECOR-FAL

Com base nos resultados obtidos nas rodovias no entorno do JBB-RECOR-FAL, foram propostas medidas mitigadoras que foram representadas na figura 38 a seguir.

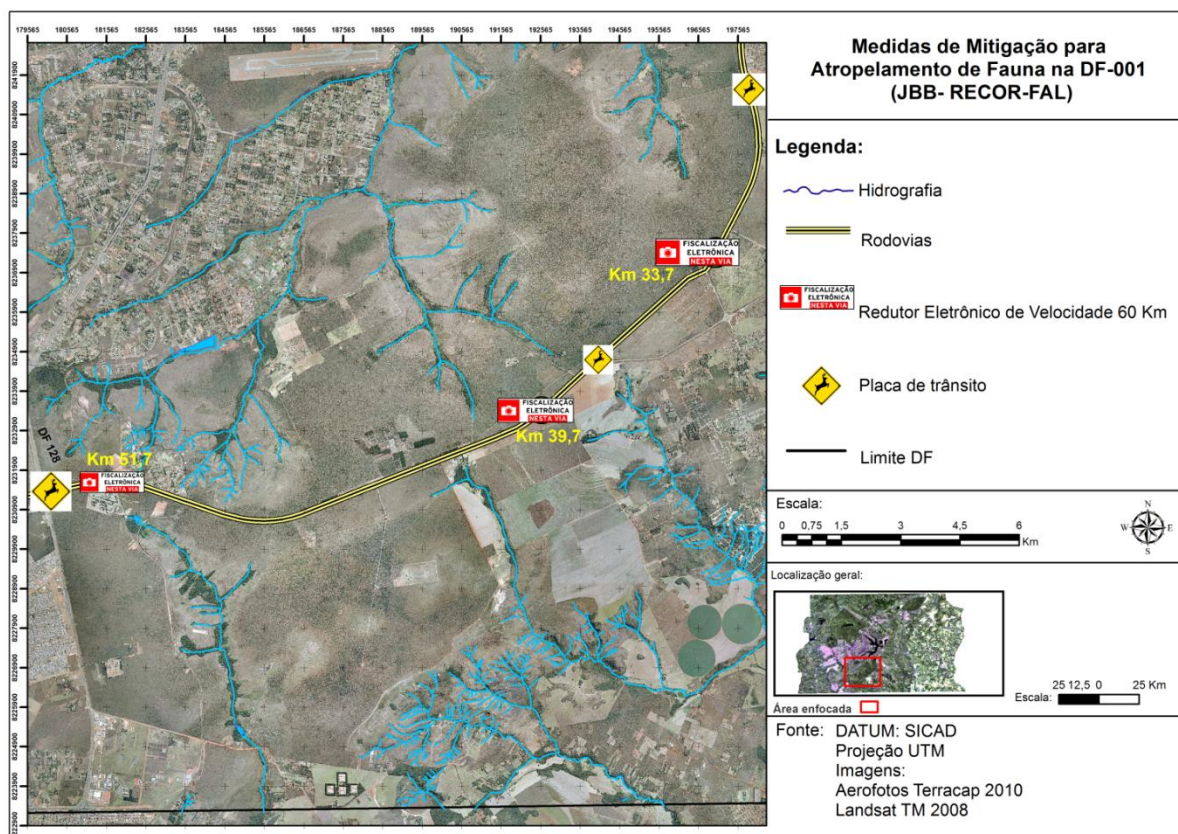


Figura 38. Medidas mitigadoras para a DF-001 no entorno do Complexo JBB-RECOR-FAL.

Analisado conjuntamente os resultados do IH e da agregação de atropelamentos, não se verificou nenhum *hotspot* significativo para a proposição de passagens de fauna. Para este trecho levou-se em consideração os trechos onde foram observados os maiores IH para se propor a instalação de REV. Assim, para a DF-001 no entorno do JBB-RECOR-FAL foram definidos três pontos para instalação de REV. No trecho duplicado da DF-001, os redutores deverão ser instalados nos dois sentidos da via. É interessante que nas placas indicando o limite de velocidade conste a seguinte frase: “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna”.

Visando otimizar a redução dos atropelamentos, é fundamental que os REV sejam instalados nos pontos indicados na tabela 42 a baixo, podendo haver um deslocamento de 10 a 50 metros, caso não seja viável estruturalmente no local proposto. Todas as coordenadas descritas abaixo estão em SIRGASS.

Tabela 42. Coordenadas dos REV na DF-001 no entorno do JBB-RECOR-FAL.

