



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ECOLOGIA APLICADA À GESTÃO AMBIENTAL

HUGO ESTEVAM DE ALMEIDA COELHO

**DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS
SILVESTRES NO LITORAL NORTE DA BAHIA: CAUSAS E PROPOSTA DE
MITIGAÇÃO**

Dissertação de Mestrado

SALVADOR
2017

HUGO ESTEVAM DE ALMEIDA COELHO

**DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS
SILVESTRES NO LITORAL NORTE DA BAHIA: CAUSAS E PROPOSTA DE
MITIGAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Mauro Ramalho

**SALVADOR
2017**

Modelo de ficha catalográfica fornecido pelo Sistema Universitário de Bibliotecas da UFBA para ser confeccionada pelo autor

Coelho, Hugo Estevam de Almeida
DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS
SILVESTRES NO LITORAL NORTE DA BAHIA: CAUSAS E PROPOSTA DE
MITIGAÇÃO / Hugo Estevam de Almeida Coelho. -- Salvador, 2017.
93 f.

Orientador: Mauro Ramalho.
Dissertação (Mestrado - Mestrado Profissional em Ecologia
Aplicada à Gestão Ambiental) -- Universidade Federal da Bahia,
Instituto de Biologia, 2017.

1. Ecologia de estrada. 2. Atropelamento de fauna. 3.
Padrão espaço temporal. 4. Mitigação de impactos. I. Ramalho,
Mauro. II. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

HUGO ESTEVAM DE ALMEIDA COELHO

DINÂMICA ESPAÇO TEMPORAL DE ATROPELAMENTOS DE ANIMAIS SILVESTRES NO LITORAL NORTE DA BAHIA: CAUSAS E PROPOSTA DE MITIGAÇÃO

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de Mestre, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Mauro Ramalho
Orientador
Universidade Federal da Bahia

Prof^a. Dr^a. Elaine Cristina Cambui Barbosa
Universidade Federal da Bahia

Prof^a. Dr^a. Maise Silva Santana dos Santos
Faculdade de Tecnologia e Ciências

Salvador, ____ de Agosto de 2017

Agradecimentos

Ao meu orientador Mauro Ramalho pela colaboração, paciência e competência, sendo sempre muito solícito. Tornou-se um exemplo de pessoa e pesquisador para mim.

À minha mãe, Edméia, por todo amor, paciência e por ser a minha grande e principal orientadora na vida, sempre me apoiando e passando ensinamentos, um modelo de pessoa a ser seguido.

Ao meu pai, Rodrigo, por seus conselhos, apoio, amor e modelo de vida.

Aos meus irmãos, Arthur e Renan, por fazerem parte da minha vida.

À minha namorada, Tai, por estar sempre ao meu lado com um apoio incondicional, me incentivando e ao mesmo tempo entendendo minhas ausências.

Aos meus amigos da Biocore Ambiental, João Vitor, Danilo Couto, Leonídia e Aninha que aguentaram minha ansiedade diária para conclusão desse trabalho. Em especial a João, que foi fundamental para o desenvolvimento desse estudo. Obrigado!

A Semear Ambiental e a CLN pela parceria.

Aos colegas e amigos da turma de mestrado que compartilharam esses dois anos de muitos desafios e aprendizados.

À todos os profissionais envolvidos na execução desse trabalho, desde a coleta dos dados à confecção dos relatórios.

Muito Obrigado!

Resumo

Entre os efeitos da rodovia sobre os ecossistemas destacam-se a redução populacional e a alteração da composição ou da abundância de espécies. As rodovias criam um ambiente adverso para os vertebrados, podendo diminuir a capacidade de dispersão, causar isolamento e fragmentação do ambiente. O litoral da Bahia tem se apresentado como espaço para tais alterações, o que requer mecanismos de gestão. Este estudo teve como objetivo monitorar a fauna atropelada em uma área do litoral norte da Bahia, que permeia diferentes habitats naturais. Foi desenvolvido na rodovia BA-099, trecho entre Mata de São João (Praia do Forte) até Jandaíra no período de março de 2016 a março de 2017, com amostragens semanais, que totalizaram 50 investidas a campo, nos turnos matutino e vespertino. Foram realizadas por um motorista e um observador com veículo em baixa velocidade (40 km/h). O monitoramento da fauna atropelada catalogou 83 espécies impactadas diretamente e um acumulado de 749 indivíduos. As classes com o maior número de espécies (riqueza) registradas foram Aves n=37 e Reptilia, n=22, seguida por Mammalia (n=16) e Amphibia (n=8). A maior abundância absoluta foi de Amphibia, 472 indivíduos (63,1%), mas apresentou menor riqueza. A segunda classe mais atropelada foi Mammalia (n=109, 14.6%). Em conclusão, foi possível realizar um mapeamento dos trechos críticos de atropelamentos (*hotspots*), possibilitando gerar dados para subsidiar ações de proteção da biodiversidade, o que inclui medidas mitigadoras *in situ*, como a instalação de passagens de fauna. Consequentemente, contribuirá para a proteção das espécies da região, relativa ao impacto específico de atropelamento, que pode ser associado a pesquisas sobre o tema e fomento a expansão das medidas em outras rodovias do estado.

Abstract

Among the effects of the road on the ecosystems are the population reduction and the alteration of the composition or the abundance of species. Roads create an adverse environment for vertebrates, reducing dispersal capacity, causing isolation and fragmentation of the environment. The coast of Bahia has been presented as a space for such changes, which requires specific monitoring. The objective of this study was to monitor roadkills of fauna in an area on the north coast of Bahia, which cuts different natural habitats. It was developed on the BA-099 highway, between Mata de São João (Praia do Forte) and Jandaíra from March 2016 to March 2017, with weekly samplings, which totaled 50 field trips in the morning and afternoon shifts. They were made with vehicle at low speed, with driver and observer and by means of walks. The monitoring of the trampled fauna cataloged 83 directly impacted species and an accumulated of 749 individuals. The classes with the highest number of species (richness) recorded were Birds $n = 37$; And Reptilia, $n = 22$, followed by Mammalia ($n = 16$) and Amphibia ($n = 8$). The highest absolute abundance was of Amphibia, 472 individuals (63.1%), having the lowest wealth. The second most roadkills class was Mammalia ($n = 109$, 14.6%). In conclusion, it was possible to map the critical sections of hotspots, allowing the generation of data to support actions to protect biodiversity, including mitigation measures in situ, such as the installation of wildlife passages. Consequently, it will contribute to the protection of species in the region, related to the specific impact of trampling, which may be associated with research on the subject and encouraging the expansion of measures in other highways in the state.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Mapa de localização da rodovia BA-099, destacando-se o trecho de monitoramento da fauna atropelada.	16
Figura 2 – Trecho de 5 km em que a rodovia é duplicada, com a presença de passagens de fauna. Passagem suspensa (A) e passagem subterrânea (B).	17
Figura 3 – Trecho de 136,6 km em que a rodovia possui faixas simples, não duplicadas e sem passagens de fauna. Trecho em meio à vegetação natural (A) e trecho envolto por áreas antropizadas/ocupadas (B).	17
Figura 4 – Gráficos climatológicos referentes a três diferentes localidades do trecho monitorado da BA-099: Praia do Forte (porção sul), Palame (porção central) e Conde (porção norte). Fonte: Climate-Data (2016).	18
Figura 5 – Atividades desenvolvidas quando do encontro de um animal silvestre atropelado. Medição/indicação de escala (A), georreferenciamento do espécime (B), registro fotográfico (C) e retirada da rodovia ou acostamento (D).	20
Figura 6 – Abundância relativa (%) de registros de atropelamentos por classe taxonômica.	24
Figura 7 – Gráfico de representação da quantidade de registros (espécies e indivíduos) de animais atropelados durante o período amostrado.	40
Figura 8 – Abundância de atropelamentos por Classe (Mamíferos, Aves, Répteis e Anfíbios) durante o período de monitoramento.	41
Figura 9 – Gráfico da abundância relativa (%) durante o monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde (LV), de acordo com os grupos faunísticos.	42
Figura 10 – Gráfico da abundância relativa (%) durante o monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco (EC), de acordo com os grupos faunísticos.	42
Figura 11 – Gráfico da abundância relativa (%) dos mamíferos registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.	43
Figura 12 – Gráfico da abundância relativa dos mamíferos registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.	44
Figura 13 – Gráfico da abundância relativa (%) das aves registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.	45
Figura 14 – Gráfico da abundância relativa (%) das aves registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.	46
Figura 15 – Gráfico da abundância relativa (%) dos répteis registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.	47

Figura 16 – Gráfico da abundância relativa (%) dos répteis registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.	48
Figura 17 – Gráfico da abundância relativa dos anfíbios registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.	49
Figura 18 – Gráfico da abundância relativa dos anfíbios registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.	49
Figura 19 – Taxa de atropelamento da BA-099 trecho entre o Rio Pojuca e Divisa BA/SE no período de Mar/ 2016 a Mar/17	50
Figura 20 – Taxa de atropelamento das espécies mais abundantes e classes taxonômicas, no monitoramento da BA-099 de Mar/2016 a Mar/2017.	51
Figura 21 – Taxa de atropelamento por mês de monitoramento e a taxa total da BA-099 trecho Rio Pojuca a Divisa BA/SE.	52
Figura 22 – Taxa de atropelamento por estações do ano e a taxa total da BA-099 trecho Rio Pojuca a Divisa BA/SE.	53
Figura 23 – Taxa de atropelamento nas estações do ano de Mamíferos (a), Aves (b), Répteis (c) e Anfíbios (d) da BA-099 trecho Rio Pojuca a divisa BA/SE no período de março 2016 a março 2017	54
Figura 24 – Gráficos da relação entre o número total de atropelamentos e as variáveis climáticas analisadas.	55
Figura 25 – Gráficos apresentando a relação entre o número de anfíbios atropelados as variáveis climáticas, e os meses do ano.	56
Figura 26 – Gráficos apresentando a distinta relação entre o número de atropelamentos de répteis e as variáveis de pluviosidade e temperatura, respectivamente.	56
Figura 27 – Gráfico apresentando a relação direta entre temperatura e número de atropelamentos de aves.	57
Figura 28 – Gráfico de relação entre o número de mamíferos atropelados e os meses do ano.	57
Figura 29 – Mapa de densidade de Kernel dos trechos prioritários para implantação de medidas regulatórias, com base nos registros pontuais de atropelamento.	63
Figura 30 – Mapa de densidade de Kernel dos trechos prioritários para implantação de medidas regulatórias, com base no índice de importância gerado para cada registro de atropelamento.	65
Figura 31 – Mapa indicando a localização e os tipos das medidas mitigadoras propostas para a Linha Verde (BA-099).	78

- Figura 32 – Estrutura geral das passagens aéreas para a fauna. Posicionamento das passagens com postes de eucalipto (A), piso trançado de cordas com toras de eucalipto, fixados na vegetação florestal (B), rede de proteção contra possíveis quedas sobre a rodovia (C) e estabilização com cabos vida de aço, combinado com corda para grandes espécimes arborícolas (D). Fonte: acervo Semear Ambiental. 80
- Figura 33 – Estrutura geral das passagens subterrâneas em drenagens. Passarela presa com cantoneira em meia seção da drenagem para a fauna (A), cerca de indução paralela à rodovia (B), direcionamento da cerca e junto à passarela na entrada da drenagem (C) e materiais a serem utilizados na confecção das cercas de indução (D). Fonte: acervo Semear Ambiental. 81
- Figura 34 – Estrutura geral das passagens subterrâneas secas. Característica da passagem seca sob pontes, com área constantemente seca para deslocamento (A), extensão onde será implantada a cerca de indução para o local de passagem (B), exemplo de galeria de passagem seca sob a rodovia (C) e material a ser utilizado na confecção das cercas de indução (D). Fonte: acervo Semear Ambiental (A, B e D); LIFELINES, 2016 (C). 83

Lista de tabelas

Tabela 1 – Lista das espécies registradas no monitoramento da fauna atropelada da Rodovia BA-099 (Linha Verde), entre março de 2016 e março de 2017. Os números situados nas linhas das famílias, ordens ou classes referem-se aos indivíduos registrados naquele nível taxonômico.	25
Tabela 2 – Modelos lineares generalizados (GLM) utilizados para avaliar a abundância de atropelamentos por grupos da fauna em função de variáveis climáticas e sazonais. Foi selecionado o modelo com menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) para cada grupo, sendo ainda apresentada a diferença entre o melhor modelo e demais modelos candidatos (i).	58
Tabela 3 – Lista de espécies que obtiveram os maiores índices de importância.	64
Tabela 4 – Espécies ocorrentes em cada trecho identificado como prioritário para aplicar de medidas mitigatórias	66
Tabela 5 – Resumo das medidas de mitigação propostas, apresentando o tipo de medida/passagem, trecho do mapeamento de atropelamento, localidade mais próxima na Linha Verde (BA-099) e coordenadas (UTM / SIRGAS 2000 / Zona 24 sul).	75

Sumário

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
3.1	Caracterização da Área de Estudo	16
3.2	Delineamento e Amostragem	18
3.3	Definição de variáveis	21
3.4	Mapeamento dos Trechos da Rodovia Prioritários à Implantação de Medidas Mitigadoras	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Identificação dos Animais Atropelados na Rodovia	24
4.2	Abundância Relativa de Atropelamentos entre os Trechos LV e EC	41
4.2.1	Divisão por Classe Taxonômica	41
4.3	Análise da taxa de atropelamento	49
4.4	Análise temporal das taxas de atropelamento	51
4.5	Análise da influência de variáveis climáticas sobre a abundância das espécies	54
4.6	Mapeamento dos trechos da rodovia prioritários para implantação de medidas mitigatórias	62
5	PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS	74
5.1	Localização	74
5.2	Tipos de medidas mitigadoras propostas	79
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
7	REFERÊNCIAS	87

1 INTRODUÇÃO

Os seres humanos são responsáveis pela atual taxa de perda da biodiversidade sem precedentes em todo o mundo, sendo a mudança climática, o aumento da fragmentação e degradação de habitats os principais impulsionadores dessas alterações. (VITOUSEK et al., 1997). As estradas e outros empreendimentos lineares são uma das principais causas da perda, fragmentação e degradação do habitat e estão presentes na maioria das paisagens ao redor do mundo.

Estudos em diversas regiões do planeta têm investigado aspectos relacionados à interação dos ecossistemas com as rodovias e o tráfego de veículos, principalmente seus efeitos sobre a fauna vertebrada terrestre (ver PINOWSKI, 2005; GOOSEM, 2007; COELHO et al., 2008; BARRIENTOS; BOLONIO, 2009; BENITEZ-LOPEZ et al., 2010; FAHRIG; BELLIS et al., 2013; ROSA; BAGER, 2013).

A rodovia e o seu respectivo tráfego constituem um cenário de “efeito barreira” e “efeito de borda” para alguns grupos de vertebrados que evitam ultrapassá-la e/ou diminuem a capacidade de dispersão, causando isolamento e fragmentação do ambiente (GOOSEM, 2007; FAHRIG; RYTWINSKI, 2009; ROSA; BAGER, 2011).

Os efeitos da rodovia sobre os ecossistemas podem ser a redução da aptidão individual, do tamanho populacional e alteração da composição ou da abundância de espécies. Tais efeitos estão relacionados às características da rodovia que também desencadeiam a atração de fauna, devido à disponibilidade de novos recursos (alimento, locais de nidificação e de abrigo e/ou termorregulação). A atração de espécimes para as margens das rodovias os tornam mais susceptíveis aos atropelamentos (BARRIENTOS; BOLONIO, 2009; ROSA; BAGER, 2011).

O atropelamento de fauna silvestre tende a apresentar taxas proporcionais ao volume de tráfego de veículos (ROSA; BAGER, 2013). Estudos indicam que os atropelamentos de vertebrados terrestres também apresentam relação com o tipo de vegetação, sazonalidade e comportamento de cada espécie (COELHO et al., 2008; ROSA; BAGER, 2013).

O atropelamento da fauna, associado à fragmentação do habitat e isolamento das populações animais pela rodovia, pode reduzir a abundância de populações e se tornar um problema para espécies ameaçadas e/ou que apresentam naturalmente baixa densidade populacional. Apesar dessa ameaça real para a biodiversidade, a quantidade de rodovias continua aumentando, com ampliação necessária de infraestrutura de transporte de carga e conseqüente aumento de investimentos na sua construção e modernização, entretanto, pouca ou nenhuma alocação de recursos fica atrelada às medidas de mitigação para proteger a biodiversidade (VAN DER REE et al.,

2011).

Acompanhando essa realidade, o litoral norte da Bahia que representa um polo de desenvolvimento turístico e imobiliário em franco crescimento tem requerido obras de infraestrutura. Rodovias e sua ampliação fazem parte desse contexto, com efeito direto nos ecossistemas e consequências sobre a biota, que uma vez alterada, faz com que diferentes grupos faunísticos percam suas características naturais de vida, submetidos a ambientes adversos, que os deixam vulneráveis a atropelamentos.

A partir do estudo da dinâmica espaço temporal de atropelamento da fauna em área do litoral norte da Bahia, esse estudo busca propor medidas de mitigação que possibilite potencializar a integridade dos habitats e suas variações.

2 OBJETIVOS

Objetivo Geral

- Realizar o monitoramento da fauna atropelada em trecho do litoral norte da Bahia, que corta diferentes habitats naturais, buscando gerar dados para subsidiar ações de proteção da biodiversidade, incluindo medidas mitigadoras in situ, como a instalação de passagens de fauna.

Objetivos Específicos

- Identificar a amplitude de espécies de vertebrados atropelados na rodovia;
- Reconhecer as espécies mais afetadas por atropelamento;
- Analisar se há influência de variáveis climáticas e temporais sobre a abundância da fauna atropelada;
- Definir a taxa de atropelamento para o(s) trecho(s) da rodovia;
- Mapear os trechos prioritários à implantação de medidas mitigadoras

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

3.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi realizado no trecho entre Mata de São João (Rio Pojuca - Praia do Forte) até Jandaíra (Rio Real - divisa com o Estado de Sergipe) da Rodovia BA-099, com extensão total de 141,6 km, passando por cinco municípios: Mata de São João, Entre Rios, Esplanada, Conde e Jandaíra (Figura 1).

Figura 1 – Mapa de localização da rodovia BA-099, destacando-se o trecho de monitoramento da fauna atropelada.



Entre o início (Rio Pojuca) do trecho trabalhado até a entrada de Praia do Forte, a rodovia encontra-se duplicada, com duas faixas de rodagem em cada sentido, divididas por um canteiro central, o que corresponde a uma extensão de 5 km, nos quais há passagens de fauna suspensas e subterrâneas (Figura 2). Este trecho é reconhecido como 'Estrada do Coco' (EC).

Figura 2 – Trecho de 5 km em que a rodovia é duplicada, com a presença de passagens de fauna. Passagem suspensa (A) e passagem subterrânea (B).



O trecho seguinte da rodovia, de 136,6 km, é caracterizado por uma faixa simples de rodagem em cada sentido, não duplicada, e sem passagens de fauna (Figura 3), denominado 'Linha Verde' (LV).

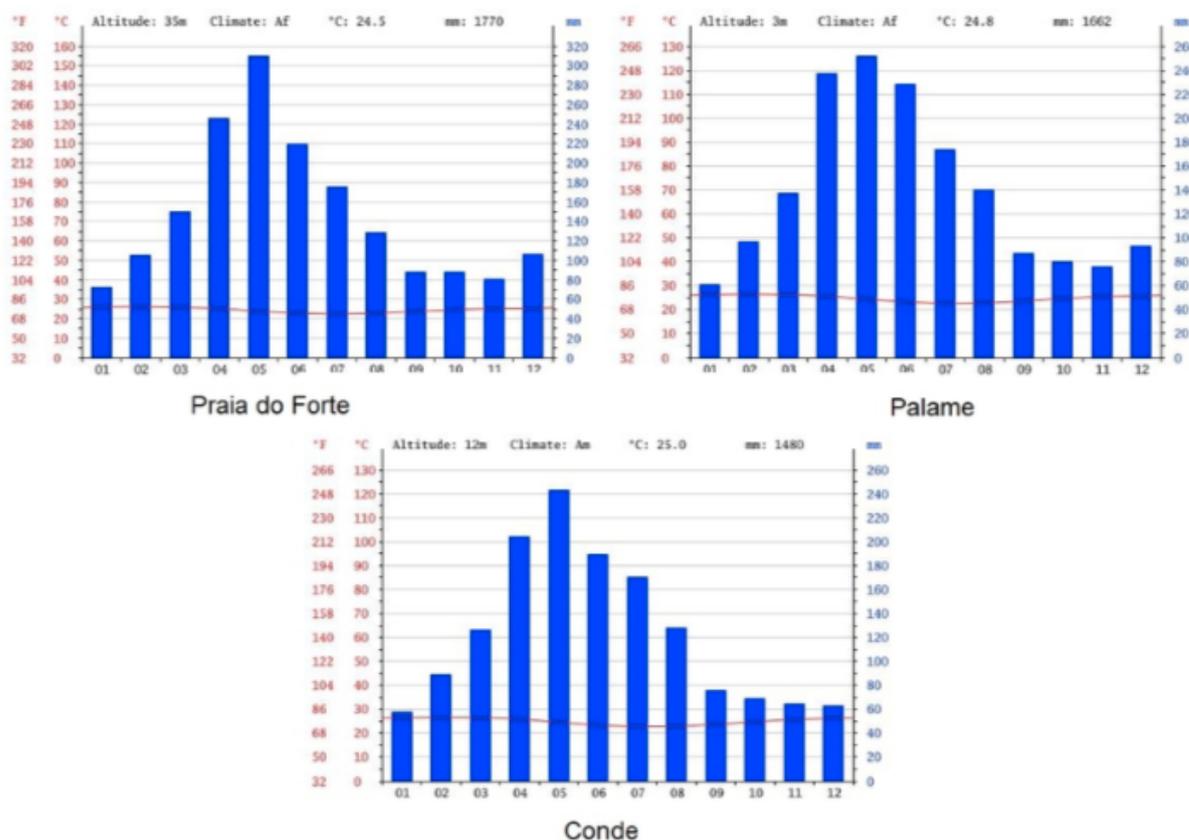
Figura 3 – Trecho de 136,6 km em que a rodovia possui faixas simples, não duplicadas e sem passagens de fauna. Trecho em meio à vegetação natural (A) e trecho envolto por áreas antropizadas/ocupadas (B).



