

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos
Bacharel em Engenharia Ambiental

Beatriz Santos Mota

**Adoção da Abordagem de Causa-Efeito para Estudo dos Impactos de
Rodovias sobre a Fauna Silvestre**

São Carlos, SP
2023

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

ADOÇÃO DA ABORDAGEM DE CAUSA-EFEITO PARA ESTUDO DOS IMPACTOS DE
RODOVIAS SOBRE A FAUNA SILVESTRE

Aluna: Beatriz Santos Mota

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Montaña

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo.

São Carlos

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

M917a Mota, Beatriz Santos
Adoção da abordagem de causa-efeito para estudo dos impactos de rodovias sobre a fauna silvestre / Beatriz Santos Mota; orientador Marcelo Montaña. São Carlos, 2023.

Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2023.

1. Impactos Ambientais. 2. Avaliação de Impacto Ambiental. 3. Instrumentos de Política Ambiental. 4. Fauna Silvestre. 5. Rodovias. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Beatriz Santos Mota**

Data da Defesa: 14/12/2023

Comissão Julgadora:

Resultado:

Marcelo Montaña (Orientador(a))


aprovado

José Eduardo Matheus Évora

aprovado

Edimilson Rodrigues dos Santos Junior

aprovado



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

RESUMO

MOTA; Beatriz Santos. **Adoção da Abordagem de Causa-Efeito para Estudo dos Impactos de Rodovias sobre a Fauna Silvestre**. 2023. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

O Brasil possui uma grande malha rodoviária que ainda está em desenvolvimento, mas que está em conflito com o meio ambiente por gerar impactos principalmente sobre a fauna silvestre. O estudo dessa relação entre meio ambiente e rodovias é denominado Ecologia de Estradas. Grande parte das publicações referentes à Ecologia de Estradas é voltada para o atropelamento de animais silvestres, não abordando outros impactos que são causados. Com isso, o objetivo principal do trabalho foi identificar quais são os impactos gerados pelas rodovias e seus meios de mitigação. Para isso, primeiro foram selecionados e analisados 6 Estudos de Impactos Ambientais (EIAs): duplicações da BR-040/DF/GO/MG e da BR-101/BA, pavimentações da BR-158/MT e da BR-230/PA e implantações da BR-376/PR e da BR-392/RS. Os EIAs da BR-040, da BR-101 e da BR-392 foram os que tiveram melhores resultados, abordando quase todos os impactos e monitorando as taxas de atropelamento. Já os EIAs da BR-158, da BR-230 e da BR-376 apresentaram resultados opostos, faltando a descrição de mais impactos e não realizando o monitoramento das taxas de atropelamento. No entanto, todos os EIAs apresentaram descrições e análises insuficientes e/ou incompletas. Mesmo assim, a partir dos EIAs foram identificados e agrupados seus impactos, os quais geraram duas listas (de causas e de efeitos). A partir das listas, foram elaboradas duas redes de interações: uma entre Causas e Efeitos e outra apenas entre Efeitos. Essas redes foram desenvolvidas para representar as reações em cadeia dos impactos gerados pelas rodovias sobre a fauna, sendo que a Lista de Efeitos corresponde à lista de impactos gerados. Por fim, foram apresentados os meios de mitigação, os quais são subdivididos em programas (medidas não-estruturais) e em medidas de mitigação (estruturais, como passagens de fauna). Embora o EIA seja um instrumento para analisar os impactos causados, os 6 EIAs selecionados apresentaram baixa qualidade, não abordando a relação de causa-efeito nem sugerindo meios de mitigação baseados no seu próprio texto.

Palavras-chave: Impactos Ambientais. Avaliação de Impacto Ambiental. Instrumentos de Política Ambiental. Fauna Silvestre. Rodovias.

ABSTRACT

MOTA; Beatriz Santos. **Introduction of the Cause-and-Effect Approach to Study the Impacts of Highways on Wildlife.** 2023. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2023.