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-001	REV – 60 km/h	181333	8231527
DF-001	REV – 60 km/h	192495	8233477
DF-001	REV – 60 km/h	197022	8237533

Além disso, propõe-se a instalação de placas educativas nas entradas e saídas do trecho amostrado da DF-001 no entorno do PNB, seguindo os modelos apresentados nas figuras 35 e 36 do tópico “6.1 – Medidas Mitigadoras para a ESECAE”. A tabela 43 apresenta as coordenadas geográficas dos pontos para instalação de placas de trânsito indicando travessia de fauna.

Tabela 43. Coordenadas das Placas de Trânsito

Rodovia	Medida mitigadora	Coordenada Geográfica	
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	179950	8231433
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	194004	8234734
DF-001	Placa de trânsito (modelos 1 e 2)	197746	8241683

4.4. Campanhas Educativas

O IBRAM pretende organizar ao menos uma blitz ecológica por ano, no início do período das chuvas e antecedendo o início das férias escolares.

O objetivo da blitz ecológica é orientar os motoristas quanto à problemática de atropelamento de fauna e seus impactos para o meio ambiente. A blitz será organizada em conjunto com a Polícia Rodoviária Federal em pontos estratégicos do Distrito Federal, como por exemplo, na BR-020 no entorno da ESECAE.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma rede de fatores que influenciam no atropelamento de fauna silvestre, tais fatores implicam diretamente em uma alta taxa de mortalidade em alguns trechos que otimizam a ocorrência de incidentes. A relação tráfego e atropelamento de animais na pista é complexa e pode variar caso a caso. O efeito do tráfego não é linear e pode variar conforme fatores espaciais e temporais, dinâmica populacional e comportamento da espécie (Seiler e Helldin, 2006).

Alguns trabalhos verificaram uma relação direta entre atropelamentos e densidade do tráfego de veículos, com aumento no número de colisões à medida que mais veículos trafegam nas rodovias. Entretanto, o tráfego intenso também aumenta a probabilidade dos animais serem repelidos devido ao ruído gerado pelos veículos e diminuir a frequência de atropelamentos (Seiler e Helldin, 2006). Algumas espécies somente cruzam a rodovia até um determinado volume de tráfego e até um ponto em que a sensibilidade ao ruído impede a travessia.

A amostragem em trechos de tráfego intenso também pode ser subestimada, pois, nesses locais, segundo alguns autores, há menor permanência das carcaças devido à prensagem sobre o asfalto ou choque com o veículo jogando o animal para fora da pista (Van Lagevelde e Jaarsma, 2004; Hussain et al., 2007).

Além de prejuízos ecológicos, as colisões com a fauna também geram impactos para os usuários das rodovias. No estudo conduzido por Huijser e colaboradores (2008) foram descritos os custos desses acidentes, que envolvem gastos médicos e consertos de veículos para o usuário, ou gastos com orientações e assistência na pista, bem como reparos na infraestrutura da pista. Dessa maneira, as medidas propostas neste relatório não servirão apenas para garantir a preservação da fauna, mas também para segurança do usuário na pista.

A partir das medidas instaladas, o IBRAM compromete-se com o monitoramento pós-instalação. Esse monitoramento é importante para avaliar a efetividade das medidas instaladas e apresentar a sociedade os resultados das decisões do governo para auxiliar na preservação do meio ambiente e manutenção da biota.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, S.M.; WATERS, N.M ; PAQUET, P.C. Traffic volume and highway permeability for a mammalian community in the Canadian Rocky Mountains. *Can. Geogr.* 49:321-331, 2005.
- ALMEIDA, J. B. ; MACEDO, R. H. Lek-like mating system of monogamous blue-black grassquit. *The Auk* 118:404-411, 2001.
- AYRES, M. ; AYRES JÚNIOR, M. ; AYRES, D.L. ; SANTOS, A.A. BIOESTAT – Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Ong Mamiraua. Belém, PA: 2007.
- BAGER, A. ; FONTOURA, V. Ecologia de estradas no Brasil – Contexto histórico e perspectivas futuras. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. – Lavras : Ed. UFLA, 2012.
- BAGER, A. ; ROSA, C. A. Influence of sampling effort on the estimated richness of Road-killed vertebrate wildlife. *Environmental management*, v. 47, n. 5, p. 851-858, 2011.
- BAGER, A. ; ROSA, C. A. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 4, 2010.
- BECKMANN, J. P. ; CLEVINGER, A. P. ; HUIJSER, M. P. ; HILTY, J. A. *Safe passages : highways, wildlife, and habitat connectivity*. Island Press, 2010. 419 p.
- CARVALHO, C. B. V. ; MACEDO, R. H. ; GRAVES, J. L. Reproduction of Blue-black Grassquits in central Brazil. *Brazilian Journal of Biology* 67: 275-281, 2007.
- CLEVINGER, A.P. ; CHRUSZCZ B. ; GUNSON K. Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biol. Conserv.* 109:15-26, 2003.
- COELHO, I. P. ; 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*, v. 54, n. 4, p. 689-699, 2008.
- COELHO, I. P. ; KINDEL, A. ; COELHO, A. V. P. Spatial Evaluation of Road Mortality Software. *User's Guide V. 1.1*. Porto Alegre, Brazil: 2010.
- CONARD, J.M. ; GIPSON, P.S. Spatial and seasonal variation in wildlife-vehicle collisions. *Prairie Nat.* 38:251-260, 2006.