A variação do clima na região é pouco expressiva, sem uma estação seca bem definida, porém predominando chuvas de outono e inverno. O clima é do tipo tropical úmido, com a média de temperatura variando entre 24,5 e 25 °C, enquanto

a pluviosidade varia de 1.480 a 1.770 mm ao ano, sendo as áreas mais ao norte, ligeiramente mais quentes e secas. (Figura 4).

Figura 4 – Gráficos climatológicos referentes a três diferentes localidades do trecho monitorado da BA-099: Praia do Forte (porção sul), Palame (porção central) e Conde (porção norte). Fonte: Climate-Data (2016).



O trecho monitorado da rodovia é influenciado por 15 rios: Pojuca (limite sul), Imbassaí, Sauípe, Subaúma, Inhambupe, Bú, Itariri, Rio da Pedra, Itapicuru, Crumaí, Baete, Piranjí, Macanaí, Tabatinga e Real (limite norte). A vegetação natural no entorno da rodovia é caracterizada como transição entre floresta ombrófila e vegetação de restinga, secundária, havendo remanescentes em estágio inicial, médio e avançado, além de manguezais. Na restinga, o denominador comum é o solo muito arenoso, porém abriga diferentes formações vegetais (deste florestas até vegetação arbustiva de dunas. Há várias áreas úmidas, com lagoas perenes ou temporárias, algumas sob influência de mares. Também estão presentes ao longo da rodovia algumas comunidades, vilas e imóveis rurais (condomínios, fazendas, sítios, etc.), que descaracterizam a vegetação natural, podendo ser responsáveis também pela introdução de espécies exóticas.

3.2 Delineamento e Amostragem

O estudo de monitoramento da fauna atropelada ocorreu durante março de 2016 a março de 2017, por um período de doze meses, com amostragens semanais, que

totalizaram 50 investidas a campo. Em cada mês, uma das amostragens semanais ocorreu em um dia de maior intensidade de tráfego de veículos (final de semana, feriado ou véspera de feriado).

As amostragens iniciavam no turno matutino, entre 08:00h e 09:00h, e finalizavam no turno vespertino, entre 15:00h e 16:00h e foram feitas (1) com veículo em baixa velocidade e (2) com caminhadas. Para cada observação foi indicado o local de atropelamento, (a) rodovia ou (b) acostamento.

O monitoramento sistemático por veículo e a caminhada constituíram estratégias metodológicas complementares, pois o potencial de registro de espécimes de pequeno porte pela modalidade 'caminhada' é maior. A amostragem por veículo foi realizada por dois profissionais: um (01) motorista e um (01) observador. Visando a segurança da equipe e demais usuários da rodovia, o motorista não teve a função de amostrar/observar os espécimes atropelados.

O veículo foi conduzido a uma velocidade entre 40 e 50 km/h, enquanto o 'observador' visualizava a presença de espécimes da fauna atropelada sobre a rodovia e acostamento. O sentido da amostragem da rodovia foi alternado, sendo uma semana com início no Rio Pojuca e em outra semana com início no Rio Real. O trecho duplicado (Rio Pojuca – Praia do Forte) foi amostrado nos dois sentidos em todas as amostragens.

Quando detectados, os espécimes atropelados foram retirados da rodovia ou acostamento, visando evitar atrair outros animais e consequentes novos atropelamentos, bem como o risco de coleta de dados em duplicidade nas amostragens seguintes (reamostragem) (Figura 5).

Figura 5 – Atividades desenvolvidas quando do encontro de um animal silvestre atropelado. Medição/indicação de escala (A), georreferenciamento do espécime (B), registro fotográfico (C) e retirada da rodovia ou acostamento (D).



A amostragem por ‘caminhada’ foi realizada em cada ponto de registro de atropelamento, em um raio de até 200 metros. Em ambas as modalidades, veículo e caminhada, o registro do espécime atropelado constou de:

- Número do exemplar;
- Data;
- Responsáveis pela amostragem;
- Tipo de modalidade de amostragem;
- Hora;
- Local: rodovia ou acostamento;
- Lado: direito, esquerdo (em relação ao sentido da amostragem) ou centro;
- Coordenadas geográficas (UTM);

- Identificação taxonômica;
- Classe etária;
- Sexo;
- Números das fotografias.

3.3 Definição de variáveis

- Abundância absoluta (AA): quantificar o número de indivíduos atropelados por espécie.
- Abundância relativa: razão da abundância da espécie “x” pela abundância total de atropelamentos da fauna (em uma mesma escala de tempo - dia, semana, mês, ano, etc.). $(AR (\%) = AA / \text{abundância total de organismos} \times 100)$
- Riqueza de espécies: refere-se ao número de espécies (MAGURRAN, 2011) atropeladas em um determinado espaço e tempo. Pode ser utilizada para comparar trechos da rodovia, períodos do dia, variação sazonal, etc.
- Taxa de atropelamento (BAGER, 2013): este parâmetro permite a comparação dos resultados em escala temporal e espacial maiores, visando comparação com outros estudos. Representa a razão entre o número total de indivíduos atropelados (número absoluto), a extensão da rodovia monitorada e o período total de monitoramento.
- Taxa Total Atropelamento = quantidade absoluta indivíduos atropelados / extensão da rodovia (km) / Amostragem total (dias - 50).

Para avaliar os modelos temporais relacionados aos efeitos climáticos sobre o número de atropelamentos e de espécies envolvidas foram construídos modelos com a combinação de diferentes variáveis preditoras, sendo elas a temperatura e a pluviosidade média mensal e os meses do ano. Para isso, utilizou-se modelos lineares generalizados (GLM), pois os dados apresentaram distribuição de erros de Poisson, não homogeneidade de variâncias e distribuição não normal.

Para selecionar o melhor modelo GLM foi utilizado o critério de informação de Akaike (AIC), sendo selecionado aquele com menor valor do AIC.

Foi calculada ainda a diferença entre o melhor modelo e os demais candidatos (i), buscando reconhecer outros modelos que apresentassem possibilidade de explicação razoável dos dados. Os modelos foram gerados para os dados unificados de modo geral (todos os grupos), bem como para cada grupo da fauna (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), buscando assim detectar variações de preditora resposta.

No teste de significância dos modelos selecionados, utilizou-se o valor alfa de 0,05. Para esta análise foi utilizado o pacote estatístico “Linear and Nonlinear Mixed Effects Models – nlme”, aplicado na plataforma R 3.1.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2004).

Algumas abordagens foram realizadas a partir de estatística descritiva, tendo em vista que o estudo com um único ano de monitoramento não possui ainda réplicas suficientes para algumas comparações consistentes, a exemplo da variação entre estações do ano. Portanto, estas abordagens também podem ser aprofundadas com a continuidade do estudo.

3.4 Mapeamento dos Trechos da Rodovia Prioritários à Implantação de Medidas Mitigadoras

O estabelecimento de medidas de mitigação dos efeitos de uma rodovia é comumente limitado por fatores econômicos e, portanto, sendo necessário estabelecer prioridades e critérios relevantes para identificação de trechos importantes.

Quando esta priorização é baseada somente em taxas de atropelamento, espécies prioritárias para conservação ou mais sensíveis a este impacto podem não ser consideradas (BAGER; ROSA, 2013). Buscando reduzir esse viés, neste estudo, para cada registro de atropelamento foi atribuído um peso. Este peso considerou o somatório de cinco parâmetros, gerando, desta maneira, um índice de importância para cada registro:

Pesos atribuídos para cada uma das características consideradas relevantes dos registros:

- Espécie ameaçada de extinção = 5
- Espécie endêmica = 4
- Espécie dependente florestal = 3
- Espécie estrategista K = 2
- Espécie entre as mais atropeladas = 1

O status de ameaça foi consultado em nível nacional, de acordo com a Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014 e o Sumário Executivo do Livro Vermelho da Fauna Brasileira (ICMBIO, 2016), do Ministério do Meio Ambiente (MMA), e internacional, através da IUCN Red List of Threatened Species (IUCN, 2016-3) (<http://www.iucnredlist.org/>).

Informações sobre a distribuição geográfica do táxon foram consultadas em Reis et al. (2011), IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) e demais bibliografias especializadas, buscando identificar espécies endêmicas do bioma Mata Atlântica ou subregiões (ex. Litoral Norte da Bahia).

Foram consideradas espécies estrategistas K aquelas com baixa taxa de crescimento populacional, ciclo de vida longo, elevado investimento de energia na manutenção e sobrevivência do indivíduo (ODUM; BARRET, 2011), prole de maior tamanho e em menor número e, geralmente com maior cuidado parental e melhor capacidade competitiva. Para esta definição foi utilizada uma ponderação por grupo/classe de fauna e analisada de acordo com a biologia de cada espécie.

Foram consideradas dependentes florestais espécies que necessitam do ambiente florestal em alguma fase da vida, seja como abrigo, área reprodutiva ou espaço para forrageio. Os critérios gerais utilizados foram extrapolados e baseados em Stotz et al. (1996).

As espécies mais atropeladas foram classificadas a partir do resultado deste estudo, onde as seis com maiores taxas de atropelamento se destacaram das demais.

Indivíduos classificados como “indeterminado” (registro sem condições de identificação taxonômica à nível de espécie) foram classificados com peso 0 (zero).

Observados os critérios, o mapeamento dos trechos da rodovia prioritários à implantação de medidas mitigadoras foi subsidiado pelos (a) registros pontuais e (b) pelo índice (peso) atribuído a cada espécie. Os dados foram processados no software QGIS 2.14, gerando-se dois Mapas de Calor (Kernel). O mapa de Kernel é gerado por estimativa e interpolação dos dados, permitindo uma análise espacial do comportamento de padrões, baseada na densidade de ocorrências em um raio determinado. Foi então adotado um raio de 2000m e forma quadrática. Os mapas finais foram confeccionados em Datum SIRGAS 2000, seguindo-se as normas técnicas de aplicação de cartografia e geodésica do Brasil.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Identificação dos Animais Atropelados na Rodovia

O monitoramento da fauna atropelada catalogou 83 espécies impactadas diretamente e um acumulado de 749 indivíduos (Tabela 1), considerando que não foi possível identificação à nível de espécie, em um número expressivo de registros.

As classes com o maior número de espécies (riqueza) registradas foram Aves (n=37) e Reptilia (n=22), seguida por Mammalia (n=16) e Amphibia (n=8). O grupo das Aves representou 13.5%, enquanto Reptilia representou 8.8% de abundância relativa, durante o período de março de 2016 a março de 2017. Apesar de Amphibia possuir a menor riqueza, foi a classe que apresentou a maior abundância absoluta de atropelamentos, com 472 indivíduos (63,1%), sendo *Rhinella jimi* a espécie com maior ocorrência (n=422) (Figura 6).

A segunda espécie mais atropelada foi *Cerdocyon thous* (raposa; n=45), pertencente à classe Mammalia (n=109, 14.6%). No presente monitoramento foi registrado no mínimo um (01) indivíduo desta espécie por mês.

Figura 6 – Abundância relativa (%) de registros de atropelamentos por classe taxonômica.

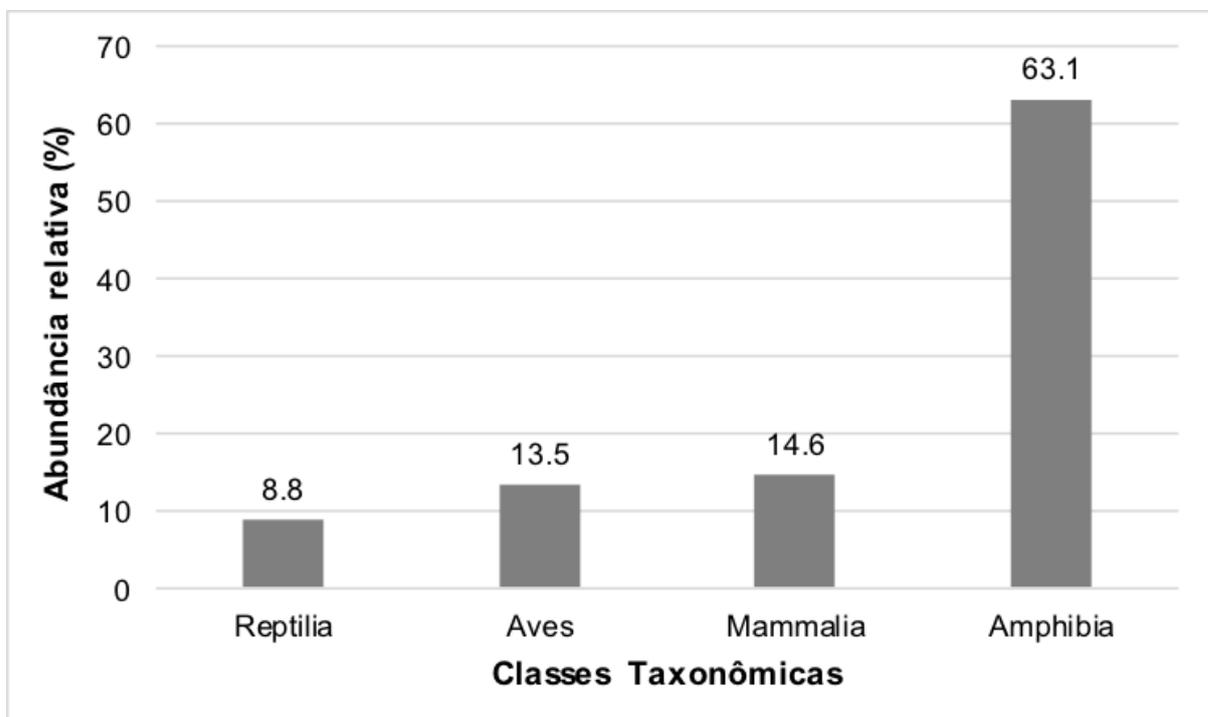


Tabela 1 – Lista das espécies registradas no monitoramento da fauna atropelada da Rodovia BA-099 (Linha Verde), entre março de 2016 e março de 2017. Os números situados nas linhas das famílias, ordens ou classes referem-se aos indivíduos registrados naquele nível taxonômico.

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
AMPHIBIA				
	ANURA		3	
	Bufo			
	Bufo			
1	<i>Rhinophrynus</i>	Sapo-cururu	422	56.3
	Hylidae		1	
2	<i>Hypsiboas albomarginatus</i>	Perereca	2	0.27

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
3	<i>Scinax x-signatus</i>	Perereca	1	0.13
Microhylidae				
4	<i>Dermatonotus muelleri</i>	Rã-manteiga	8	1.07
Leptodactylidae				
5	<i>Leptodactylus latrans</i>	Rã-manteiga	1	0.13
6	<i>Leptodactylus vastus</i>	Rã-pimenta	27	3.6
7	<i>Leptodactylus sp.</i>	Rã	6	0.8
8	<i>Physalaemus sp.</i>	Rã-chorona	1	0.13
REPTILIA				
SQUAMATA			2	
Anguidae				

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
9	<i>Ophiodes striatus</i>	Cobra-de-vidro	1	0.13
Amphisbaenidae				
10	<i>Amphisbaena alba</i>	Anfisbênia	7	0.93
11	<i>Amphisbaena vermicularis</i>	Anfisbênia	1	0.13
Boidae				
12	<i>Boa constrictor</i>	Jiboia	10	1.34
13	<i>Eunectes murinus</i>	Sucuri-verde	3	0.40
Colubridae				
14	<i>Chironius exoletus</i>	Cobra-cipó	4	0.53
15	<i>Chironius flavolineatus</i>	Cobra-cipó	3	0.40
16	<i>Liophis sp.</i>	Cobra-d'água	1	0.13

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
17	<i>Oxybelis aeneus</i>	Bicuda	3	0.40
18	<i>Oxyrhopus trigeminus</i>	Coral falsa	1	0.13
19	<i>Philodryas patagoniensis</i>	Corre-campo	5	0.67
20	<i>Spilotes pullatus</i>	Cainana	5	0.67
21	<i>Tantilla melanocephala</i>	Cobra-da-cabeça-preta	1	0.13
Dipsadidae				
22	<i>Philodryas nattereri</i>	Corre-campo	1	0.13
Elapidae				
23	<i>Micrurus ibiboboca</i>	Cobra-coral	1	0.13
24	<i>Micrurus sp.</i>	Cobra-coral	1	0.13

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
Iguanidae				
25	<i>Iguana iguana</i>	Iguana	4	0.53
Polychrotidae				
26	<i>Polychrus acutirostris</i>	Papa-vento	2	0.27
Tropiduridae				
27	<i>Tropidurus sp.</i>	Calango	3	0.40
Viperidae				
28	<i>Bothrops leucurus</i>	Jararaca	3	0.40
29	<i>Bothrops sp.</i>	Jararaca	1	0.13
TESTUDINES				
Chelidae				

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
30	<i>Mesoclemmys sp.</i>	Cágado	3	0.40
AVES			3	
APODIFORMES				
Trochilidae				
31	<i>Anthracothorax nigricollis</i>	Beija-flor-de-veste-preta	1	0.13
32	<i>Chlorostilbon lucidus</i>	Besourinho-de-bico-vermelho	1	0.13
33	<i>Eupetomena macroura</i>	Beija-flor-tesoura	1	0.13
ACCIPTRIFORMES				
Acciptridae				
34	<i>Rupornis magnirostris</i>	Carijó	3	0.4

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
	CAPRIMULGIFORMES		2	
	Caprimulgidae			
35	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Bacurau	2	0.27
	CATHARTIFORMES			
	Cathartidae			
36	<i>Cathartes aura</i>	Urubu-cabeça-vermelha	1	0.13
37	<i>Coragyps atratus</i>	Urubu-cabeça-preta	19	2.54
	COLUMBIFORMES			
	Columbidae			
38	<i>Columbina squammata</i>	Fogo-apagou	4	0.53

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
CUCULIFORMES				
Cuculidae				
39	<i>Crotophaga ani</i>	Anu-preto	7	0.93
40	<i>Guira guira</i>	Anu-branco	2	0.27
41	<i>Piaya cayana</i>	Alma-de-gato	1	0.13
GALBULIFORMES				
Bucconidae				
42	<i>Nystalus maculatus</i>	Rapazinho-dos-Velhos	2	0.27
GRUIFORMES				
Rallidae				

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
43	<i>Aramides cajaneus</i>	Saracura-três-potes	1	0.13
FALCONIFORMES				
Falconidae				
44	<i>Caracara plancus</i>	Carcará	2	0.27
PASSERIFORMES				
Thamnophilidae				
45	<i>Formicivora grisea</i>	Papa-formiga-pardo	1	0.13
Thraupidae				
46	<i>Coereba flaveola</i>	Caga-sebo	1	0.13
47	<i>Cyanerpes cyaneus</i>	Saí-beija-flor	1	0.13
48	<i>Dacnis cayana</i>	Saí-azul	1	0.13

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
49	<i>Schistochlamys ruficapillus</i>	Bico-de-veludo	2	0.27
50	<i>Sporophila leucoptera</i>	Chorão	3	0.4
51	<i>Tachyphonus rufus</i>	Pêga	1	0.13
52	<i>Tangara cayana</i>	Sairá-amarela	3	0.4
53	<i>Tangara palmarum</i>	Sanhaçu-do-coqueiro	2	0.27
54	<i>Tangara sayaca</i>	Sanhaçu-cinzento	1	0.13
	Tyrannidae		3	
55	<i>Elaenia flavogaster</i>	maria-é-dia	1	0.13
56	<i>Myiozetetes similis</i>	Bentivizinho	2	0.27
57	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Bem-te-vi	1	0.13

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
58	<i>Tolmomyias flaviventris</i>	Bico-chato-amarelo	1	0.13
59	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Suiriri	4	0.53
Turdidae				
60	<i>Turdus leucomelas</i>	Sabiá-barranco	4	0.53
Vireonidae				
61	<i>Cyclarhis gujanensis</i>	Pitiguari	1	0.13
62	<i>Vireo chivi</i>	Juruviara	5	0.67
Hirundinidae				
63	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Andorinha serradora	2	0.27
64	<i>Tachycineta albiventer</i>	andorinha-do-rio	1	0.13
STRIGIFORMES				

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
Strigidae				
65	<i>Glaucidium brasilianum</i>	Camburé	1	0.13
66	<i>Megascops choliba</i>	Corujinha-do-mato	2	0.27
TROGONIFORMES				
Trogonidae				
67	<i>Trogon curucui</i>	Surucuá-de-barriga-vermelha	1	0.13
MAMMALIA			3	
PILOSA				
Bradyrodidae				
68	<i>Bradyrodus torquatus</i>	Preguiça de coleira	1	0.13

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
PRIMATES				
Cebidae				
69	<i>Callithrix jacchus</i>	Sagui-de-tufo-branco	17	2.27
70	<i>Callithrix penicillata</i>	Sagui-de-tufo-preto	1	0.13
CARNIVORA				
Canidae				
71	<i>Cerdocyon thous</i>	Raposa	45	6.01
Mephitidae				
72	<i>Conepatus semistriatus</i>	Gambá	2	0.27
RODENTIA				
Echimyidae				

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
73	<i>Trinomys albispinus</i>	Rato-de-espinho	1	0.13
Erethizontidae				
74	<i>Chaetomys subspinosus</i>	Ouriço-preto	5	0.67
75	<i>Coendou insidiosus</i>	Ouriço-cacheiro	3	0.4
CINGULATA				
Dasypodidae				
76	<i>Dasyus septemcinctus</i>	Tatuí	1	0.13
77	<i>Euphractus sexcinctus</i>	Tatu-peba	1	0.13
DIDELPHIMORPHIA				
Didelphidae				
78	<i>Didelphis albiventris</i>	Sariguê-da-orelha-branca	21	2.8