Brazil has a vast road network that is still under development, but it is in conflict with the environment due to generating impacts, especially on wildlife. The study of this relationship between the environment and roads is called Road Ecology. A large part of the publications related to Road Ecology is focused on the roadkill of wild animals, not addressing other caused impacts. Thus, the main objective of the work was to identify the impacts generated by roads and their mitigation methods. For this, first, 6 Environmental Impact Studies (EIAs) were selected and analyzed: widening of BR-040/DF/GO/MG and BR-101/BA, paving of BR-158/MT and BR-230/PA, and construction of BR-376/PR and BR-392/RS. The EIAs for BR-040, BR-101 and BR-392 were the ones that had better results, addressing almost all impacts and monitoring roadkill rates. The EIAs for BR-158, BR-230 and BR-376 presented opposite results, lacking the description of more impacts and not monitoring roadkill rates. However, all EIAs presented insufficient and/or incomplete descriptions and analyses. Even so, from the EIAs, their impacts were identified and grouped, which generated two lists (causes and effects). From the lists, two interaction networks were elaborated: one between Causes and Effects and another only between Effects. These networks were developed to represent the chain reactions of the impacts generated by roads on fauna, with the Effects List corresponding to the list of impacts generated. Finally, mitigation measures were presented, which are subdivided into programs (non-structural measures) and mitigation measures (structural, such as wildlife passages). Although the EIA is an instrument to analyze the impacts caused, the 6 selected EIAs presented low quality, not addressing the cause-and-effect relationship or suggesting mitigation measures based on their own text.

Keywords: Environmental Impacts. Environmental Impact Assessment. Environmental Policy Instruments. Wildlife. Highways.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Malha Rodoviária Brasileira em 2023	15
Figura 2 - Exemplos das Nomenclaturas das Rodovias	17
Figura 3 - Exemplos dos Tipos de Rodovia	18
Figura 4 - Organização e Resumo do Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna	27
Figura 5 - Localização Aproxima dos Empreendimentos de cada EIA.....	35
Figura 6 - Representação dos tipos de conexões presentes nas redes de exemplo.....	36
Figura 7 - Conexão da BR-040 com a BR-262	41
Figura 8 - Localização do empreendimento da BR-040.....	42
Figura 9 - Situação da qualidade do trecho da BR-040.....	44
Figura 10 - Localização do Trecho de Duplicação da BR-101/BA.....	47
Figura 11 - Localização do empreendimento da BR-158/MT.....	50
Figura 12 - Mapa do empreendimento de pavimentação da BR-230	52
Figura 13 - Traçado Planejado para a Implantação da BR-376.....	54
Figura 14 - Localização do empreendimento da BR-392.....	56
Figura 15 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Atropelamento de Fauna Silvestre	90
Figura 16 - Rede entre Impactos focada na causa Atropelamento de Fauna Silvestre.....	92
Figura 17 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Supressão da Vegetação	94
Figura 18 - Rede entre Impactos focada na causa Supressão da Vegetação.....	94
Figura 19 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Geração de Poluições.....	95
Figura 20 - Rede entre Impactos focada na causa Geração de Poluições	95
Figura 21 - Túneis como passagens de fauna	104
Figura 22 - Pontes suspensas para passagens de fauna arborícolas.....	104
Figura 23 - Viaduto Vegetado.....	105
Figura 24 - Nova medida de mitigação, o ERS	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Frota Total de Veículos por Região entre 2012 e 2022	16
Tabela 2 - EIAs utilizados por Freitas et al. (2017)	21
Tabela 3 - Quantidades de Casos de Rodovias por Categoria	33
Tabela 4 - Estudos de Caso Selecionados	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Lista de Espécies Não Voadoras Registradas nas Cavidades Naturais	60
Quadro 2 - Cálculo dos Scores de Impactos para cada EIA.....	62
Quadro 3 - Análise da coerência entre diferentes seções dos EIAs	64
Quadro 4 - Análise de como os EIAs avaliaram a mortalidade rodoviária	65
Quadro 5 - Legenda do Quadro 4.....	66
Quadro 6 - Índices de Atropelamentos estudados nos EIAs	67
Quadro 7 - Números de espécies identificadas em cada EIA	69
Quadro 8 - Programas de Mitigação Ambiental por Estudo de Caso.....	96
Quadro 9 - Resumo das Análises Qualitativas dos EIAs	109