- 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, 619–631, 2004.
- DORNAS, R. A. P. ; KINDEL, A. ; BAGER, A. ; FREITAS, S. R. Avaliação da mortalidade de vertebrados em rodovias no Brasil. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. Lavras : Ed. UFLA, 2012.
- ERRITZOE, J. ; MAZGAJSKI, T. D. ; REJT, L. Bird casualties on European roads – a review. *Acta Ornithologica*, v. 38, n. 2, p. 77-93, 2003.
- ESPERANDIO, I. B. *Padrões espaciais de mortalidade de mamíferos silvestres e domésticos na Rota do Sol*. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Ciências Biológicas). Orientador: Andreas Kindel. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2011.
- FINDLAYS, C. S. ; BOURDAGES, J. Response time of wetland biodiversity to road construction on adjacent lands. *Conser. Biol.* 14: 86-94, 2000.
- FORMAN, R.T.T. ; ALEXANDER, L.E. Roads and their major ecological effects. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 29: 207-231, 1998.
- 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*. Washington DC: Island Press, 2003.
- FOSTER, M.L. ; HUMPHREY, S.R. Use of highway underpasses by Florida panthers and other wildlife. *Wildlife Society Bulletin*, v. 23, 95–100, 1995.
- GLISTA, D. J. ; DEVAULT, T. L. ; DEWOODY, J. A. A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways. *Landscape and Urban Planning*, v. 91, p. 1–7, 2009.
- GLISTA, D. J. ; DEVAULT, T. L. ; DEWOODY, J. A. A vertebrate road mortality predominantly impacts amphibians. *Herpetological Conservation and Biology*, v. 3, n. 1, p. 77-87, 2008.
- GOMES, L. ; GRILO, C. ; SILVA, C. ; MIRA, A. Identification methods and deterministic factors of owl roadkill *hotspot* locations in Mediterranean landscapes. *Ecological Research* v. 24 issue 2 March p. 355 – 370, 2009.

GRILO, C. A rede viária e a fauna : impactos, mitigação e implicações para a conservação das espécies em Portugal. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. Lavras: Ed. UFLA, 2012.

GUNTHER, K. A. ; BIEL, M. J. ; ROBISON, E. H. L. Factors influencing the frequency of road-killed wildlife in Yellowstone National Park. Pages 32–40 . In: G. L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler, and J. Berry, eds. *Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. FL-ER-69-98. Tallahassee: Florida Department of Transportation, 1998.

HOURDEQUIN, M. Ecological effects of roads. *Conser. Biol.*, 14: 16-17, 2000.

HUIJSER, M.P. ; MCGOWEN, P. ; FULLER, J. ; HARDY, A. ; KOCIOLEK, A. ; CLEVINGER, A. P. ; SMITH, O. ; AMENT, R. *Wildlife Vehicle Collision Reduction Study: Report to Congress*. Federal Highway Administration, 2008.

HUSSAIN, A. ; ARMSTRONG, J. B. ; BROWN, D. B. ; HOGLAND, J. Land-use pattern, urbanization, and deer-vehicle collisions in Alabama. *Human-Wildlife Conflicts*, v. 1, n. 1, p. 89-96, 2007.

JACKSON, S.D. ; GRIFFIN, C.R. A strategy for mitigating highway impacts on wildlife. In: Messmer, T.A., West, B. (Eds.). *Wildlife and Highways: Seeking Solutions to an Ecological and Socio-economic Dilemma*. Bethesda, MD : The Wildlife Society, 2000. p. 143-159.

LAURENCE, W. F. ; GOOSEM, M. ; LAURENCE, S. G. W. Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Tree*, v. 24, n. 12, p. 659-699, 2009.

LESBARRÈRES, D. ; LODE, T. ; MERILA, J. Short communication: what type of amphibian tunnel could reduce road kills? *Oryx* 38, 220–223, 2004.