N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
79	<i>Didelphis aurita</i>	Sariguê-da-orelha-preta	2	0.27
	<i>Didelphis sp.</i>	Sariguê	1	
LAGOMORPHA				
Leporidae				
80	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Tapiti	1	0.13
CHIROPTERA				
Vespertilionidae				
81	<i>Myotis sp.</i>	Morcego	1	0.13
Molossidae				
82	Indeterminado	Morcego	2	0.27
Phyllostomidae				

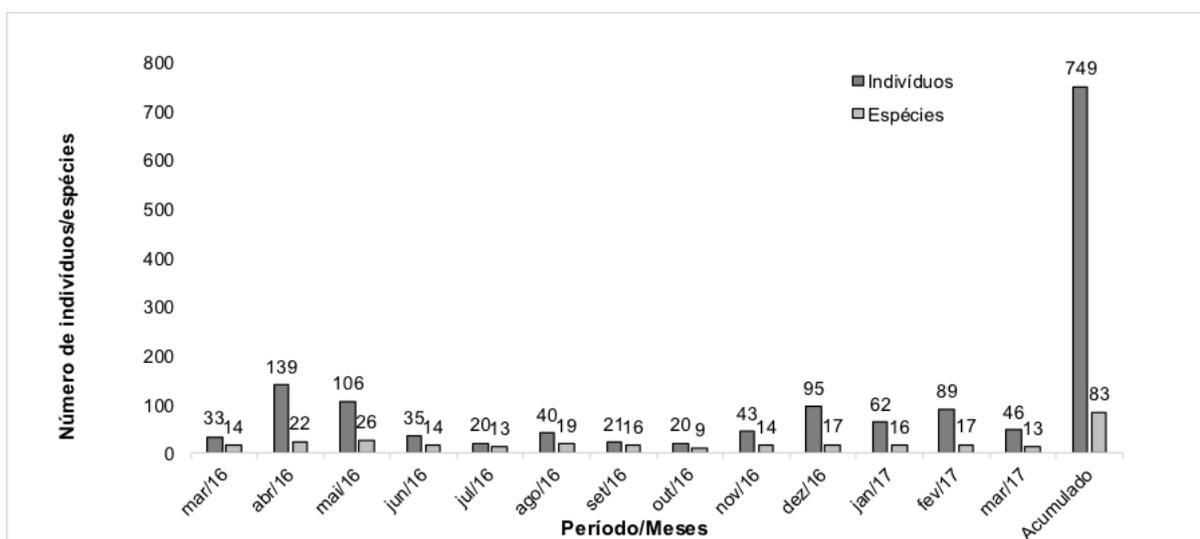
N	Táxon	Nome popular	Indivíduos atropelados	Abundância relativa (%)
83	Indeterminado	Morcego	1	0.13

Dentre as espécies atropeladas, duas estão entre as ameaçadas de extinção, segundo a Lista Vermelha da IUCN (2016.3) e o MMA (2014): *Bradypus torquatus* (vulnerável) e *Chaetomys subspinosus* (vulnerável). Além da ameaça de extinção, essas duas espécies são consideradas dependentes florestais, ou seja, necessitam de uma formação florestal para sobreviver, sendo conseqüentemente sensíveis às alterações do habitat, sobretudo perda e fragmentação. Por si só, este resultado sustentaria a implantação de passagens de fauna prioritariamente em áreas com florestas às margens da rodovia.

O número de outras espécies dependentes de ambientes florestais atropeladas foi baixo, em relação ao total de espécies de mamíferos que podem ocorrer na região. Esse fato sugere provável efeito barreira sobre alguns grupos, principalmente aqueles com espécies que além de dependentes do interior da floresta são sensíveis às demais perturbações do habitat (RAMOS et al., 2011). Isto significa que embora não sejam atropelados, provavelmente estão evitando as proximidades da rodovia.

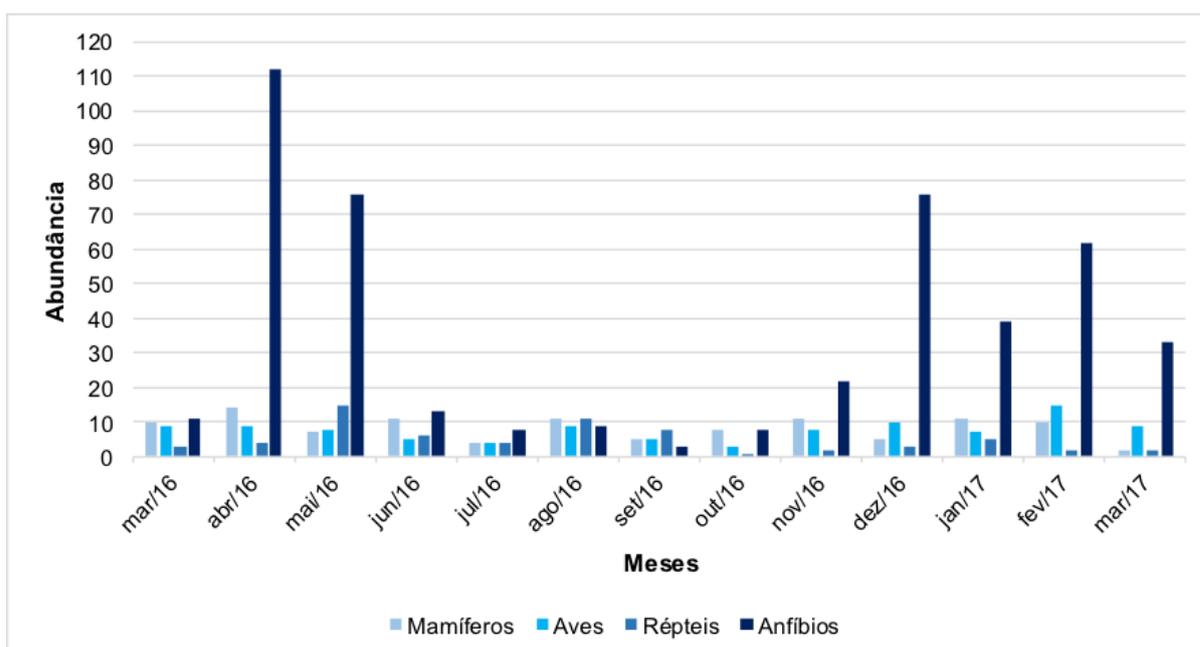
De maneira geral, as maiores quantidades de atropelamentos ocorreram em períodos mais quentes e de maior pluviosidade do ano, no outono (abril e maio) e primavera/verão (dezembro, janeiro e fevereiro) (Figura 7).

Figura 7 – Gráfico de representação da quantidade de registros (espécies e indivíduos) de animais atropelados durante o período amostrado.



Particularmente, a classe Amphibia apresentou o maior número de indivíduos atropelados durante período de maior pluviosidade (Figura 8), modulando a tendência geral observada em vertebrados. As aves também contribuem para essa tendência geral, e mamíferos praticamente não apresentam variações importantes ao longo do ano. Os dados para os répteis são mais difíceis de interpretar, embora se observe ligeiro acréscimo em períodos mais secos.

Figura 8 – Abundância de atropelamentos por Classe (Mamíferos, Aves, Répteis e Anfíbios) durante o período de monitoramento.



4.2 Abundância Relativa de Atropelamentos entre os Trechos LV e EC

4.2.1 Divisão por Classe Taxonômica

A classe de vertebrados com maior abundância relativa em ambos os trechos foi Amphibia, com alguma variação entre ambos - 64% na Linha Verde (Figura 9) e 55% na Estrada do Coco (Figura 10). Apresentaram resultados similares de atropelamentos em ambos os trechos o grupo das Aves, com 14% e 13%, respectivamente, e de mamíferos, com 15% na LV e 13% na EC. A classe Reptilia correspondeu à segunda maior abundância relativa na Estrada do Coco (19%), porém foi a menos atropelada na Linha Verde (8%).

Figura 9 – Gráfico da abundância relativa (%) durante o monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde (LV), de acordo com os grupos faunísticos.

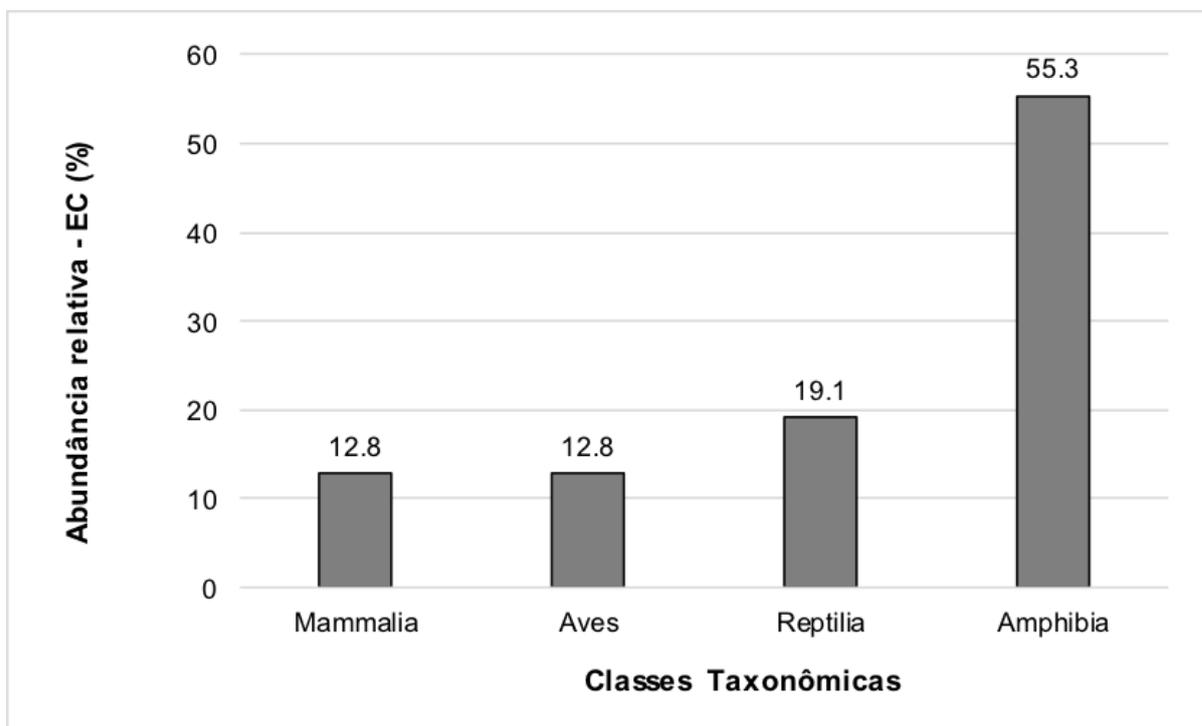
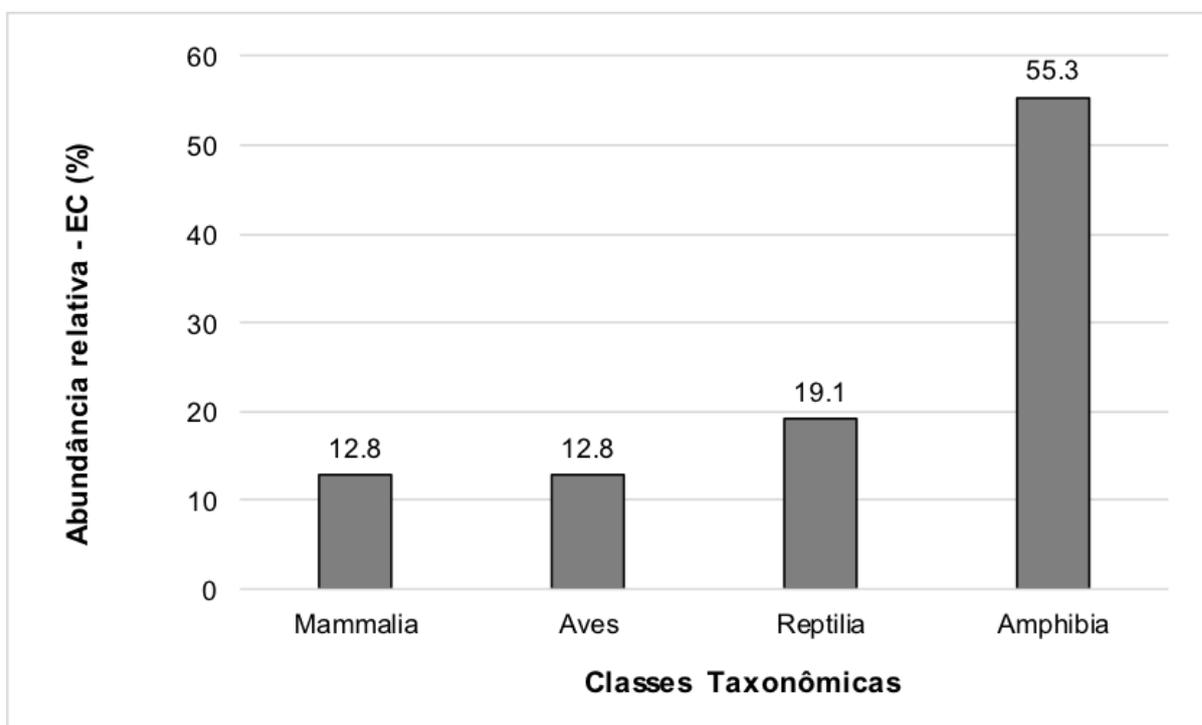


Figura 10 – Gráfico da abundância relativa (%) durante o monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco (EC), de acordo com os grupos faunísticos.



Mammalia

Entre as espécies atropeladas, *Chaetomys subspinosus* (ouriço-preto) (LV: n=2,

0.3% e EC: n=3, 6.4%) merece destaque e atenção por ser endêmica do bioma Mata Atlântica e presente nas listas de fauna ameaçada de extinção. Outra espécie de importância, principalmente pelo alto número de indivíduos atropelados na LV, é *Cerdocyon thous* (raposa) (LV: n= 45, 6.4%), mamífero que utiliza as bordas de mata e áreas de grande densidade de vegetação como refúgio (scape space) para circular por áreas alteradas/habitadas pelo ser humano, se expondo mais ao risco de atropelamento. A grande diferença de atropelamentos desta espécie entre os trechos parece estar mais relacionada à variação de sua abundância nos habitats nos arredores da rodovia, entre esses dois trechos (Figura 11 e 12).

As espécies *Didelphis albiventris* (sariguê-da-orelha-branca) (LV: n=20, 2.9% e EC: n=1, 2.1%) e *Callithrix jacchus* (sagui-de-tufos-brancos) (LV: n=17, 2.4% e EC: n=0) também fazem parte das espécies mais atropeladas. No primeiro caso, o hábito noturno deve ser um potencializador de acidentes em função de desorientação do animal e baixa visibilidade por parte de condutores de veículos. No segundo caso, embora arborícolas, há varias evidências de habilidade de movimentação através de áreas pouco arborizadas, como é o caso de Salvador.

Figura 11 – Gráfico da abundância relativa (%) dos mamíferos registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.

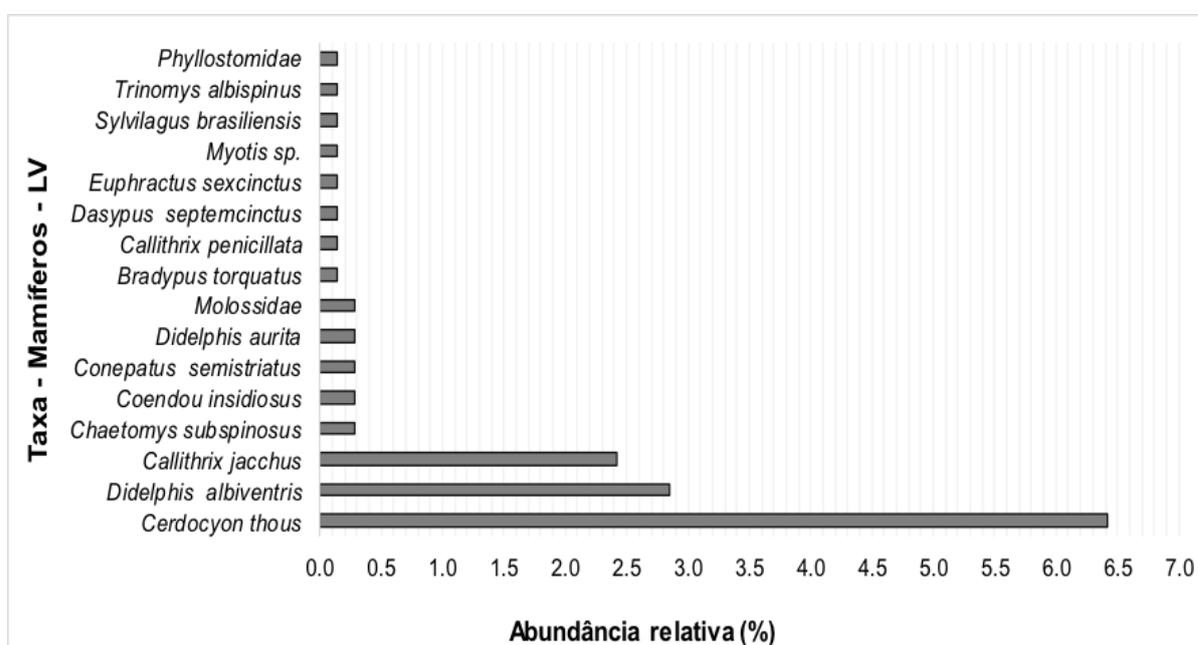
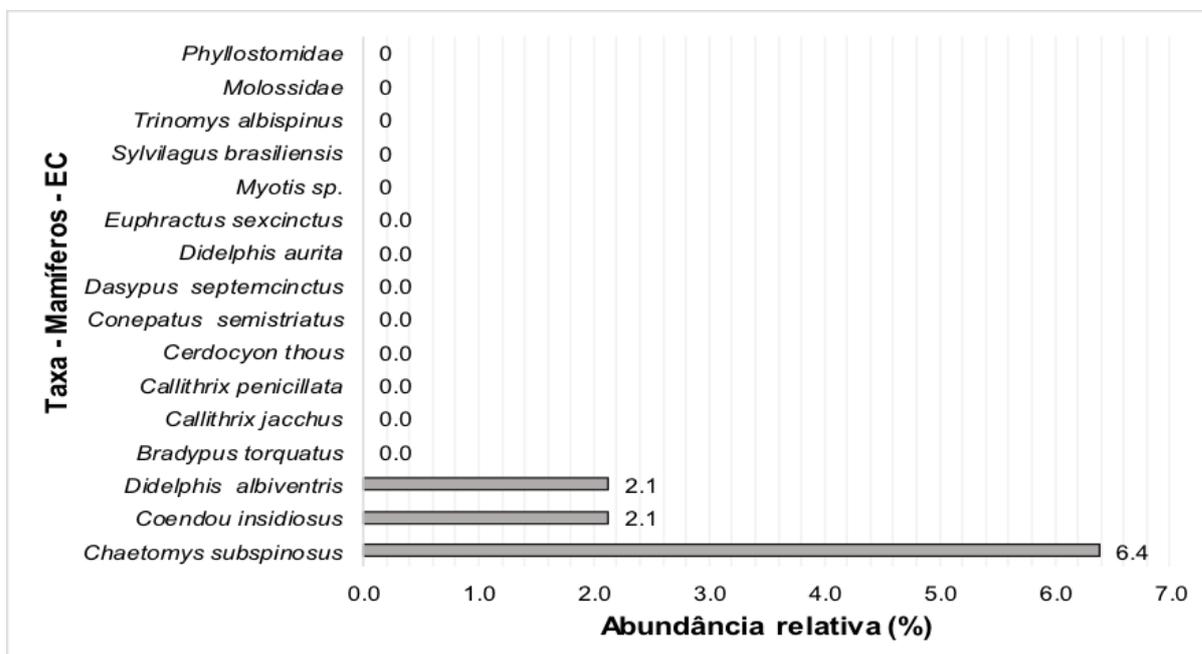


Figura 12 – Gráfico da abundância relativa dos mamíferos registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.