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
BA	Bahia
CBEE	Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CNT	Confederação Nacional de Transporte
CO	Centro-Oeste
DF	Distrito Federal
DNER	Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ES	Espírito Santo
GO	Goiás
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	Brasília Ambiental
MG	Minas Gerais
MS	Mato Grosso do Sul
MT	Mato Grosso
N	Norte
NE	Nordeste
PA	Pará
PB	Paraíba
PMAF	Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna
PNV	Plano Nacional de Viação
PR	Paraná
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RJ	Rio de Janeiro
RL	Reserva Legal
RN	Rio Grande do Norte
RS	Rio Grande do Sul
S	Sul
SE	Sudeste
SNV	Sistema Nacional de Viação
SP	São Paulo
UCs	Unidades de Conservação
UFs	Unidades da Federação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	OBJETIVO	13
3	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	14
3.1	RODOVIAS BRASILEIRAS	14
3.2	LITERATURA CIENTÍFICA.....	19
3.2.1	Análise de Qualidade dos EIAs	19
3.2.2	Impactos Ambientais	25
3.2.3	Meios de Mitigação	26
4	METODOLOGIA.....	33
4.1	DESCRIÇÃO GERAL	33
4.2	DESAFIOS E DIFICULDADES.....	37
5	ESTUDOS DE CASO	41
5.1	APRESENTAÇÃO DOS EIAs	41
5.1.1	Caso 1: Duplicação da BR-040/DF/GO/MG.....	41
5.1.2	Caso 2: Duplicação da BR-101/BA.....	46
5.1.3	Caso 3: Pavimentação da BR-158/MT	49
5.1.4	Caso 4: Pavimentação da BR-230/PA	51
5.1.5	Caso 5: Implantação da BR-376/PR.....	53
5.1.6	Caso 6: Implantação da BR-392/RS.....	55
5.2	ANÁLISE DOS EIAs SELECIONADOS	62
6	IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE A FAUNA	71
6.1	PRINCIPAIS CAUSAS	74
6.1.1	Realização das Obras de Construção da Rodovia	74
6.1.2	Início e/ou Aumento de Áreas Antrópicas	75
6.1.3	Início e/ou Aumento do Tráfego de Veículos	75

6.1.4	Atração de Animais para a Rodovia	76
6.1.5	Atropelamento de Fauna Silvestre.....	76
6.1.6	Supressão da Vegetação	78
6.1.7	Atração e/ou Propagação de Espécies Exóticas	80
6.1.8	Geração de Poluições.....	82
6.1.9	Soterramentos	83
6.1.10	Início e/ou Aumento de Atividades Extrativistas	84
6.1.11	Existência da Rodovia em Si	85
6.2	PRINCIPAIS EFEITOS	85
6.3	ANÁLISE-EXEMPLO DAS REDES DE INTERAÇÃO	89
7	MEIOS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS.....	96
7.1	PROGRAMAS DE MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS	96
7.1.1	Programa de Gestão e Supervisão Ambiental (PGSA).....	97
7.1.2	Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD).....	98
7.1.3	Programa de Proteção à Fauna (PPFau)	99
7.1.4	Programa de Prevenção e Controle de Incêndios	101
7.1.5	Programa de Comunicação Social (PCS)	101
7.1.6	Programa de Educação Ambiental (PEA)	102
7.2	MEDIDAS MITIGADORAS	103
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
	REFERÊNCIAS	111
	GLOSSÁRIO.....	116
	APÊNDICES	119

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com porte de continente, rico em áreas naturais e com uma extensa malha rodoviária, que ainda está em expansão. O encontro entre o meio ambiente e as rodovias normalmente possui resultados negativos, principalmente para a fauna silvestre. A fim de entender com maior profundidade essa relação estrada-natureza, desenvolveu-se a Ecologia de Estradas.

“A Ecologia de Estradas é o ramo da ecologia que estuda os efeitos das estradas sobre a biodiversidade, relacionando-os também com os aspectos sociais e econômicos para as populações humanas” (CBEE, 2014). Mesmo abordando diferentes setores (ambientais, econômicos e sociais), dentre as publicações mundiais sobre esse tema, cerca de 25% possuem foco no atropelamento de animais, enquanto exclusivamente no Brasil esse número sobe para 37% (Oliveira et al., 2020). Embora essa seja a questão mais famosa, “além das colisões, estradas e rodovias inseridas no ambiente natural [também] provocam poluição e potencializam a introdução de espécies invasoras” (eCycle, 2022), dentre outras consequências.