MATA, C. ; HERVÁS, I. ; HERRANZ, J. ; SUÁREZ, F. ; MALO, J.E. Are motorway wildlife passages worth building? Vertebrate use of road-crossing structures on a Spanish motorway. *Journal of Environmental Management*, v. 88, p. 407-415, 2008.

MAZEROLLE M.J. ; MATTHIEU H. M. ; GRAVEL M. Behavior of amphibians on the road in response to car traffic. *Herp.* 61(4):380-388, 2005.

OUTEN, A. R. The ecological effects of roads lighting. In: SHERWOOD, B. ; CUTLER, D. ; BURTON, J. A. (Ed.). *Wildlife and roads: the ecological impact*. London: Imperial College Press, 2002. p. 133-155.

PARRIS, K. M. ; VELIK-LORD, M. ; NORTH, J. M. A. Frogs call at a higher pitch in a traffic noise. *Ecology and Society*, v. 14, n. 1, p. 25, 2009.

PRADA, C. S. *Atropelamento de vertebrados silvestres em uma região fragmentada do nordeste do Estado de São Paulo: quantificação do impacto e análise dos fatores envolvidos*. Tese de Doutorado. Brasil: Universidade Federal de São Carlos, 2004.

RAMP, D. ; WILSON, V.K. ; CROFT, D.B. Assessing the impacts of roads in peri-urban reserves: Road-based fatalities and road usage by wildlife in the Royal National Park, New South Wales, Australia. *Biological Conservation*. 129(3) PP. 348 – 359, 2006.

RENTAS. *Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre*. 2001.

ROMIN, L.A. ; BISSONETTE, J.A. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. *Wildlife Society Bulletin* 24, 276–283, 1996.

ROSA, C. A. ; CARDOSO, T. R. ; TEIXEIRA, F. Z. ; BAGER, A. Atropelamento de fauna selvagem: Amostragem e análise de dados em ecologia de estradas. In: *Ecologia de estradas : tendências e pesquisas* / editor, Alex Bager. Lavras: Ed. UFLA, 2012.

ROSEN, P. C. ; LOWE C.H. Highway mortality of snakes in the Sonoran deserto f southern Arizona. *Biological Conservation*. n. 68, p. 143-148, 1994.

SEILER, A. ; HELLDIN, J.O. Mortality in wildlife due to transportation. In: DAVENPORT, J. ; DAVENPORT, J. L. (eds.) *The ecology of transportation: managing mobility for the environment*. Ireland: University College Cork, 2006. p. 165 – 190.

SILLERO, N. Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis. *Amphibia-Reptilia*. 29(3) PP. 337 – 347, 2008.

SLATER, F. M. An assessment of wildlife road casualties – the potential discrepancy between numbers counted and numbers killed. *Web Ecology*, n. 3, p. 33-42, 2002.

SMITH-PATTEN, B. D. ; PATTEN, M. A. Diversity, Seasonality, and contex of Mammalian Roadkills in the Southern Plains. *Env. Manag.* 41:844-852, 2008.

TAYLOR, B.D. ; GOLDINGAY, R.L. Wildlife road-kills on three major roads in northeastern New SouthWales. *Wildlife Research* 31, 83–91, 2004.

TEIXEIRA, F. Z. Detectabilidade de fauna atropelada: efeito do método de amostragem e da remoção de carcaças. Monografia de Conclusão de Curso de Graduação (Bacharelado em

Ciências Biológicas). Orientador: Andreas Kindel. Porto Alegre, Brasil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

TEIXEIRA, F. Z. Monitoramento da fauna atropelada: efeito do esforço amostral e detectabilidade sobre padrões espaciais de mortalidade. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Orientador: Andreas Kindel. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, 2011.

TROMBULAK, S. C. ; FRISSELL, C. A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conserv. Bio*, 14: 18-30, 2000.

TURCI, L. C. B. ; BERNARDE, P. S. Vertebrados atropelados na Rodovia Estadual 383 em Rondônia, Brasil. *Biot.*, 22: 121 – 127, 2009.

VAN LAGEVELDE, F. ; JAARSMA, C. F. Using traffic flow theory to model traffic mortality mammals. *Landscape Ecology*, v. 19, n. 8, p. 895-907, 2004.

VEENBAAS, G. ; BRANDJES, J. Use of fauna passages along waterways under highways. In: Evink, G.L., Garrett, P., Zeigler, D., Berry, J. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation*. FL-ER-69-98. Tallahassee, FL: Florida Department of Transportation, 1999. pp. 253–258.