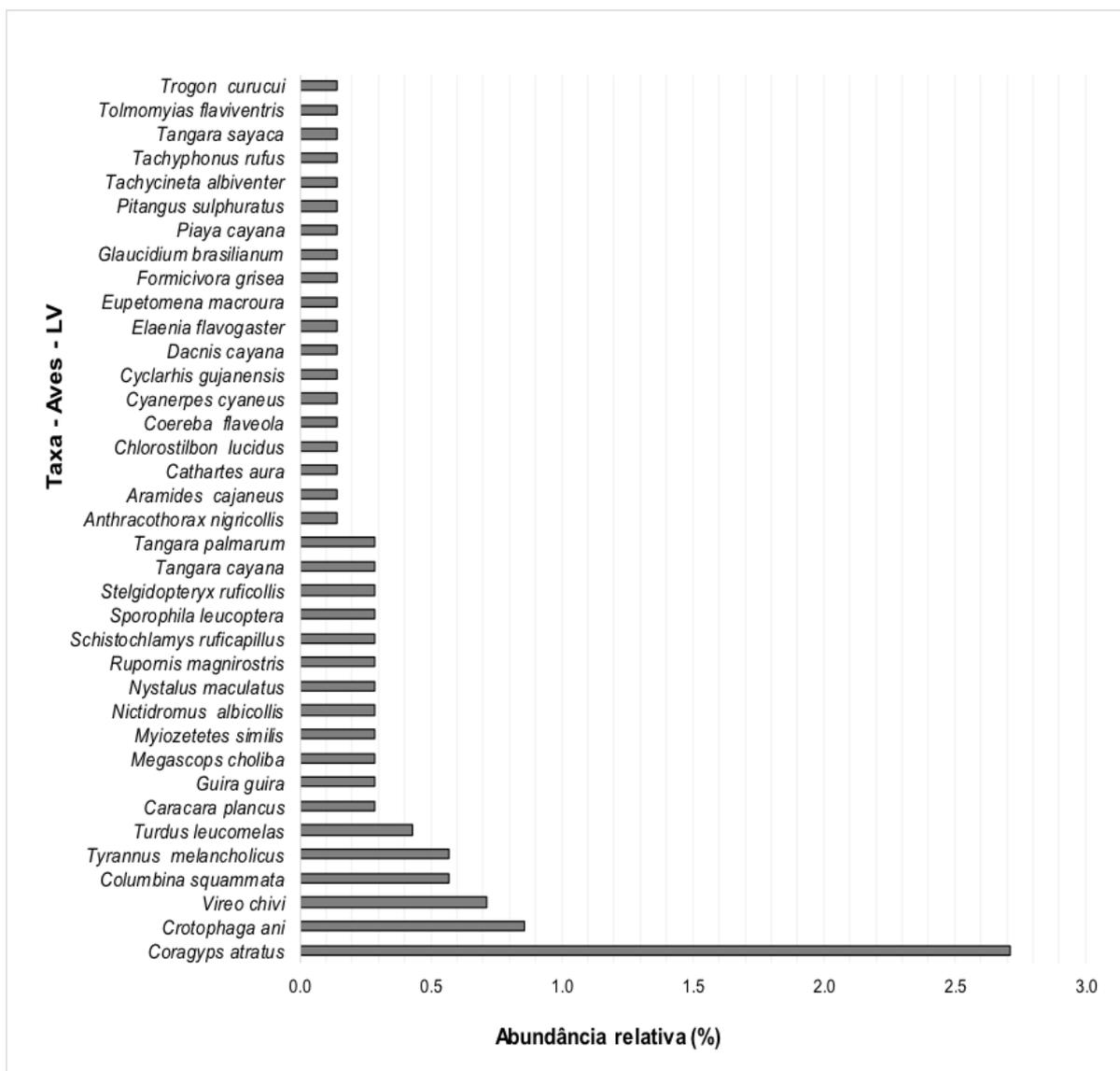


Aves

Nenhuma das aves registradas está classificada como ameaçada de extinção de acordo com a IUCN (2016.3) e o MMA (2014), nem mesmo foram registrados exemplares endêmicos da Mata Atlântica nos atropelamentos da rodovia do Litoral Norte da Bahia.

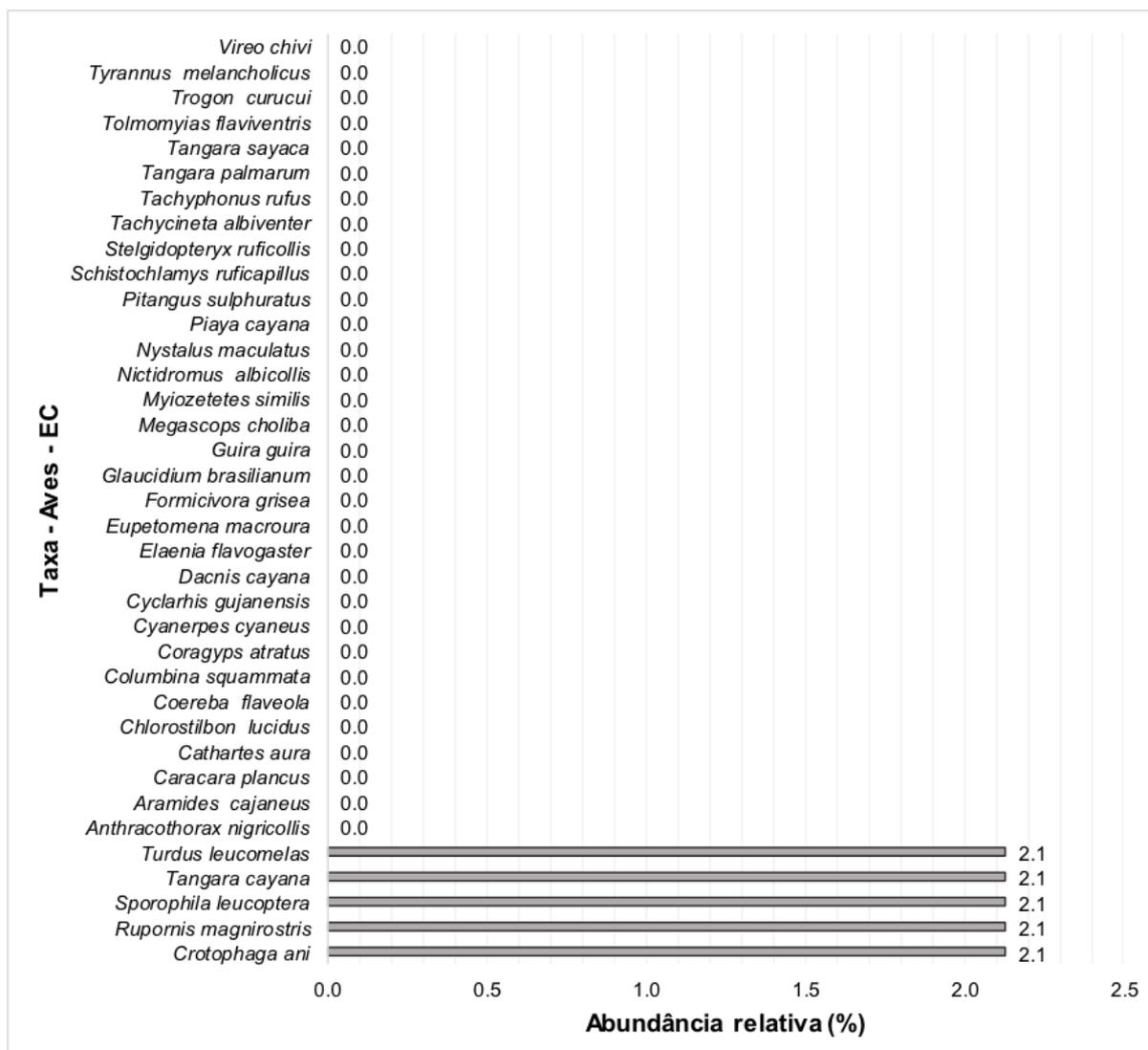
Houve diferença entre os trechos quanto às espécies mais atropeladas. Na Linha Verde a espécie mais atropelada foi *Coragyps atratus* (urubu-de-cabeça-preta) (n=19, 2.7%), provavelmente porque é atraída por carcaças de animais atropelados ao longo da rodovia (Figura 13). Para evitar novos atropelamentos desta espécie e outros “carniceiros”, como o carcará (*Caracara plancus*), um dos procedimentos do monitoramento operacional da rodovia deve incluir a remoção regular de carcaças, principalmente nos períodos de maior ocorrência de atropelamentos, principalmente para reduzir riscos de acidente de automóveis.

Figura 13 – Gráfico da abundância relativa (%) das aves registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.



Durante o monitoramento na Estrada do Coco (Figura 14) houve a ocorrência das espécies *Crotophaga ani* (anu-preto, n=1), *Rupornis magnirostris* (gavião-carijó, n=1), *Sporophila leucoptera* (chorão, n=1), *Tangara cayana* (saíra-amarela, n=1) e *Turdus leucomelas* (sabiá-barranco, n=1) todas com abundância relativa de 2.1%. Todas também foram registradas na LV, porém com ocorrência proporcionalmente menores.

Figura 14 – Gráfico da abundância relativa (%) das aves registradas no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.



A diferença espacial fica evidenciada pelas cinco espécies mais abundantes na LV que se quer aparecem nos registros de EC. Ou seja, há neste grupo uma forte influência da variação de tipos de habitats e do nível de preservação ao longo desses trechos. A EC, por exemplo, está muito mais afetada pela urbanização marginal e pelo efeito “espinha” ao longo de estradas vicinais da rodovia principal, por onde proliferam condomínios e pequenos núcleos urbanos.

Reptilia

Na Linha Verde (Figura 15), *Boa constrictor* (jiboia) (n=9, 1.3%) foi a espécie com maior número de registros de atropelamento. A segunda espécie mais atropelada foi a pequena *Amphisbaena alba* (cobra-cega) (n=5, 0.7%).

Na Estrada do Coco, *A. alba* (cobra-cega) (n=2, 4.3%) aparece em primeiro lugar e as espécies *B. constrictor*, *Iguana iguana*, *Liophis* sp., *Mesoclemmys* sp., *Philodryas*

nattereri, *Spilotes pullatus* e *Tropidurus* sp. apresentaram apenas um registro (n=1, 2.1%) e estão em segundo lugar (Figura 16).

Figura 15 – Gráfico da abundância relativa (%) dos répteis registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.

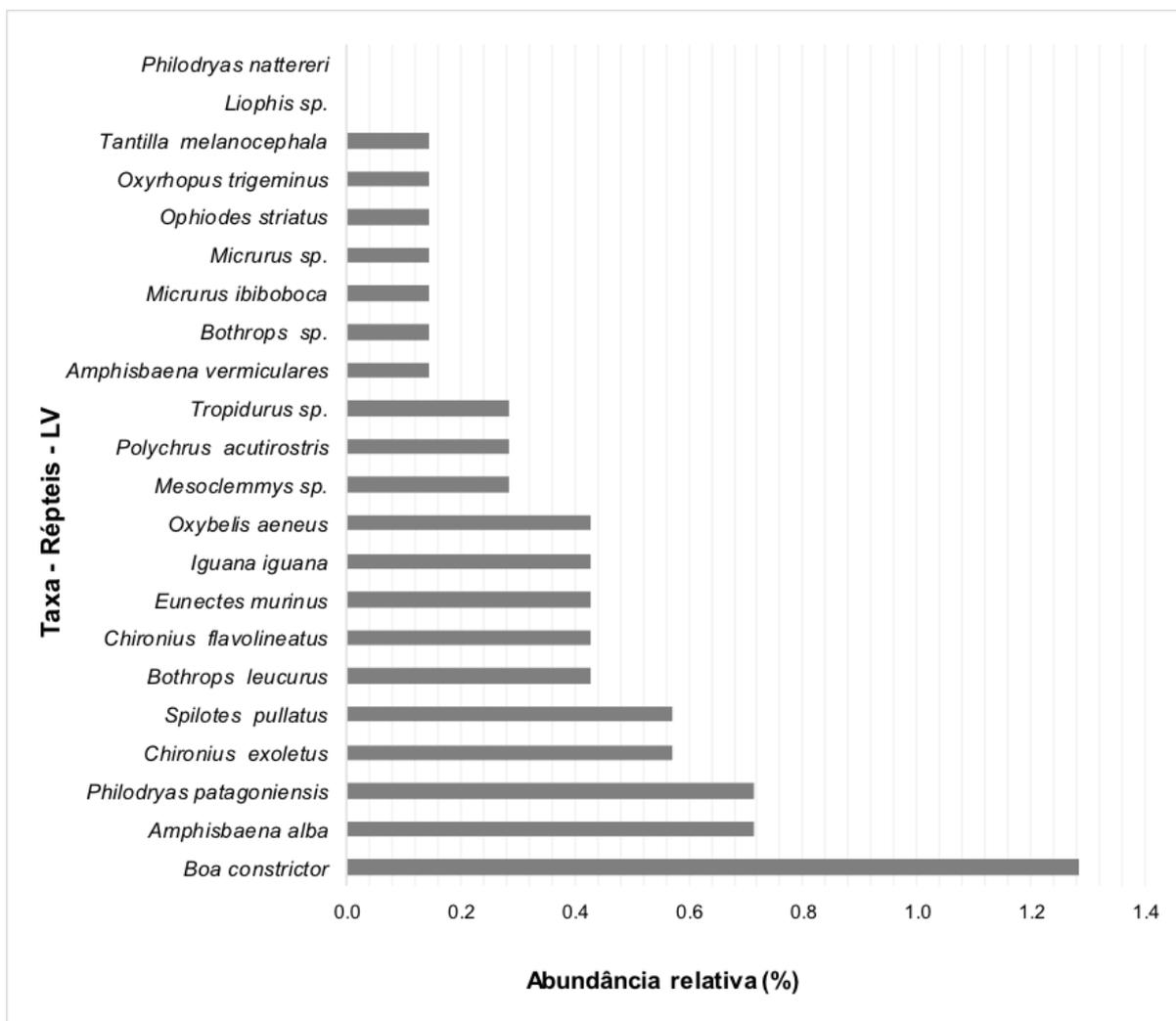
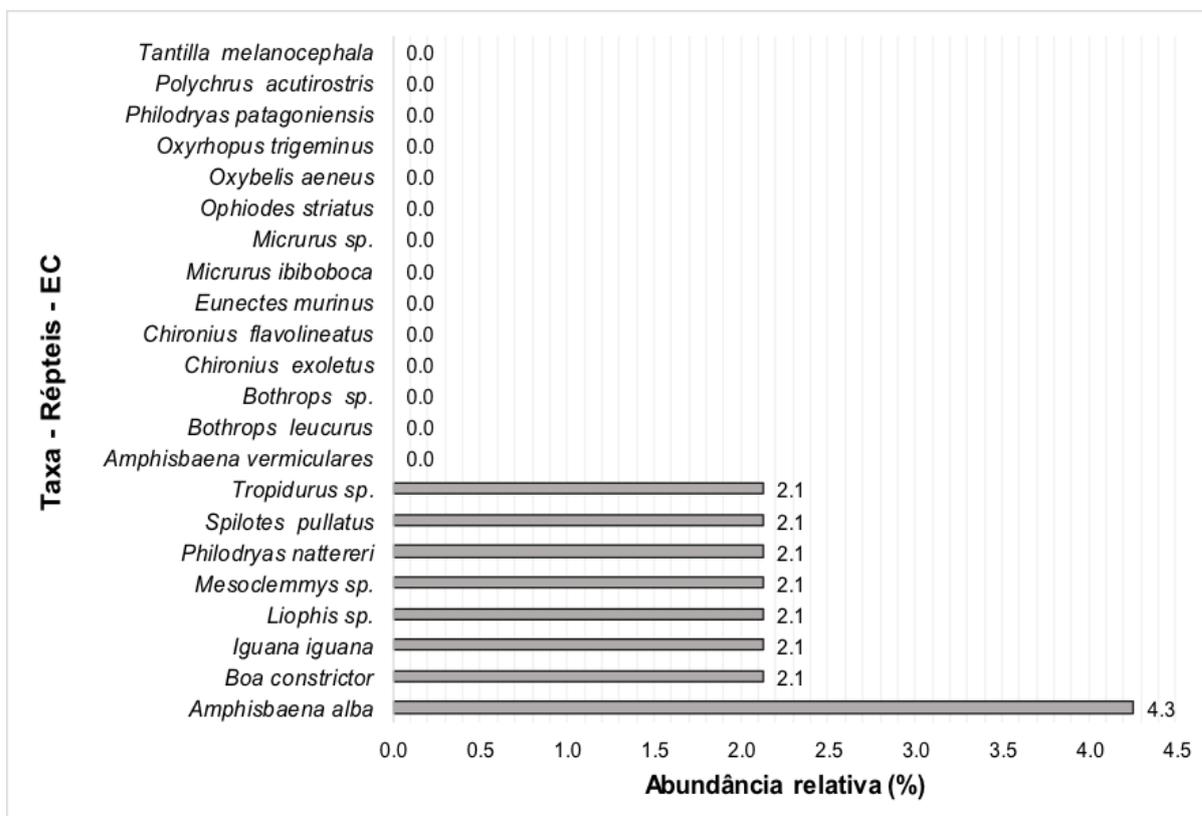


Figura 16 – Gráfico da abundância relativa (%) dos répteis registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.



As diferenças entre os trechos parecem ser também importantes no caso dos répteis, com maior incidência de atropelamentos na LV.

Não houve registro de espécies endêmicas e/ou ameaçadas de extinção nos atropelamentos, de acordo com as classificações da IUCN (2016.3) e MMA (2014).

Amphibia

A espécie mais atropelada de todos os grupos faunísticos foi *Rhinella jimi* (sapo-cururu), com 422 indivíduos atropelados na Estrada do Coco e Linha Verde, representando isoladamente 56% do total da fauna. A abundância relativa na Linha Verde foi de 58.5%, contra 25,5% na Estrada do Coco. (Figura 17; Figura 18). A maior densidade de lagoas ao longo da LV deve explicar boa parte dessa variação. Essa espécie é muito abundante, adaptada a ambientes urbanos e periurbanos, são atraídos à rodovia, por exemplo, pela presença de recursos alimentares (artrópodes), ou quando a rodovia tem proximidade com corpos hídricos, portanto, está muito vulnerável a atropelamentos. Um fato que se destaca quando comparada a abundância relativa dessa classe é que apesar de *R. jimi* ter sido a espécie mais atropelada, na EC quem se destacou foi *L. vastus*, são espécies que apresentam comportamento semelhantes no ambiente. Entretanto, apesar disso, *L. vastus* tem preferência por ambientes mais florestados, o que justifica ter tido mais atropelado na EC que corresponde a um trecho

de maior contato com a mata da Reserva Sapiranga.

Figura 17 – Gráfico da abundância relativa dos anfíbios registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Linha Verde.

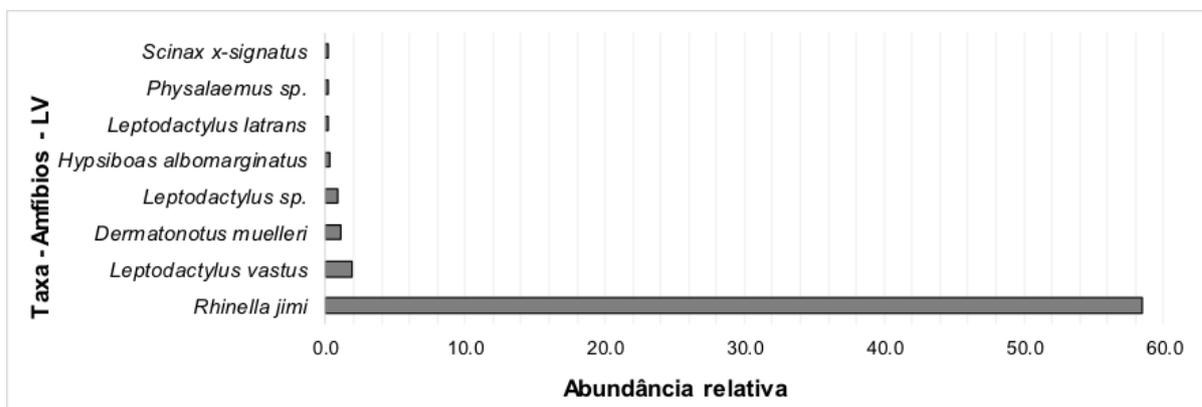
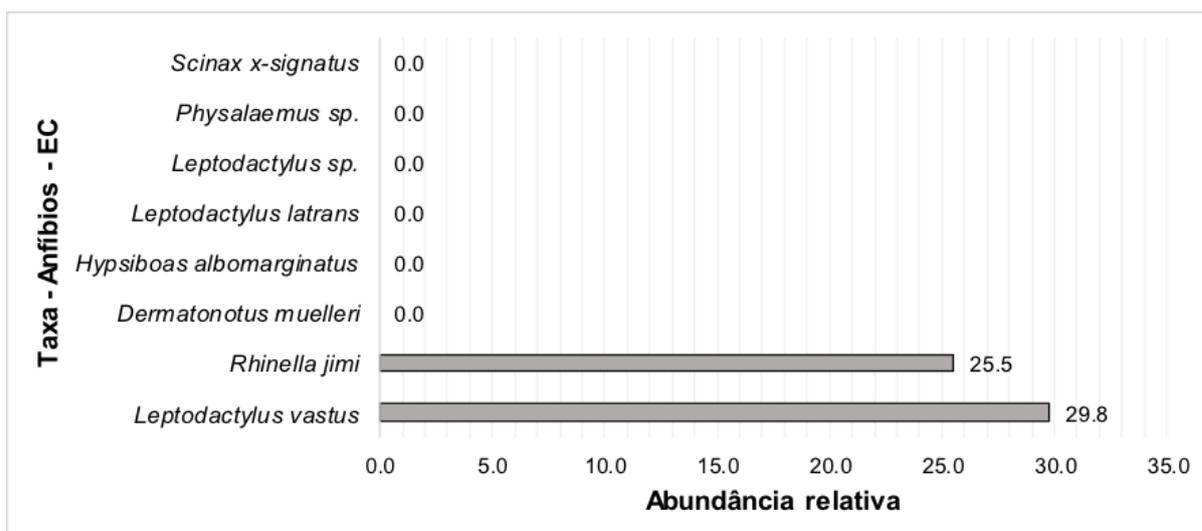


Figura 18 – Gráfico da abundância relativa dos anfíbios registrados no monitoramento da fauna atropelada, no trecho da Estrada do Coco.