Apesar da relevância do problema, ainda não se verifica na literatura um consenso em relação aos impactos e suas respectivas medidas de mitigação. Deste modo, o presente trabalho foi voltado para identificar quais são os impactos gerados pelas rodovias sobre a fauna silvestre, como e por que eles ocorrem, além de levantar suas possíveis medidas mitigadoras, por meio de uma análise dos Estudos de Impacto Ambiental e de artigos científicos.

2 OBJETIVO

O objetivo geral deste relatório foi verificar o alinhamento da prática da avaliação de impacto ambiental no país (por meio dos Estudos de Impacto Ambiental - EIAs) ao conjunto de boas práticas recomendadas pela literatura, com foco nos impactos sobre a fauna silvestre provocados por rodovias.

Para isso, os objetivos específicos foram:

- Analisar a qualidade do conteúdo dos EIAs, relativo aos impactos sobre a fauna silvestre;
- Compreender as relações causais entre as ações referentes à implantação e operação de rodovias e os impactos resultantes sobre a fauna silvestre;
- Verificar o nível de alinhamento entre as medidas de mitigação propostas e o quadro de impactos de referência.

3 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

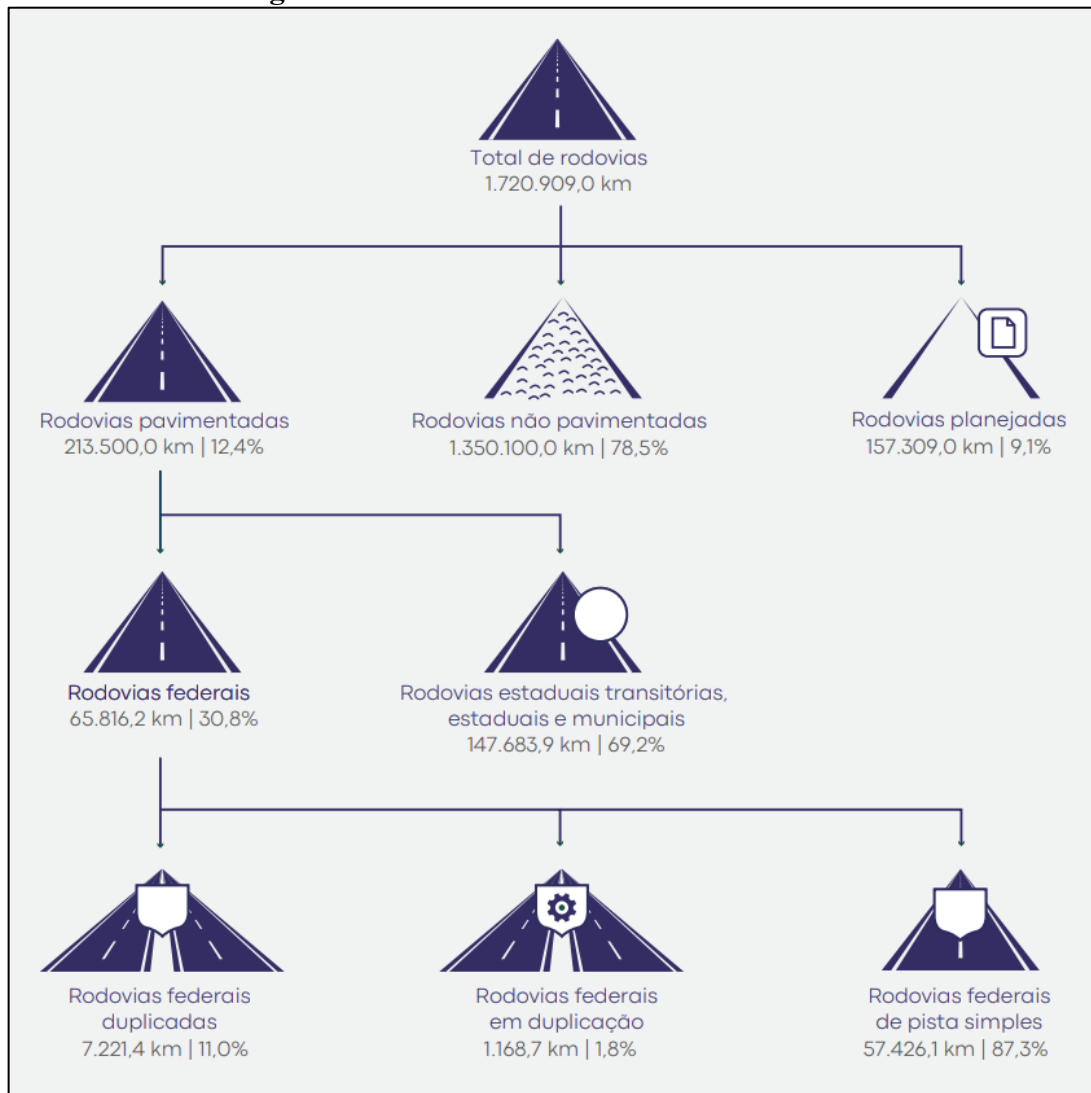
3.1 RODOVIAS BRASILEIRAS

Segundo o dicionário Michaelis, a definição de Estrada é “caminho, geralmente largo, que liga duas ou mais localidades destinado ao trânsito de pessoas, animais e veículos”. A primeira estrada brasileira reportada foi em 1560, a qual era um caminho aberto entre São Vicente e o Planalto Piratininga, passando por Rio das Pedras e Cubatão. Entre 1789 e 1792, sua pavimentação utilizando lajes de granito no trecho da serra foi iniciada, passando a ser denominada Calçada de Lorena. Na época, porém, não havia interesses em melhorar as técnicas construtivas por utilizarem mão de obra escrava, indígena e de capturados.

O rápido desenvolvimento das rodovias iniciou na década de 1950 com o governo de Juscelino Kubitschek (entre 1956 e 1960), cujo lema era “50 anos em 5”, utilizando como base também o lema de Washington Luís (“Governar é abrir estradas”). O projeto do presidente era investir em transporte rodoviário para atrair mais indústrias automobilísticas ao Brasil, realizando pavimentação de vias em escala industrial, programa de melhoria das estradas vicinais e abertura de estradas no Nordeste. Porém, enquanto havia essas melhorias, as ferrovias sofriam com a falta de manutenção, sendo descuidadas e prejudicadas (Malanconi; 2019).