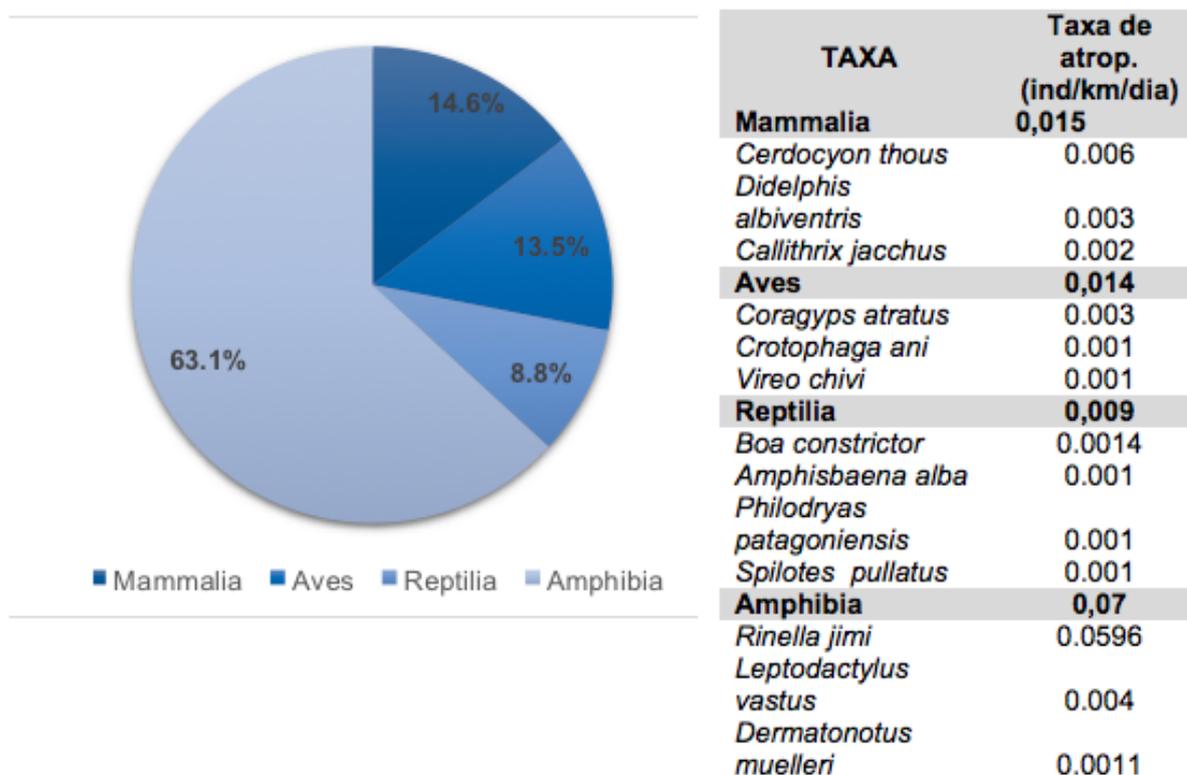


4.3 Análise da taxa de atropelamento

O número absoluto de animais atropelados não incorpora a extensão da rodovia e o tempo de amostragem. Entretanto, a taxa de atropelamento faz isso e expressa melhor os níveis do problema (n° de atropelamentos/extensão da rodovia/tempo) e permite expressar com mais objetividade variações espaciais e temporais. Dessa forma, também é possível avaliar diferenças nas concentrações de atropelamentos entre rodovias (BAGER, 2013).

A taxa de atropelamento total da rodovia (141,6km) (Figura 19) monitorada foi de 0.1 ind/km/dia ou 1 ind/10km. A Linha Verde, que corresponde à extensão maior da rodovia (136,6 km), deteve 93,6% ($n=701$) dos registros, enquanto a Estrada do

Figura 20 – Taxa de atropelamento das espécies mais abundantes e classes taxonômicas, no monitoramento da BA-099 de Mar/2016 a Mar/2017.



Alguns estudos já realizados utilizam como unidade da taxa de atropelamento ind/km/mês. No presente monitoramento considerando a unidade de tempo o mês, a taxa de atropelamento foi de 0,44 ind/km/mês. Coelho (2008) encontrou um índice menor de atropelamento de fauna silvestre em duas rodovias de uma região de Mata atlântica, no sul do Brasil. Ele registrou 869 vertebrados (aves, répteis e mamíferos) em 13 meses, correspondendo a 0,34 ind/km/mês. Dentre as espécies mais atropeladas estavam *C. thous*, *D. albiventris* e *Crotophaga ani*, resultado equivalente ao encontrado neste monitoramento. Cacerés et al. (2010) também encontraram como mais frequente as raposas, em regiões de Cerrado e Mata Atlântica.

Os atropelamentos nas rodovias estão geralmente concentrados em algumas poucas espécies, em geral com hábito generalista, localmente abundantes, que se deslocam muito e/ou são atraídas pelos recursos ou por algumas características favoráveis a elas das rodovias (FORMAN et al., 2003).

4.4 Análise temporal das taxas de atropelamento

Observando a variação nas taxas de atropelamento ao longo do ano, as mais elevadas ocorreram em abril/16 (0.25 ind/km/dia), dez/16 (0.17 ind/km/dia), fev/17 (0.16 ind./km/dia), mar/17 (0.16 ind./km/dia) e mai/16 (0.15 ind./km/dia), respectivamente

(Figura 21), concentrada nas estações de verão e outono (Figura 22). Essa variação sugere flutuações relacionadas com as condições climáticas, principalmente a pluviosidade. A variação temporal da composição, riqueza de espécies e número de atropelamentos pode estar relacionada à maior mobilidade e abundância da fauna durante determinados períodos, que podem incluir estações de reprodução e de dispersão ou variações temporais e espaciais das características ambientais e de disponibilidade de recursos (COELHO et al. 2008). Neste estudo, detectamos algum nível de variação de resposta temporal entre grupos de vertebrados, como por exemplo, anfíbios mais atropelados na estação chuvosa e répteis na estação seca.

Figura 21 – Taxa de atropelamento por mês de monitoramento e a taxa total da BA-099 trecho Rio Pojuca a Divisa BA/SE.

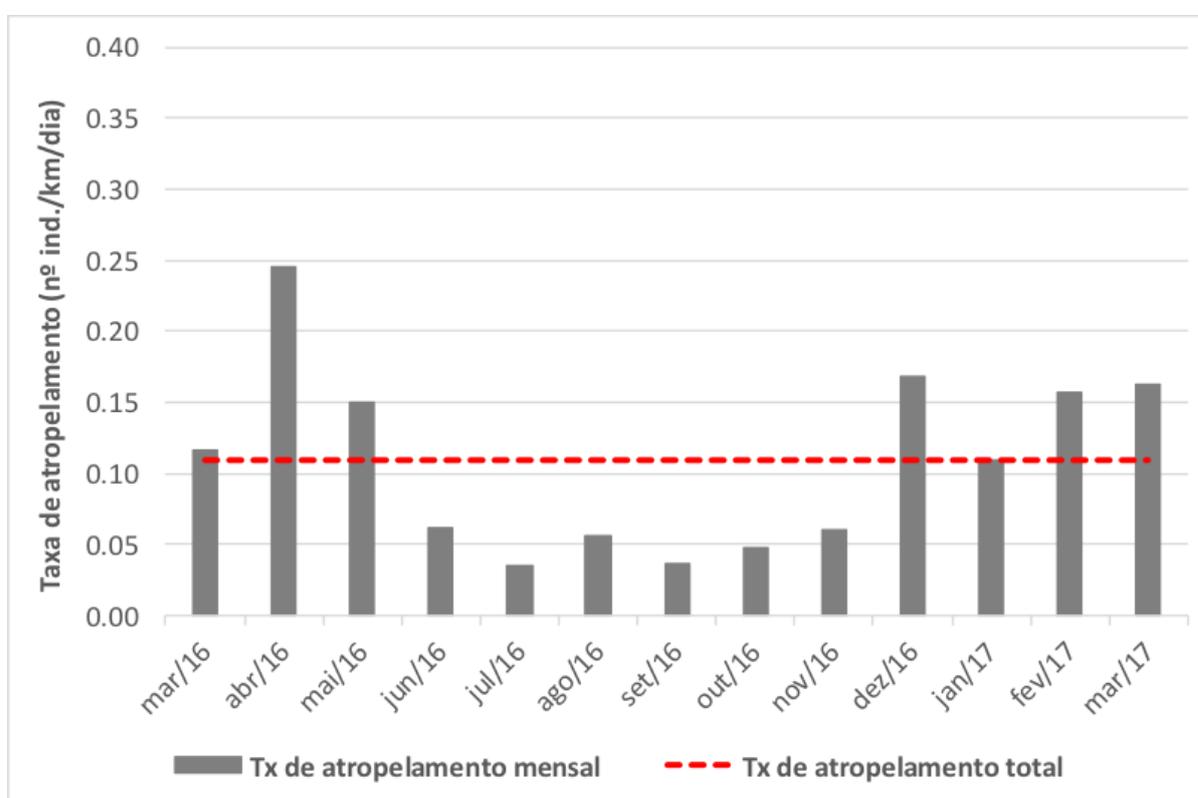
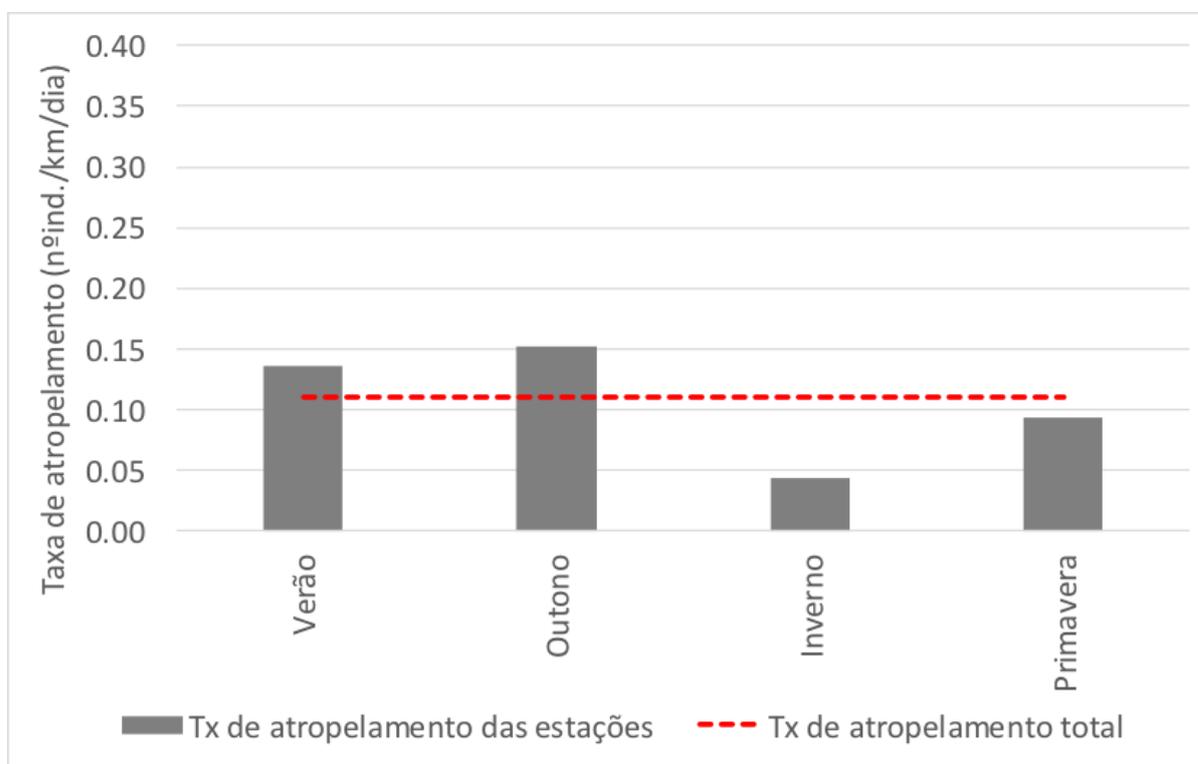


Figura 22 – Taxa de atropelamento por estações do ano e a taxa total da BA-099 trecho Rio Pojuca a Divisa BA/SE.



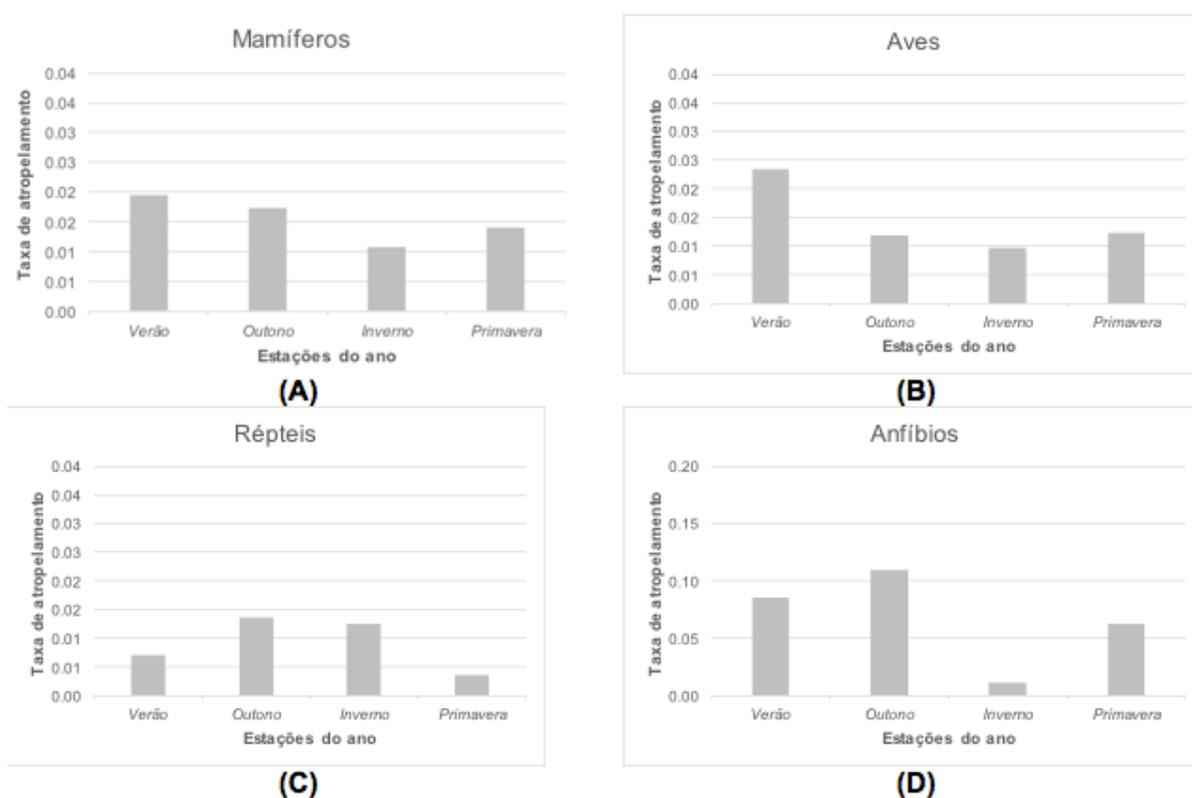
As espécies de anfíbios mais vulneráveis ao atropelamento são aqueles com hábito terrestre, alta vagilidade, que percorrem longas distâncias durante o período reprodutivo, com filopatria aos sítios reprodutivos e um padrão diário de deslocamento que coincide com os picos de fluxo de carros (CARR & FAHRIG, 2001; HELS & BUCHWALD, 2001; ORLOWSKI et al., 2008; SILLERO, 2008). As maiores taxas de atropelamento na EC da rã-pimenta (*Leptodactylus vastus*, n=10) e na LV do sapo cururu (*Rhinella jimi*, n=153) aconteceram em período de maior pluviosidade, que, frequentemente, está associado à maior atividade reprodutiva dessas espécies (GONDIM-SILVA, et al., 2016).

Ou seja, é possível e desejável ações mitigadoras concentradas nos períodos chuvosos e focadas nesses grupos, que têm grande relevância no controle de insetos e outros animais (por exemplo, alguns caramujos) com potencial impacto negativo sobre a qualidade de vida das populações humanas das vilas e núcleos urbanos do litoral norte da Bahia.

No monitoramento, os répteis tiveram as maiores taxas no outono e inverno (Figura 23). Aves e mamíferos tiveram os maiores registros no verão. Clevenger et al. (2003) observaram, no vale do rio BOW (Canadá), maiores índices de atropelamento de mamíferos na primavera e de pássaros de maio a agosto (verão setentrional), indicando que as atividades de reprodução e dispersão devem ter aumentado a exposição destes grupos à mortalidade por esse fator. Oliveira (2005), Coelho et al. (2008) e Costa

(2014) observaram um menor registro de répteis no período de inverno, explicado provavelmente pela menor mobilidade destes animais ectotérmicos sob temperaturas mais baixas.

Figura 23 – Taxa de atropelamento nas estações do ano de Mamíferos (a), Aves (b), Répteis (c) e Anfíbios (d) da BA-099 trecho Rio Pojuca a divisa BA/SE no período de março 2016 a março 2017



4.5 Análise da influência de variáveis climáticas sobre a abundância das espécies

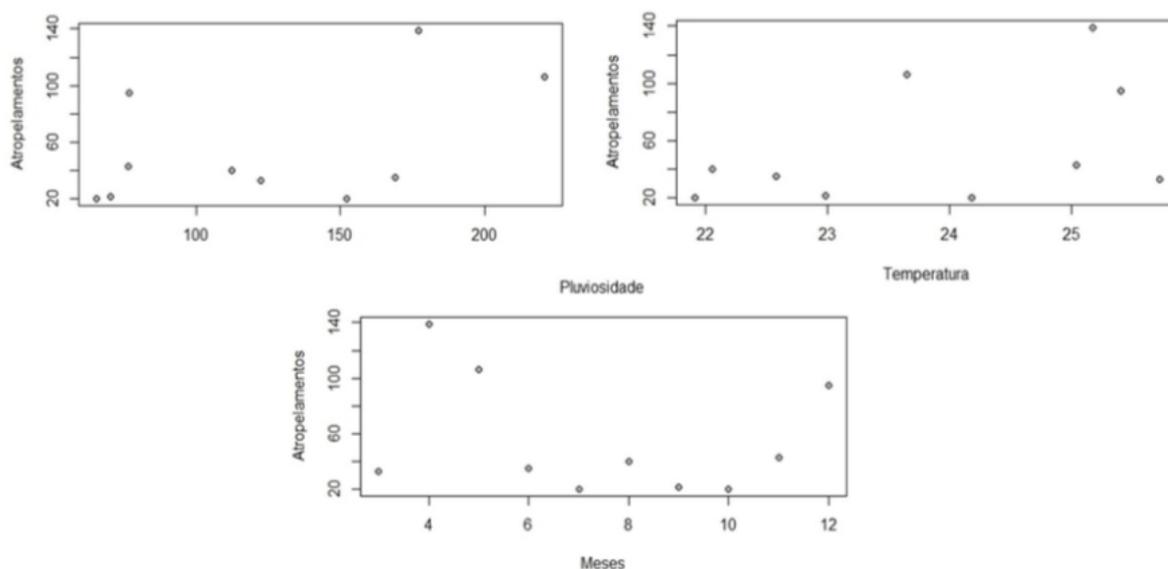
Diversos são os fatores que podem influenciar no número/taxa de atropelamentos de uma rodovia, a exemplo da variação do tráfego de veículos entre os trechos da rodovia, traçado da rodovia (influencia a velocidade do veículo e visibilidade), estrutura e composição da paisagem do entorno, assim como fatores climáticos, que podem estar relacionados aos ciclos das espécies (CLEVINGER et al., 2003; TAYLOR; GOLDINGAY, 2004; SEILER, 2005).

Avaliando os modelos relacionados a variáveis temporais e climáticas, bem como as combinações entre eles, é possível observar padrões semelhantes entre alguns grupos da fauna, sobretudo pela influência da variável “temperatura”. Os melhores modelos explicativos da relação de atropelamentos da fauna com essas variáveis foram selecionados a partir do menor valor do critério de informação de Akaike (AIC). O menor valor de AIC, em última análise representa a melhor relação entre o menor número

possível de parâmetros incorporados ao modelo e a melhor capacidade de explicar a variação dos dados observados. O resumo dos resultados dos modelos testados está apresentado na Tabela 2, indicando os parâmetros que influenciaram cada grupo faunístico.

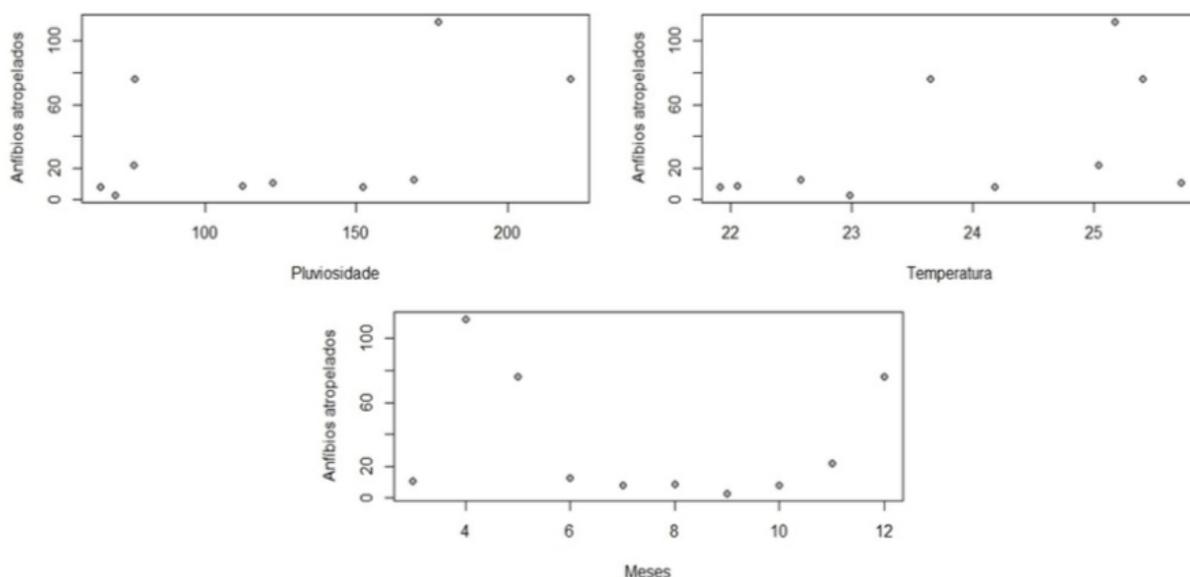
O número geral de atropelamento, considerando todos os grupos faunísticos, apresentou relação com as três variáveis preditoras testadas, isto é, temperatura, pluviosidade média mensal e meses do ano. O modelo com maior poder explicativo foi justamente aquele que encorpou essas três variáveis. A pluviosidade e a temperatura demonstraram relação direta, de modo que quanto maior a pluviosidade e temperatura, maior o número de atropelamentos (Figura 24). De outro modo, os meses do ano apresentaram relação inversa, sendo os primeiros meses aqueles com maior número de atropelamentos. Possivelmente, há grande influência dos meses de abril e maio, que ainda apresentam temperaturas elevadas, associadas ao início das chuvas na região, potencializando o número de atropelamentos.

Figura 24 – Gráficos da relação entre o número total de atropelamentos e as variáveis climáticas analisadas.



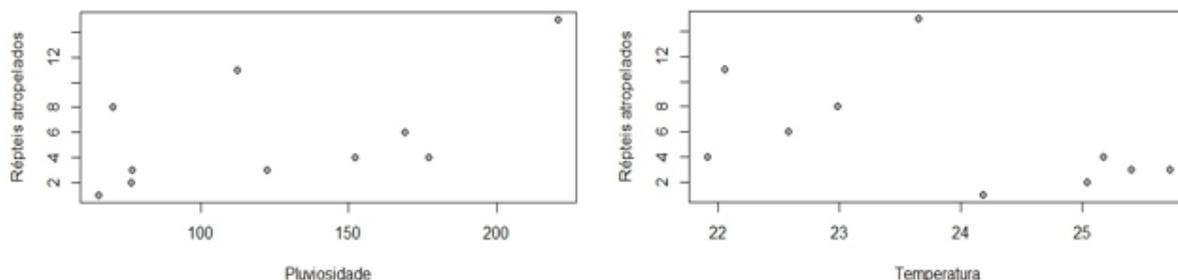
Os anfíbios apresentaram a mesma relação com as variáveis climáticas, de modo que o melhor modelo contempla as três analisadas, pluviosidade, temperatura e meses do ano. Possivelmente, o alto número de anfíbios atropelados interferiu diretamente na análise geral. Portanto, o padrão para os anfíbios é similar ao anterior, com relação positiva direta entre a pluviosidade, temperatura e os atropelamentos, sendo mais expressivos nos meses do início e do final do ano. Para os meses do ano ocorre o mesmo padrão, destacando os de início com altos valores em abril e maio (Figura 25).

Figura 25 – Gráficos apresentando a relação entre o número de anfíbios atropelados as variáveis climáticas, e os meses do ano.



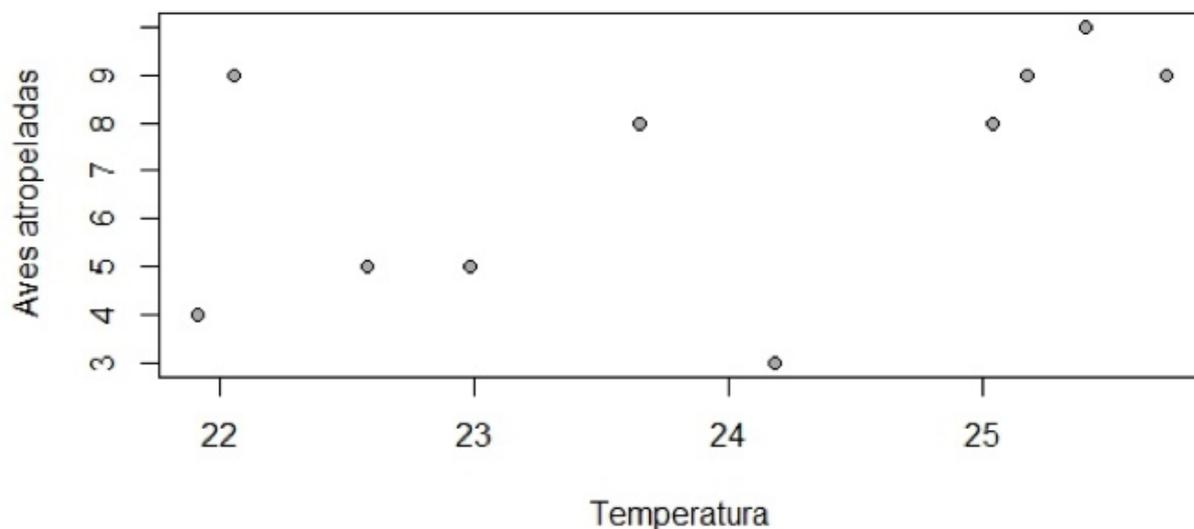
O grupo dos répteis apresentou tendência quase oposta aos anfíbios. O melhor modelo contempla a relação entre temperatura e pluviosidade, mas de maneiras opostas. Enquanto a pluviosidade apresentou relação positiva direta, com maior número de atropelamentos em períodos mais chuvosos, a temperatura demonstrou relação inversa, sendo mais abundantes os atropelamentos em dias mais frios (Figura 26). Uma explicação razoável está relacionada ao comportamento de termorregulação desses animais, uma vez que em dias mais frios (e regionalmente também mais chuvosos), possivelmente, as espécies de répteis procurariam as margens da rodovia para melhor se aquecerem, tornando-se mais susceptíveis ao atropelamento.

Figura 26 – Gráficos apresentando a distinta relação entre o número de atropelamentos de répteis e as variáveis de pluviosidade e temperatura, respectivamente.



Para as aves, o modelo baseado apenas na temperatura apresentou melhor explicação dos dados, demonstrando relação direta com essa variável. Portanto, o número de atropelamentos de aves neste estudo cresceu à medida que a temperatura foi mais elevada (Figura 27). A relação com os períodos do ano não foi significativa, ao contrário do esperado se considerássemos as épocas de maior atividade reprodutiva.

Figura 27 – Gráfico apresentando a relação direta entre temperatura e número de atropelamentos de aves.



Os mamíferos não apresentaram relação com temperatura e pluviosidade, sendo o modelo melhor explicativo o que contempla apenas os meses do ano. Ainda assim, a relação entre o número de mamíferos atropelados e os meses do ano é pouco expressiva, (Figura 28). Ao contrário de anfíbios e répteis, os mamíferos devem ser menos dependentes de variações locais do clima (ainda que de baixa amplitude dada a baixa altitude, a latitude tropical e a influência marinha), para realizar a maioria de suas atividades.

Figura 28 – Gráfico de relação entre o número de mamíferos atropelados e os meses do ano.

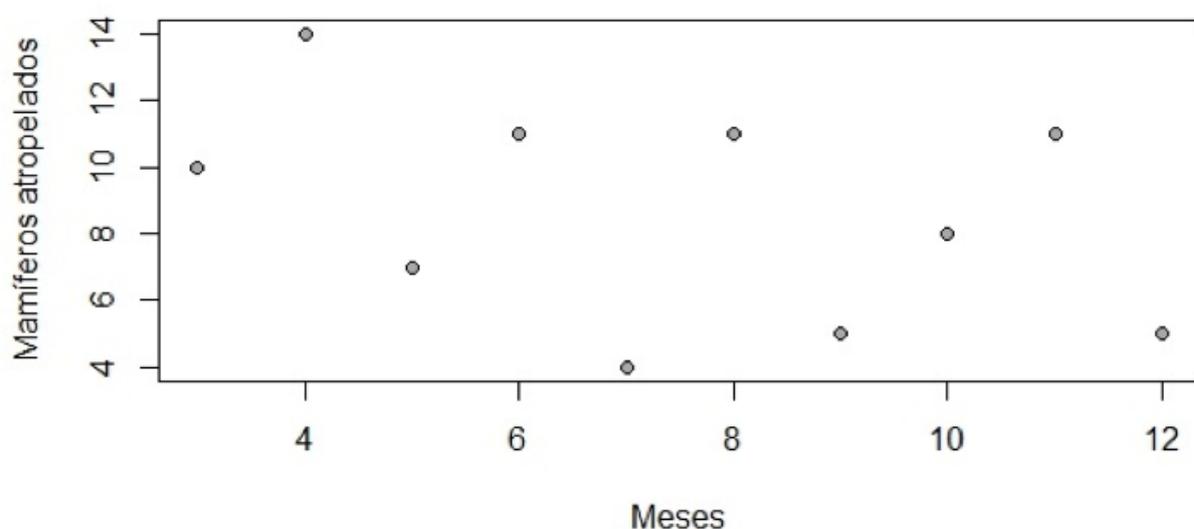


Tabela 2 – Modelos lineares generalizados (GLM) utilizados para avaliar a abundância de atropelamentos por grupos da fauna em função de variáveis climáticas e sazonais. Foi selecionado o modelo com menor valor do critério de informação de Akaike (AIC) para cada grupo, sendo ainda apresentada a diferença entre o melhor modelo e demais modelos candidatos (i).

Grupo biológico	Modelo	AIC	<i>i</i>
<i>Geral</i>			
	Meses + Temperatura + Pluviosidade	117.2	0
	Temperatura + Pluviosidade	160.2	43
	Meses + Pluviosidade	244.3	127.1
	Pluviosidade	252.4	135.2
	Meses + Temperatura	252.5	135.3

Grupo biológico	Modelo	AIC	<i>i</i>
	Temperatura	263.2	146
	Meses	305.8	188.6
Anfíbios			
	Meses + Temperatura + Pluviosidade	92.87	0
	Temperatura + Pluviosidade	183.2	90.33
	Meses + Temperatura	307.5	214.63
	Temperatura	313.9	221.03
	Meses + Pluviosidade	315.3	222.43
	Pluviosidade	331.9	239.03
	Meses	397.8	304.93
Répteis			

Grupo biológico	Modelo	AIC	<i>i</i>
	Temperatura + Pluviosidade	54.06	0
	Meses + Temperatura + Pluviosidade	56.01	1.95
	Meses + Temperatura	57.1	3.04
	Pluviosidade	57.1	3.04
	Meses + Pluviosidade	58.36	4.3
	Temperatura	58.62	4.56
	Meses	63.33	9.27
Aves			
	Temperatura	47.8	0
	Temperatura + Pluviosidade	49.32	1.52
	Meses + Temperatura	49.69	1.89

Grupo biológico	Modelo	AIC	<i>i</i>
	Meses	49.96	2.16
	Pluviosidade	49.97	2.17
	Meses + Temperatura + Pluviosidade	51.22	3.42
	Meses + Pluviosidade	51.95	4.15
Mamíferos			
	Meses	53.44	0
	Temperatura	54.39	0.95
	Pluviosidade	54.68	1.24
	Meses + Temperatura	54.71	1.27
	Meses + Pluviosidade	55.32	1.88
	Temperatura + Pluviosidade	55.43	1.99

Grupo biológico	Modelo	AIC	<i>i</i>
	Meses + Temperatura + Pluviosidade	56.71	3.27

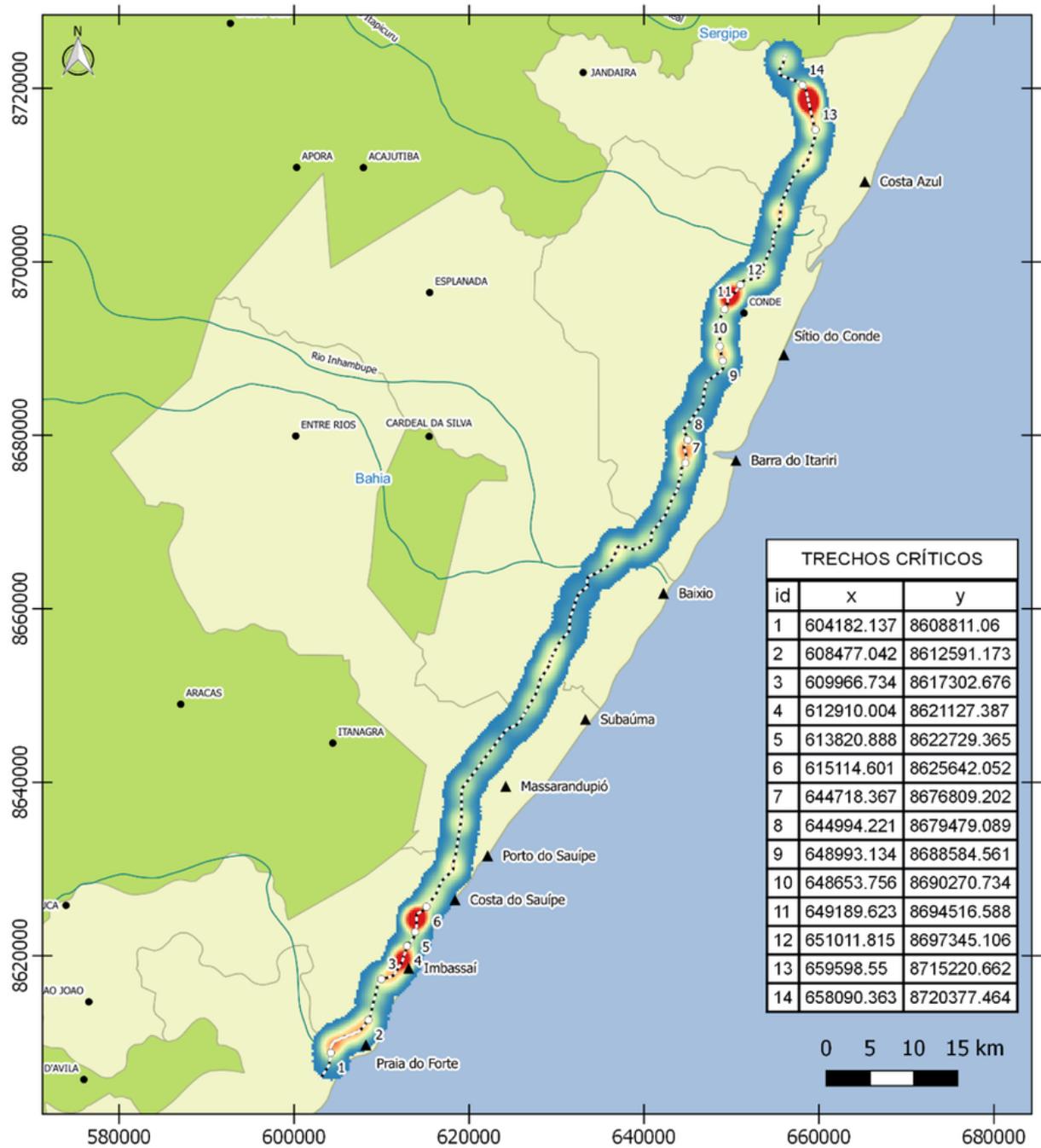
4.6 Mapeamento dos trechos da rodovia prioritários para implantação de medidas mitigatórias

Foram considerados duas variáveis para a definição dos trechos críticos de atropelamentos: 1) número geral de atropelamentos e 2) número de atropelamentos ponderado pelo valor de importância dos registros. A proposta de implantação de medidas mitigadoras também deve seguir as duas abordagens, buscando abranger diferentes graus de susceptibilidade da fauna ao impacto do atropelamento.

Com base nesses critérios, foram mapeados sete (7) trechos, que são apresentados com suas coordenadas geográficas limítrofes na Figura 30. As áreas com cor vermelha representam aquelas com maior número de atropelamentos (maior densidade de kernel), enquanto aquelas de cor azul, as de menor número.

Com base nesses critérios, foram mapeados sete (7) trechos, que são apresentados com suas coordenadas geográficas limítrofes na Figura 30. As áreas com cor vermelha representam aquelas com maior número de atropelamentos (maior densidade de kernel), enquanto aquelas de cor azul, as de menor número.

Figura 29 – Mapa de densidade de Kernel dos trechos prioritários para implantação de medidas regulatórias, com base nos registros pontuais de atropelamento.



<p>MAPA DE HOTSPOTS DE ATROPELAMENTO DA FAUNA (densidade)</p> <p>BAHIA - BRASIL</p> <p>RODOVIA BA-099 (Linha Verde)</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Trechos críticos (densidades) ⋯ Rodovia (trecho monitorado) ▲ Localidades <p>Densidade de Kernel</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.000000 7.440950 14.881900 	<ul style="list-style-type: none"> 22.322850 29.763800 Hidrografia Sedes Municipais Municípios Estados Oceano Atlântico 	<p>Software: QGIS 2.14</p> <p>Sistema de Referência: SIRGAS 2000</p> <p>Sistema de Projeção: UTM</p> <p>Fuso: 24 /</p> <p>Zona: L</p> <p>Hemisfério: Sul</p>
--	---	--	--

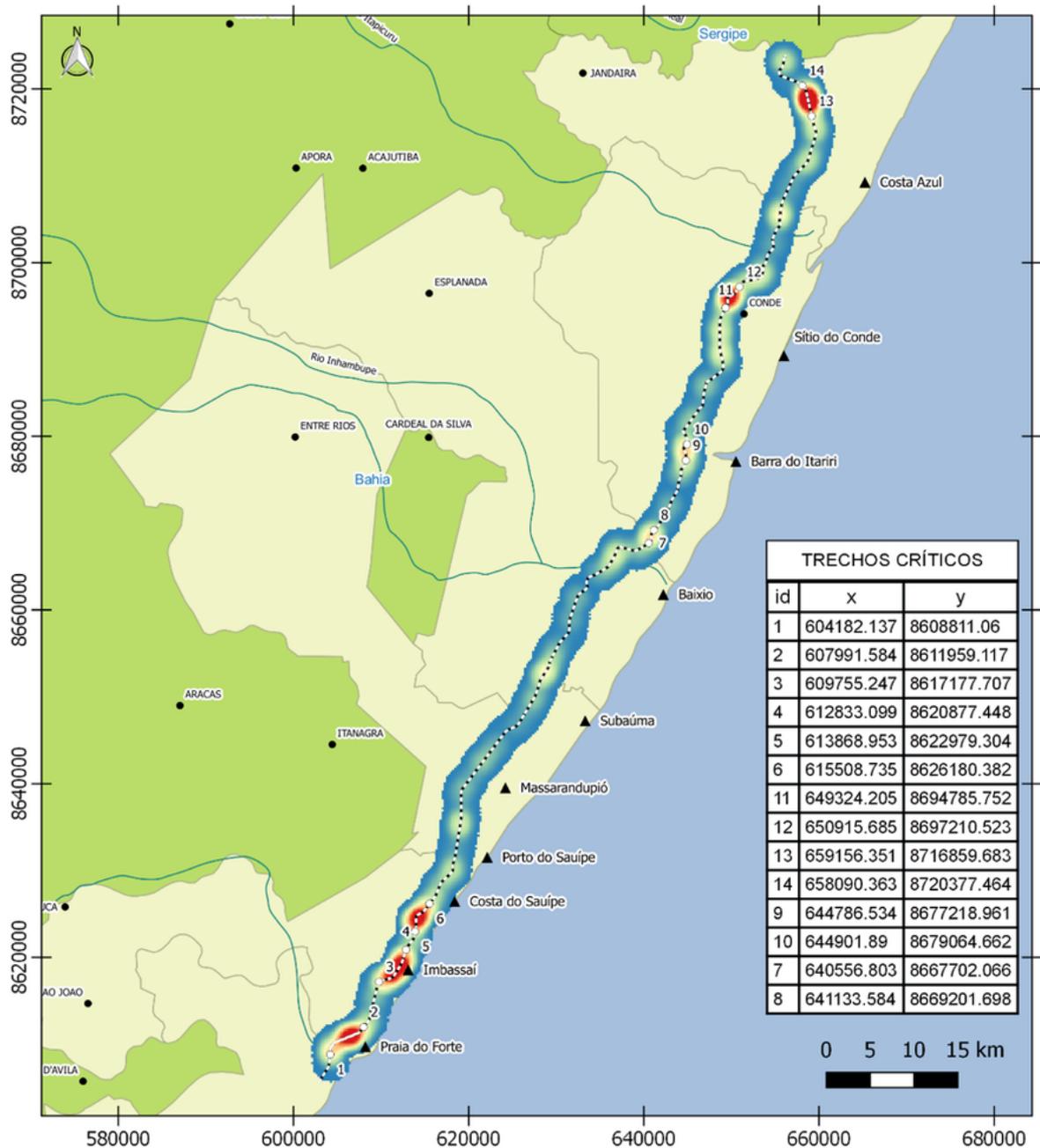
A abordagem ponderada foi baseada nos atributos das espécies, que de acordo com seus pesos poderiam alcançar o valor máximo de importância de 15 (ameaça de extinção + endemismo + dependência florestal + estrategista K + mais atropelada). As espécies com os maiores índices são apresentadas na tabela 3.

Tabela 3 – Lista de espécies que obtiveram os maiores índices de importância.

Classe	Espécies	Índice
Mammalia	<i>Bradypus torquatus</i>	14
Mammalia	<i>Chaetomys subspinosus</i>	14
Mammalia	<i>Coendou insidiosus</i>	9
Aves	<i>Vireo chivi</i>	5
Mammalia	<i>Didelphis aurita</i>	4
Amphibia	<i>Hypsiboas albomarginatus</i>	4
Aves	<i>Piaya cayana</i>	3
Aves	<i>Trogon curucui</i>	3

Considerando o índice de importância, foram constatadas sete (7) localidades de maior importância para a implantação de medidas mitigadoras (Figura 30).

Figura 30 – Mapa de densidade de Kernel dos trechos prioritários para implantação de medidas regulatórias, com base no índice de importância gerado para cada registro de atropelamento.



<p>MAPA DE HOTSPOTS DE ATROPELAMENTO DA FAUNA (índice)</p> <p>BAHIA - BRASIL</p> <p>RODOVIA BA-099 (Linha Verde)</p>	<p>Legenda</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Trechos críticos (índices) ⋯ Rodovia (trecho monitorado) ▲ Localidades — Hidrografia • Sedes Municipais ■ Municípios ■ Estados 		<p>Oceano Atlântico</p> <p>Densidade de Kernel</p> <ul style="list-style-type: none"> 0.000000 8.467375 16.934750 25.402125 33.869500 	<p>Software: QGIS 2.14</p> <p>Sistema de Referência: SIRGAS 2000</p> <p>Sistema de Projeção: UTM</p> <p>Fuso: 24 / Zona: L</p> <p>Hemisfério: Sul</p>
---	--	--	---	---

Os trechos identificados no mapa da Figura 29 se sobrepõem, em grande parte, às localidades destacadas no mapa da Figura 30, sendo seis trechos em comum, dos sete identificados em cada abordagem. Ou seja, somando-se todos os trechos de ambas as abordagens são gerados oito trechos totais críticos de atropelamento, que estão situados próximos as localidades de Praia do Forte (Trecho 1), Imbassaí (Trecho 2), Diogo (Trecho 3), Baixio (Trecho 4), Barra do Itariri (Trecho 5), Conde (Trecho 6), Vila do Conde (Trecho 7) e Jandaíra (Trecho 8). Na tabela 4 são apresentadas as espécies registradas em atropelamentos, em cada trecho identificado como prioritário.

Tabela 4 – Espécies ocorrentes em cada trecho identificado como prioritário para aplicar de medidas mitigatórias

Trecho	Táxon
1	<i>Amphisbaena alba</i>
1	<i>Amphisbaena vermicularis</i>
1	<i>Boa constrictor</i>
1	<i>Chaetomys subspinosus</i>
1	<i>Coendou insidiosus</i>
1	<i>Crotophaga ani</i>

Trecho	Táxon
1	<i>Didelphis albiventris</i>
1	<i>Leptodactylus vastus</i>
1	<i>Liophis</i> sp.
1	<i>Mesoclemmys</i> sp.
1	<i>Micrurus ibiboboca</i>
1	<i>Nictidromus albicollis</i>
1	<i>Philodryas nattereri</i>
1	<i>Rhinella jimi</i>
1	<i>Rupornis magnirostris</i>
1	<i>Spilotes pullatus</i>
1	<i>Sporophila leucoptera</i>

Trecho	Táxon
1	<i>Tangara cayana</i>
1	<i>Tropidurus sp.</i>
1	<i>Turdus leucomelas</i>
2	<i>Aramides cajaneus</i>
2	<i>Boa constrictor</i>
2	<i>Caracara plancus</i>
2	<i>Chaetomys subspinosus</i>
2	<i>Chironius flavolineatus</i>
2	<i>Coendou insidiosus</i>
2	<i>Coragyps atratus</i>
2	<i>Cyclarhis gujanensis</i>

Trecho	Táxon
2	<i>Dermatonotus muelleri</i>
2	<i>Didelphis albiventris</i>
2	<i>Eunectes murinus</i>
2	<i>Iguana iguana</i>
2	<i>Leptodactylus vastus</i>
2	<i>Rhinella jimi</i>
2	<i>Spilotes pullatus</i>
3	<i>Cerdocyon thous</i>
3	<i>Dermatonotus muelleri</i>
3	<i>Hypsiboas albomarginatus</i>
3	<i>Leptodactylus latrans</i>

Trecho	Táxon
3	<i>Rhinella jimi</i>
3	<i>Scinax x-signatus</i>
4	<i>Bradypus torquatus</i>
4	<i>Cerdocyon thous</i>
4	<i>Coragyps atratus</i>
4	<i>Rhinella jimi</i>
5	<i>Cerdocyon thous</i>
5	<i>Mesoclemmys</i> sp.
5	<i>Philodryas patagoniensis</i>
5	<i>Rhinella jimi</i>
6	<i>Coereba flaveola</i>

Trecho	Táxon
6	<i>Crotophaga ani</i>
6	<i>Didelphis albiventris</i>
6	<i>Didelphis aurita</i>
6	<i>Guira guira</i>
6	<i>Hypsiboas albomarginatus</i>
6	<i>Iguana iguana</i>
6	<i>Megascops choliba</i>
6	<i>Philodryas patagoniensis</i>
6	<i>Polychrus acutirostris</i>
6	<i>Rhinella jimi</i>
6	<i>Sporophila leucoptera</i>

Trecho	Táxon
6	Tyrannidae
7	<i>Coragyps atratus</i>
7	<i>Dermatonotus muelleri</i>
7	<i>Didelphis albiventris</i>
7	<i>Leptodactylus vastus</i>
7	<i>Rhinella jimi</i>
7	<i>Spilotes pullatus</i>
7	Molossidae
8	<i>Callithrix jacchus</i>
8	<i>Cerdocyon thous</i>
8	<i>Crotophaga ani</i>

Trecho	Táxon
8	<i>Dasyus septemcinctus</i>
8	<i>Didelphis albiventris</i>
8	<i>Myiozetetes similis</i>
8	<i>Rhinella jimi</i>
8	<i>Tropidurus</i> sp.
8	Hylidae

5 PROPOSIÇÃO DE MEDIDAS MITIGADORAS

5.1 Localização

A seleção de medidas mitigadoras a serem implantadas nos trechos da rodovia deve decorrer do mapeamento dos trechos críticos, seja pelo número de atropelamentos, seja pelo grau de importância das espécies atropeladas. Entretanto, a aptidão da rodovia para instalação das medidas, considerada aqui como variável estrutural, também precisa ser levada em conta. A variável estrutural está relacionada às características físicas do trecho da rodovia e seu entorno, como tipo de vegetação circundante, disposição da rodovia no terreno (ex. aterro ou corte), presença de drenagens (bueiros, pontes e galerias), ocupação do entorno e existência de acessos secundários. Ou seja, a seleção deve considerar a compatibilização das medidas mitigadoras com sua possibilidade efetiva de serem implantadas e gerar os resultados pretendidos.

Considerando a variável estrutural, os trechos críticos de atropelamentos (*hotspots*), nos quais são propostas as medidas de mitigação, possuem extensão média de 4 km, variando de 2,9 km (trecho Barra do Itariri) a 6,2 km (trecho Praia do Forte).

O resultado do mapeamento dos locais específicos de instalação dos dispositivos de mitigação nesses "*hotspots*" alcançou um total de 16 pontos (locais de implantação de medidas/passagens). Esses pontos contemplam quatro tipos de dispositivos de mitigação, sendo eles: 1) passagem aérea de fauna; 2) passagem subterrânea em drenagem, com transpositor; 3) passagem subterrânea seca, sem transpositor; 4) barreira de bloqueio de acesso à rodovia.

Dos oito trechos mapeados como críticos de atropelamentos, apenas o trecho 1 (Praia do Forte) não contemplou a implantação de dispositivos, tendo em vista que este trecho já possui dispositivos instalados. Nos demais sete trechos são propostas medidas de mitigação, conforme resumo apresentado na tabela 5 e localização apresentada em mapa específico (Figura 31).

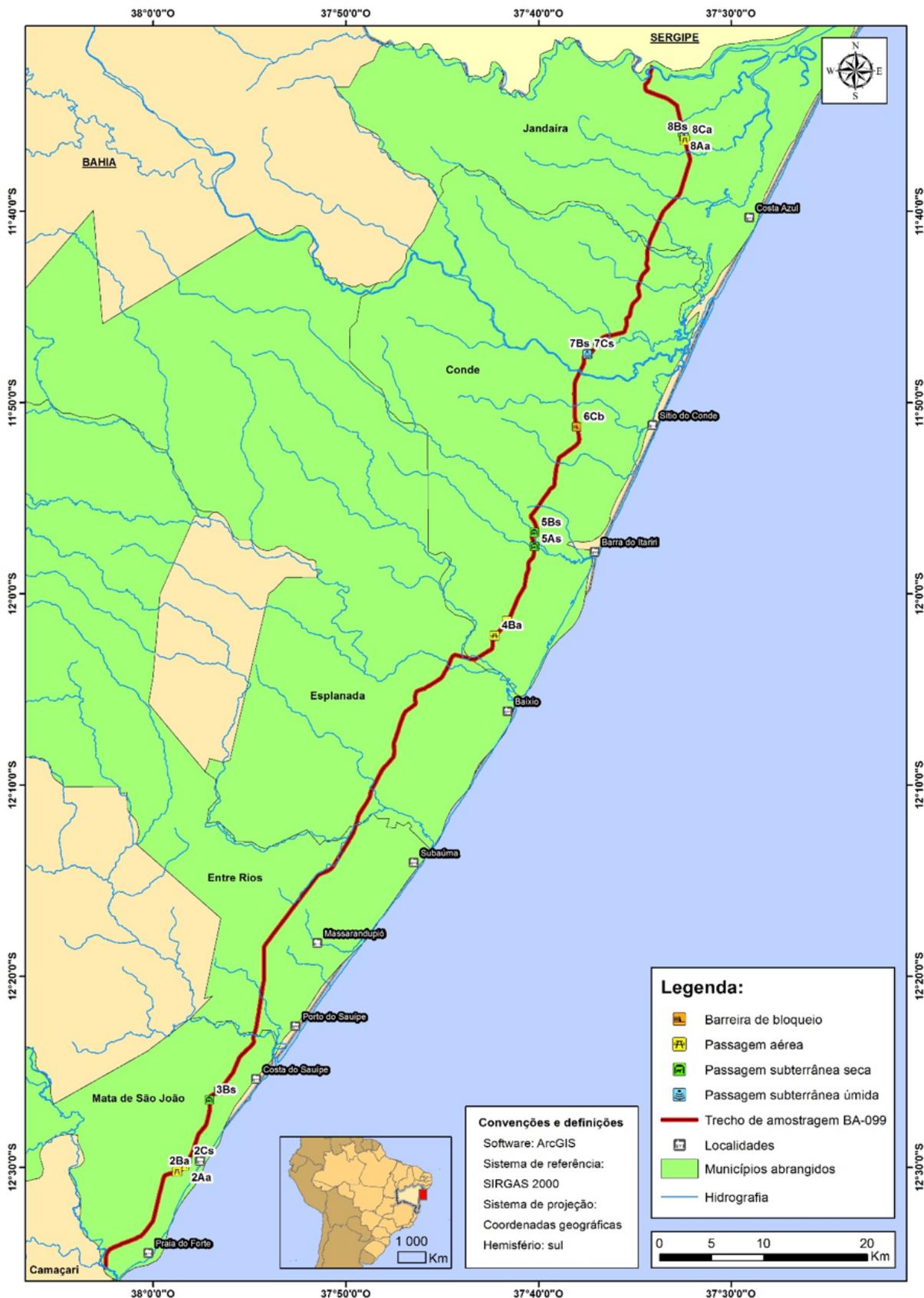
Tabela 5 – Resumo das medidas de mitigação propostas, apresentando o tipo de medida/passagem, trecho do mapeamento de atropelamento, localidade mais próxima na Linha Verde (BA-099) e coordenadas (UTM / SIRGAS 2000 / Zona 24 sul).

N	ID Ponto	Tipo de medida	Trecho	Localidade	Easting	Northing
1	2Cs	Passagem subterrânea (drenagem)	T-2	Imbassaí	611869.00	8618546.00
2	2Ba	Passagem aérea	T-2	Imbassaí	610918.24	8617536.23
3	2Aa	Passagem aérea	T-2	Imbassaí	611597.79	8618133.39
4	3Bs	Passagem subterrânea (seca)	T-3	Diogo	613976.62	8624423.09
5	3As	Passagem subterrânea (drenagem)	T-3	Diogo	614860.70	8625309.59
6	4Ba	Passagem aérea	T-4	Baixio	641019.94	8669048.33

N	ID Ponto	Tipo de medida	Trecho	Localidade	Easting	Northing
7	4Aa	Passagem aérea	T-4	Baixio	642162.96	8670462.56
8	5Bs	Passagem subterrânea (seca)	T-5	Barra do Itariri	644809.71	8678980.95
9	5As	Passagem subterrânea (seca)	T-5	Barra do Itariri	644766.00	8677915.00
10	6Cb	Barreira de bloqueio a rodovia	T-6	Conde	648859.69	8689147.85
11	7Cs	Passagem subterrânea (drenagem)	T-7	Vila do Conde	649878.06	8696150.02
12	7Bs	Passagem subterrânea (drenagem)	T-7	Vila do Conde	649955.80	8696182.38
13	7As	Passagem subterrânea (drenagem)	T-7	Vila do Conde	650917.85	8697201.77
14	8Ca	Passagem aérea	T-8	Jandaíra	659197.14	8716734.63
15	8Bs	Passagem subterrânea (drenagem)	T-8	Jandaíra	659131.89	8717024.77

N	ID Ponto	Tipo de medida	Trecho	Localidade	Easting	Northing
16	8Aa	Passagem aérea	T-8	Jandaíra	659020.88	8717473.64

Figura 31 – Mapa indicando a localização e os tipos das medidas mitigadoras propostas para a Linha Verde (BA-099).



5.2 Tipos de medidas mitigadoras propostas

A identificação dos tipos de medidas mitigadoras propostas para implantação na Linha Verde foi baseada principalmente nas experiências entre o trecho da Praia do Forte, que já possui algumas passagens de fauna e corroborado, a partir de estudos técnicos e científicos sobre o tema (GLISTA et al., 2009; BELLIS et al., 2013; TEIXEIRA et al., 2013, LIFELINES, 2016). Também foi levada em consideração a demanda ecológica (composição de espécies ocorrentes por trecho) e aptidão estrutural da rodovia e entorno (características físicas). A combinação destes três fatores resultou nos quatro tipos de medidas mitigadoras mencionadas acima e que serão detalhadas a seguir:

Passagem aérea

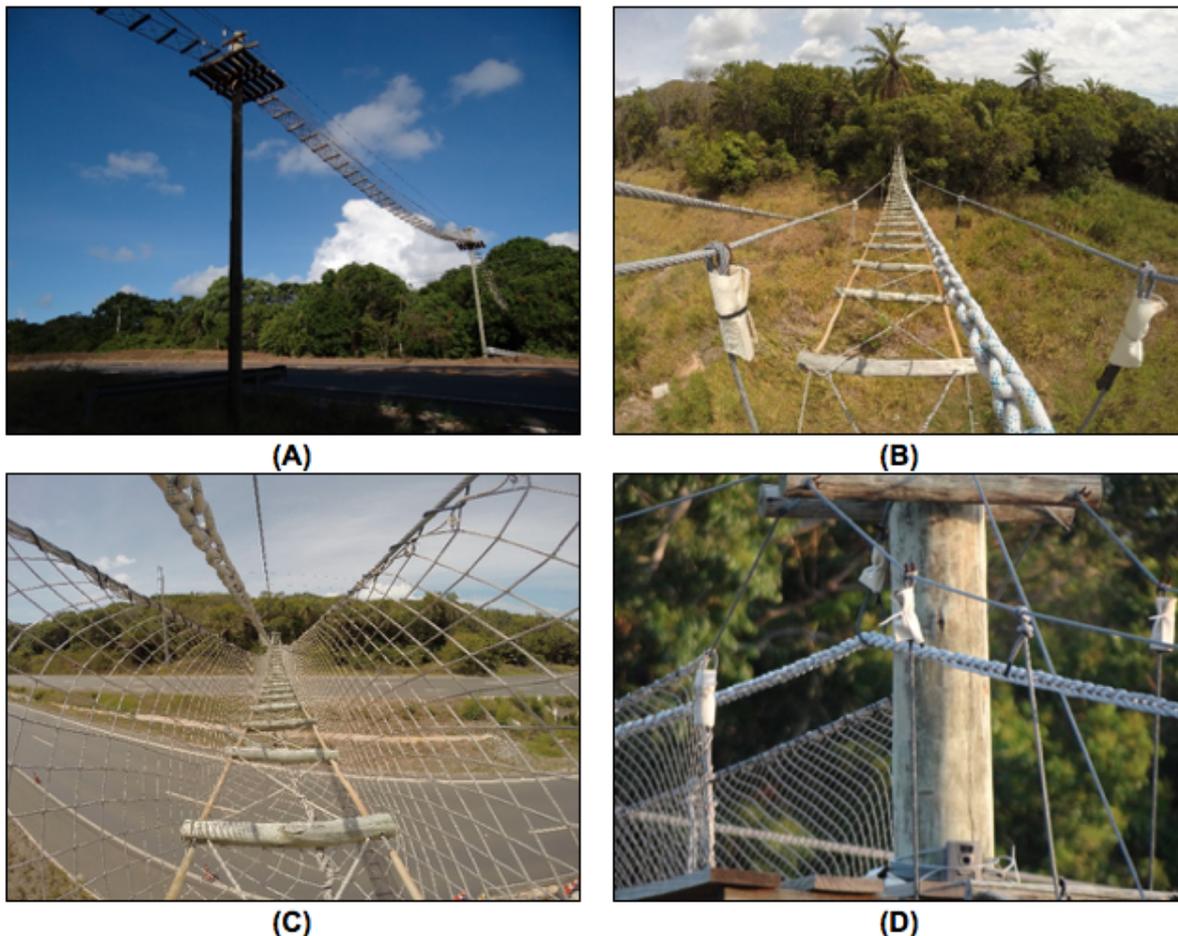
As passagens aéreas buscam gerar alternativa de cruzar a rodovia para espécies arborícolas e escansoriais, entre as quais estão dois importantes representantes identificados na região, a preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*) e o ouriço-caxeiro (*Chaetomys subspinosus*), ambos figurantes nas listas oficiais da fauna ameaçada de extinção.

A estrutura que compõe as passagens aéreas é formada por postes de eucalipto tratado, mantendo-as a altura desejada (na rodovia BA-099 a altura do ponto mais baixo ou catenária deve ser maior ou igual a 6 m); piso de cordas trançadas e estabilizadas com toras de eucalipto; cabo vida de aço para estabilização da estrutura; rede de proteção para evitar que os espécimes possam cair sobre a rodovia e; corda central para grandes espécies arborícolas, como a preguiça-de-coleira (Figura 32).

Tendo em vista as características das passagens aéreas, são indicadas seis delas na Linha Verde, que consideram espécies expostas a atropelamentos no local, vegetação adequada e topografia potencial, distribuídas entre as localidades de Imbassá – Trecho 2 (duas passagens), Baixio – Trecho 4 (duas passagens) e Jandaíra – Trecho 8 (duas passagens) (Tabela 5).

Para que as passagens aéreas possam ser implantadas é necessária a presença de vegetação florestal ou arbórea de porte médio a alto, onde as passagens serão fixadas, como ponto de início e fim da travessia sobre a rodovia. A posição da rodovia em relação ao terreno natural é também importante, para que os postes não necessitem ser demasiadamente altos, potencializando a utilização pela fauna. Assim, os locais onde a rodovia foi construída em aterro, no nível acima do terreno natural, tende a não ser propício para as passagens suspensas, enquanto nos locais onde a rodovia foi implantada em corte, no nível abaixo do terreno natural, configura o melhor cenário para estas estruturas.

Figura 32 – Estrutura geral das passagens aéreas para a fauna. Posicionamento das passagens com postes de eucalipto (A), piso trançado de cordas com toras de eucalipto, fixados na vegetação florestal (B), rede de proteção contra possíveis quedas sobre a rodovia (C) e estabilização com cabos vida de aço, combinado com corda para grandes espécimes arbóricolas (D). Fonte: acervo Semear Ambiental.



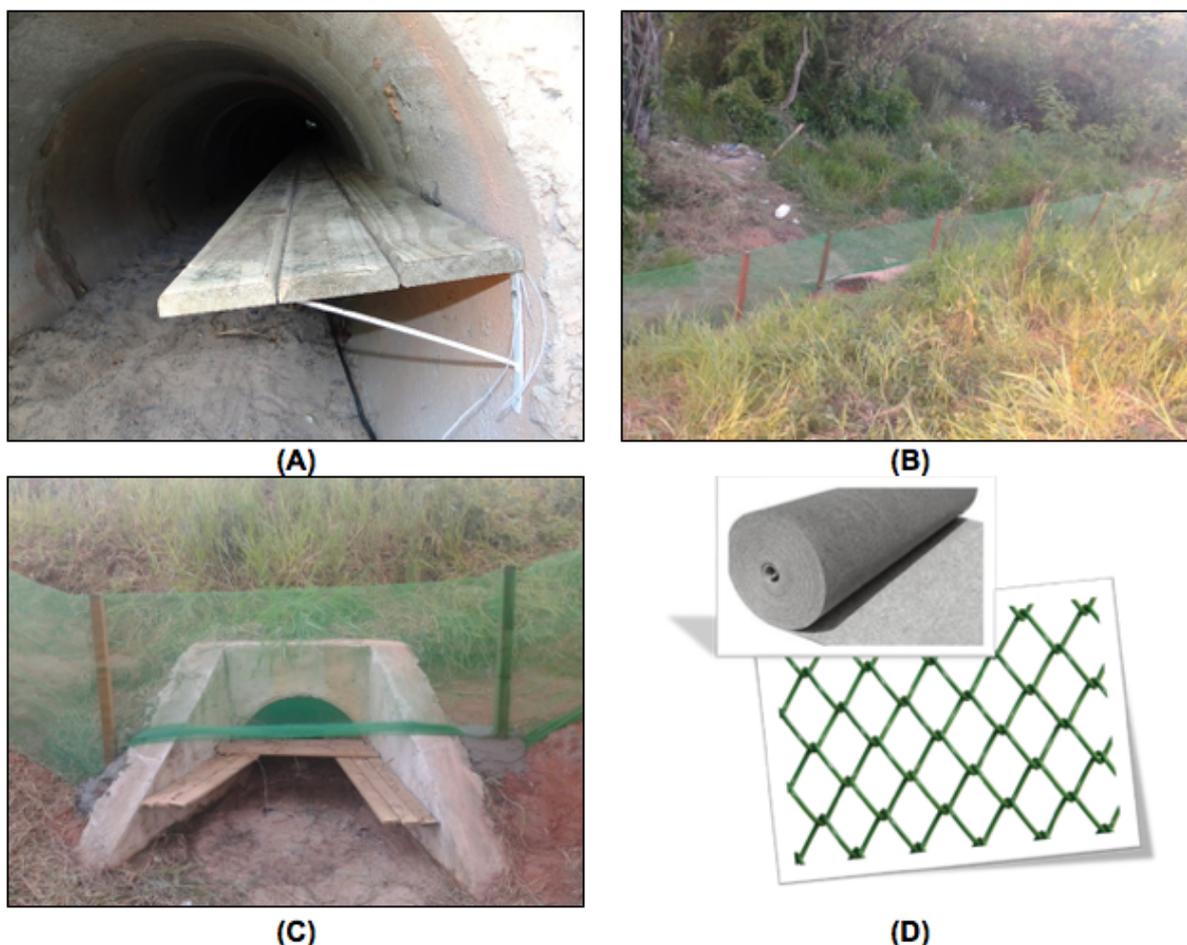
Passagem subterrânea (drenagem)

As passagens subterrâneas estruturadas a partir de drenagens da rodovia (bueiros e galerias) buscam fornecer alternativas de travessia para espécies terrícolas ou semi aquáticas, como mamíferos carnívoros (ex. raposas e felinos), serpentes, anfíbios, entre outros. Uma importante questão desse tipo de passagem é fazer aproveitamento de uma estrutura protegida já existente, que atravessa a rodovia, compatibilizando assim a demanda de investimento e potencializando a implementação de mais pontos de passagens.

Como este tipo de passagem utiliza estruturas já existentes, a preparação é focada, principalmente, no direcionamento da fauna para tais estruturas, confeccionando ainda equipamentos para que as drenagens sejam utilizadas por mais espécies (Figura 33). As drenagens são preparadas com passarelas confeccionadas em tábua de pinus tratado, fixadas com cantoneiras ao longo da drenagem, localizadas em meia seção, objetivando que espécies que evitam locais alagados possam utilizar a passagem

durante as diferentes estações do ano. O direcionamento da fauna para as passagens é realizado a partir de cercas indutoras, confeccionadas em tela losangular de 1 m de altura e malha de 2.1/2" em PVC (alambrado), cobertas com manta geotêxtil (bidim), evitando que pequenos animais cruzem as cercas, mas permitindo a passagem de água. As cercas serão fixadas ao solo com mistura de cimento e areia e presas em mourões de eucalipto de 1,5 m de altura. O comprimento das cercas varia de acordo com o entorno da rodovia, com menores dimensões de 50 m a cada lado da passagem em áreas ocupadas (ex. Trecho 7, Vila do Conde) até cercas de 250 m a cada lado em áreas sem ocupação (ex. Trecho 3, Diogo).

Figura 33 – Estrutura geral das passagens subterrâneas em drenagens. Passarela presa com cantoneira em meia seção da drenagem para a fauna (A), cerca de indução paralela à rodovia (B), direcionamento da cerca e junto à passarela na entrada da drenagem (C) e materiais a serem utilizados na confecção das cercas de indução (D). Fonte: acervo Semear Ambiental.



Visto que estas passagens necessitam de drenagens adequadas, quanto ao diâmetro e posicionamento dos bueiros/galerias, são indicadas seis delas na Linha Verde, que consideram espécies expostas a atropelamentos no local, topografia apropriada, estando situadas próximas as localidades de Imbassaí – Trecho 2 (uma passagem),

Diogo – Trecho 3 (uma passagem), Vila do Conde – Trecho 7 (três passagens) e Jandaíra – Trecho 8 (uma passagem) (Tabela 5).

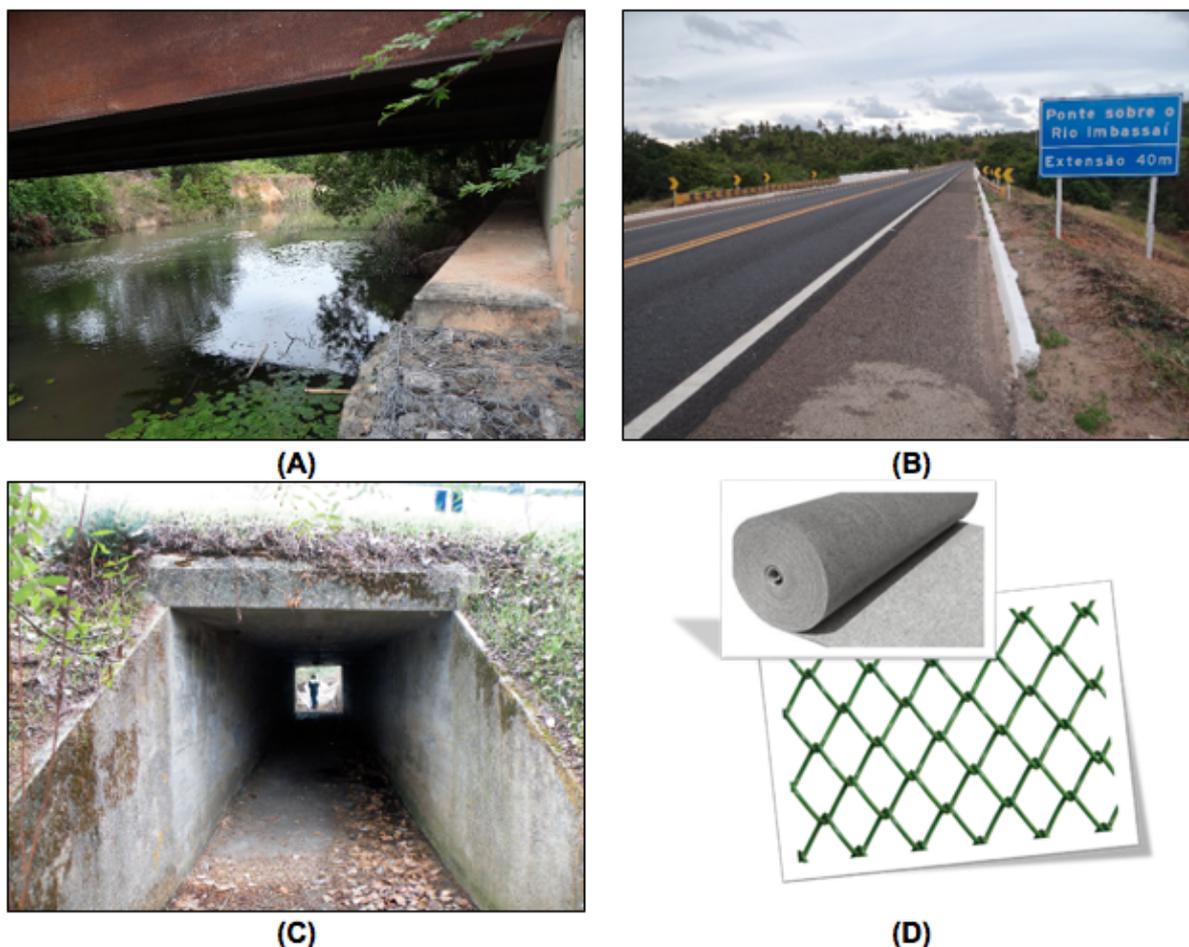
Passagem subterrânea (seca)

As passagens secas possuem essa característica por serem direcionadas a galerias onde não há corpos d'água ou drenagens, bem como pontes sobre rios, que possuem margem seca ao longo do ano, possibilitando que a fauna utilize essas estruturas sem contato com a superfície da água.

Por ser uma estrutura com alto potencial para a fauna, não necessitando de modificações diretas, as passagens subterrâneas secas são manejadas com a instalação de cercas de indução, direcionando a fauna para utilizá-las, potencializando assim a sua eficiência (Figura 34). Essas cercas serão confeccionadas com o mesmo material das passagens, sendo compostas por tela losangular de 1 m de altura e malha de 2.1/2" em PVC (alambrado), cobertas com manta geotêxtil (bidim), evitando que pequenos animais cruzem as cercas, mas permitindo a passagem de água. As cercas serão fixadas ao solo com mistura de cimento e areia e presas em mourões de eucalipto de 1,5 m de altura. O comprimento das cercas é indicado de acordo com o entorno da rodovia, com dimensões de 100 m a cada lado da passagem em todos os pontos.

Nos trechos críticos de atropelamento, poucas passagens secas foram selecionadas como potenciais, sobretudo porque muitas apresentavam alto grau de perturbação antrópica, o que reduziria drasticamente a sua eficiência. Entretanto, foram selecionados três pontos, contemplando três pontes da rodovia (Rio Imbassaí, Mucambo e Itariri), situadas, respectivamente, próximas às localidades de Diogo – Trecho 3 (uma passagem) e Barra do Itariri – Trecho 5 (duas passagens) (Quadro 3).

Figura 34 – Estrutura geral das passagens subterrâneas secas. Característica da passagem seca sob pontes, com área constantemente seca para deslocamento (A), extensão onde será implantada a cerca de indução para o local de passagem (B), exemplo de galeria de passagem seca sob a rodovia (C) e material a ser utilizado na confecção das cercas de indução (D). Fonte: acervo Semear Ambiental (A, B e D); LIFELINES, 2016 (C).



Barreira de bloqueio à rodovia

A utilização de barreiras na rodovia, que visam impedir a fauna de acessá-la diretamente, é utilizada sobretudo em locais de difícil implementação de passagens, por não haver estrutura física adequada para tal. Assim, as barreiras buscam direcionar a fauna a acessar a rodovia em locais de menor risco de acidentes, potencializando a chance de travessia dos animais. Não obstante, as barreiras são também de elevada importância para as aves, por fazer com que voem a alturas de menor risco de colisões com os veículos. Nesses casos, as barreiras podem ser confeccionadas em materiais sintéticos (cercas, muros, entre outros) ou mesmo materiais naturais (cercas vivas e vegetação adensada).

Tendo em vista ser o local indicado para a implantação de barreiras na Linha Verde marcado por alto número de atropelamento de aves, é planejado o tipo de barreira por material natural. Portanto, a cerca viva será composta por espécie arbórea

ou arbustiva de grande porte, maior que quatro metros de altura, de crescimento e regeneração rápidos, baixo poder de dispersão (evitando se transformar em espécie invasora), alta densidade de indivíduos, ramificações densas e baixo poder atrativo à fauna, sendo preferencialmente espécie nativa. Essas características possibilitarão que a cerca atraia pouca ou nenhuma espécie, tornando-se zona de amortecimento para a travessia e, quanto às aves, direcionando-as a atravessar a rodovia em voos mais altos, reduzindo o risco de atropelamento.

Um único local foi mapeado com potencial para instalação de barreira à rodovia do tipo cerca viva, por ser identificado como trecho de atropelamento com a presença marcante de aves, baixa capacidade de abrigar passagens de fauna e topografia adequada para a barreira, situada no mesmo nível do terreno natural, sem vegetação florestal no entorno. A barreira deve possuir comprimento total de 300 m, em ambos os lados da rodovia, situada próxima à localidade do Conde – Trecho 6.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os anfíbios representaram a classe com o maior número de registros de atropelamentos na rodovia do litoral norte da Bahia, enquanto aves e répteis apresentaram o maior número de espécies (riqueza). As seis espécies mais atropeladas foram *Rhinella jimi*, *Cerdocyon thous*, *Leptodactylus vastus*, *Didelphis albiventris*, *Coragyps atratus* e *Callithrix jacchus*, sendo a primeira, o sapo-cururu (*R. jimi*), expressivamente mais atropelada que quaisquer outras. Estas são espécies comuns, abundantes e amplamente distribuídas na área monitorada. Por outro lado, no monitoramento houve o registro de duas espécies presentes nas listas oficiais da fauna ameaçada de extinção, e classificadas como vulneráveis, tanto pela IUCN (2016), quanto pelo MMA (2014), no caso o bicho-preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*) e o ouriço-caxeiro (*Chaetomys subspinosus*). Merece destaque também a raposa (*C. thous*), por ser uma espécie relatada em outros estudos realizados em rodovias no Brasil e em região de Mata Atlântica como uma das mais atropeladas entre os mamíferos, como também registramos neste estudo.

A avaliação temporal e climática apontou que os grupos da fauna respondem de maneira específica a cada fator, de acordo com os modelos testados neste estudo. Enquanto os anfíbios apresentaram padrão de variação que pode ser explicado pelo conjunto de variáveis (temperatura, pluviosidade e meses do ano), os répteis demonstraram relação inversa com a temperatura e pluviosidade, as aves relação apenas com a temperatura e os mamíferos relação fraca apenas com os meses do ano. Portanto, este estudo avança no sentido de compreender períodos e fatores relacionados aos atropelamentos na paisagem, gerando base para projeção de cenários de acordo com estas variáveis. Contudo, há ainda lacunas a serem avaliadas em novas etapas, especialmente a relação dos atropelamentos da fauna com a paisagem do entorno da rodovia.

Entre os principais resultados do estudo, está o mapeamento dos trechos críticos de atropelamentos (*hotspots*), nos quais deve ser dada atenção para a implementação de ações e medidas de mitigação. Para identificação destes trechos foi utilizado dois parâmetros, visando a complementariedade da informação - densidade de animais atropelados e o índice de importância das espécies atropeladas. Portanto, buscando a precaução na proteção das espécies, todos os trechos identificados, seja pelo parâmetro geral de atropelamentos ou pelo parâmetro ponderado, foram considerados como prioritários, alcançando assim oito hotspots para ações de manejo e implantação de medidas mitigadoras.

A proposição das passagens de fauna para cada trecho levou em consideração o atributo ecológico (espécies atropeladas) e estrutural da rodovia (componente físico), de

modo a potencializar a sua implantação. Assim, são propostas 16 medidas mitigadoras, distribuídas em quatro tipos de estruturas, sendo elas seis passagens aéreas, seis passagens subterrâneas em drenagens, três passagens secas e uma barreira de bloqueio à rodovia. Desta maneira, as espécies arborícolas, escansoriais, terrícolas e mesmo as voadoras (aves e morcegos) são abarcadas pelas estruturas propostas em cada trecho específico, potencializando então o objetivo de proteção à biodiversidade a partir da redução na taxa de atropelamento da rodovia.

Após a implantação das passagens de fauna e medidas mitigadoras será essencial a continuidade do monitoramento da fauna atropelada, buscando compreender o impacto efetivo dessas medidas, elucidando novas lacunas do conhecimento. Destaca-se entre os desafios atuais, a estimativa das taxas de remoção e detecção de atropelamentos, principalmente visando a comparação com outros estudos e parametrização do acompanhamento das medidas. Entre as principais oportunidades, está o modelo de proteção às espécies na região, relativa ao impacto específico de atropelamento, que pode ser associado a pesquisas sobre o tema e fomento a expansão das medidas em outras rodovias do estado.

7 REFERÊNCIAS

BAGER, A. 2013. **Projeto Malha. Manual para equipe de campo**. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil. Disponível em http://issuu.com/ecologiadeestradas/docs/projeto_malha_-_manual_de_coleta_de. Acesso em 12 de julho de 2017.

BAGER, A.; ROSA, C. A. **Influence of sampling effort on the estimated richness of road-killed vertebrate wildlife**. Environmental Management, New York, v. 47, n. 5, p. 851-858, Mar. 2011.

BRASIL, 2014. Portaria MMA Nº 444, de 17 de dezembro de 2014. Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção.

BENÍTEZ-LÓPEZ, A.; ALKEMADE, R.; VERWEIJ, P. A. **The impacts of roads and other infrastructure on mammal and bird populations: a meta-analysis**. Biological Conservation, Oxford, v. 143, n. 6, p. 1307-1316, Mar. 2010.

BARRIENTOS, R.; BOLONIO, L. **The presence of rabbits adjacent to roads increases polecat road mortality**. Biodiversity and Conservation, Oxford, v. 18, p. 405-418, Jan. 2009

BELLIS, MA; GRIFFIN, CR; WARREN, P; JACKSON, SD. 2013. **Utilizing a multi-technique, multi-taxa approach to monitoring wildlife passageways in southern Vermont**. Oecologia Australis, 17 (1): 111-128.

CÁCERES N. C et al. **Mammal occurrence and roadkill in two adjacent ecoregions (Atlantic Forest and Cerrado) in south-western Brazil**. ZOOLOGIA 27 (5): 709–717, 2010. doi: 10.1590/S1984-46702010000500007

CARR, L.W., FAHRIG, L., 2001. **Effect of road traffic on two amphibian species of differing vagility**. Conserv. Biol. 15 (4), 1071-1078.

CLEVINGER AP, CHRUSZCZ B, GUNSON KE (2003) **Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations**. Biol. Conserv 109:15–26.

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, New York, v. 54, p. 689-699, July 2008.

COSTA, A. S. 2014. **Efeito de Escalas Temporais na Definição de Medidas de Mitigação de Impactos de Rodovias**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras.

GONDIM-SILVA F.A.T., ANDRADE, A.R.S., ABREU, R.O., NASCIMENTO, J.S., CORRÊA, G.P., MENEZES, L., TREVISAN, C.C., CAMARGO, S.S., NAPOLI, M.F.

Composição e diversidade de anuros na Restinga do município de Conde, litoral norte do estado da Bahia, nordeste do Brasil. *Biota Neotropica*. 16(3): 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0157>

FAHRIG, L.; RYTWINSKI, T. **Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis.** *Ecology and Society*, Wolfville, v. 14, n. 1, p. 1-19, Dec. 2009.

FORMAN, R. T. T. et al. **Road ecology: science and solutions.** Washington: Island, 2003. 481 p.

GIARETTA, A. A.; MENIN, M.; FACURE, K. G.; KOKUBUM, M. N. de C.; OLIVEIRA FILHO, J. C. **Species richness, relative abundance, and habitat of reproduction of terrestrial frogs in the Triângulo Mineiro region, Cerrado biome, southeastern Brazil.** *Iheringia, Série Zoologia*, v. 98, n. 2, p. 181-188, 2008.

GLISTA, DJ; DEVAULT, TL; DEWOODY, JA. 2009. **A review of mitigation measures for reducing wildlife mortality on roadways.** *Landscape and Urban Planning*, 91: 1-7.

HELMS, T., BUCHWALD, E., 2001. **The effect of road kills on amphibian populations.** *Biol.Conserv.* 99, 331-340.

IBM Corp. Lançado em 2017. IBM SPSS **Statistics for Windows**, Version 24.0. Armonk, NY: IBM Corp.

KOPP, K.; ETEROVICK, P. C. **Factors influencing spatial and temporal structure of frog assemblages at ponds in southeastern Brazil.** *Journal of Natural History*, v. 40, n. 29-31, p. 1813-1830, 2006.

LIFELINES. 2016. **Linear Infrastructure Networks with Ecological Solutions.** Disponível em <<http://lifelines.uevora.pt>>. Acesso em março de 2017.

MAGURRAN, A.E. 2011. **Medindo a diversidade biológica.** Curitiba: Ed. Da UFPR. 261p.

ODUM, Eugene P; BARRETT, Gary W. **Fundamentos de Ecologia.** Rio de Janeiro:Cengage Learning, 2011.

OLIVEIRA, A. N. 2011. **Padrões espacial e temporal do atropelamento de mamíferos em uma rodovia no Cerrado brasileiro.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Carlos.

OLIVEIRA, J. B., ABREU, C. L., SOUZA, C. D., KOCOUREK, B. & OLIVEIRA, S. 2015. **Definição dos Pontos Críticos de Atropelamento da Fauna Silvestre do Trecho Sul da BR-101/NE.** VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Porto Alegre/RS.

OLIVEIRA R. B. (2005) **História natural da comunidade de serpentes de uma região de dunas do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil**. Tese de Doutorado, PUC-RS, Porto Alegre, Brasil

ORLOWSKI, G., CIESIOLKIEWICZ, J., KACZOR, M., RADWANSKA, J., ZYWICKA, A., 2008. **Species composition and habitat correlates of amphibian roadkills in different landscapes of south-western Poland**. Pol. J. Ecol. 56 (4), 659-671.

RAMOS, C. C. O., JUNIOR, D. P. L., ZAWADZKI, C. H. & BENEDITO, E. 2011. A biologia e a ecologia das aves é um fator importante para explicar a frequência de atropelamentos? . **Neotropical Biology and Conservation** 6(3):201-212.

ROCHA, E. H. D. 2005. **Impactos dos Transportes Rodoviários na Fauna**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Engenharia de Transportes.

ROSSA-FERES, D. C.; JIM, J. Distribuição sazonal em comunidade de anfíbios anuros na região de Botucatu, São Paulo. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 54, n. 2, p. 323-334, 1994.

SEILER A. **Predicting locations of moose-vehicle collision in Sweden**. J Appl Ecol 42:371–382, 2005.

SEMEAR AMBIENTAL. 2010. **Diagnóstico da macrofauna de vertebrados terrestres da área de influência da duplicação da BA-099, trecho Rio Pojuca – Praia do Forte, Mata de São João, Bahia**. Relatório Técnico.

SEMEAR AMBIENTAL. 2013. **Relatório de resgate da fauna da área de influência direta da Rodovia BA-099, trecho Rio Pojuca – Praia do Forte, Mata de São João, Bahia**. Versão 01. 30 p.

SILLERO, N. 2008. **Amphibian mortality levels on Spanish country roads: descriptive and spatial analysis**. Amphibia-Reptilia. 29, 337e347.

TAYLOR BD, GOLDINGAY RL. **Wildlife road-kills on three major roads in north-eastern New South Wales**. Wildl Res 31:83–91. 2004.

TEIXEIRA FZ, PRINTES RC, FAGUNDES JCG, ALONSO AC, KINDEL A. 2013. Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. **Biota Neotropica**, 13 (1): 117-123.

VAN DER REE, R., JAEGER, J.A.G., VAN DER GRIFT, E.A., CLEVINGER, A.P., 2011. **Effects of roads and traffic on wildlife populations and landscape function: road ecology is moving towards larger scales**. Ecol. Soc. 16 (1), 48.

VITOUSEK, P. M.; MOONEY, H. A.; LUBCHENCO, J; MELILLO, J. M. **Human Domination of Earth's Ecosystems**. Science, New Series, Vol. 277, Nº. 5325. (Jul.

25, 1997), 494-499.