Já durante o governo militar (entre 1964 e 1985), dois grandes projetos rodoviários foram realizados: a Rodovia Transamazônica e a Ponte Rio-Niterói. Com isso, após o fim do Regime Militar, o Brasil apresentava aproximadamente 110 mil km de rodovias pavimentadas, aumentando esse número para 133 mil km em 1993 e, posteriormente, para 196 mil km em 2005, ao passo que havia 1.400.000 km de rodovias não pavimentadas (Malanconi; 2019).

Atualmente, o Brasil possui mais de 1.720.000 km de rodovias, das quais apenas 12,4% estão pavimentadas. A Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2023) traz um panorama atual das rodovias, o qual está apresentado na figura 1. No ranking mundial de malha pavimentada, o Brasil ocupa a 8ª colocação com uma densidade de 25,1 km/mil km², atrás de: Equador (31,4), Canadá (41,6), Argentina (42,3), Uruguai (43,9), Rússia (54,3), EUA (437,8) e China (447,0). Já o ranking nacional (CNT, 2023) é liderado pela região Sul (com uma densidade de 20,5 km/mil km²), seguindo de Nordeste (13,1), Sudeste (12,6), Centro-Oeste (7,3) e Norte (2,7).

Figura 1 - Malha Rodoviária Brasileira em 2023

Fonte: CNT (2023)

A pesquisa também traz o crescimento da frota de veículos entre 2012 e 2022, o qual está demonstrado na tabela 1. Embora o Sudeste possua a menor taxa de crescimento (43,8%), é a região com maior número de veículos do país, possuindo cerca de 150% a mais de veículos que o Sul (2º colocado entre as frotas) e 765% a mais que o Norte (último colocado). Mesmo tendo a menor frota, foi o Norte quem apresentou a maior taxa de crescimento (78,1%). Assim, pode-se concluir que todas as regiões estão com grandes aumentos no tráfego de veículos, o que é uma ameaça à segurança animal e à conservação ambiental. No decorrer do relatório, serão discutidas as consequências do aumento de tráfego de veículos para a fauna silvestre.

Tabela 1 - Frota Total de Veículos por Região entre 2012 e 2022

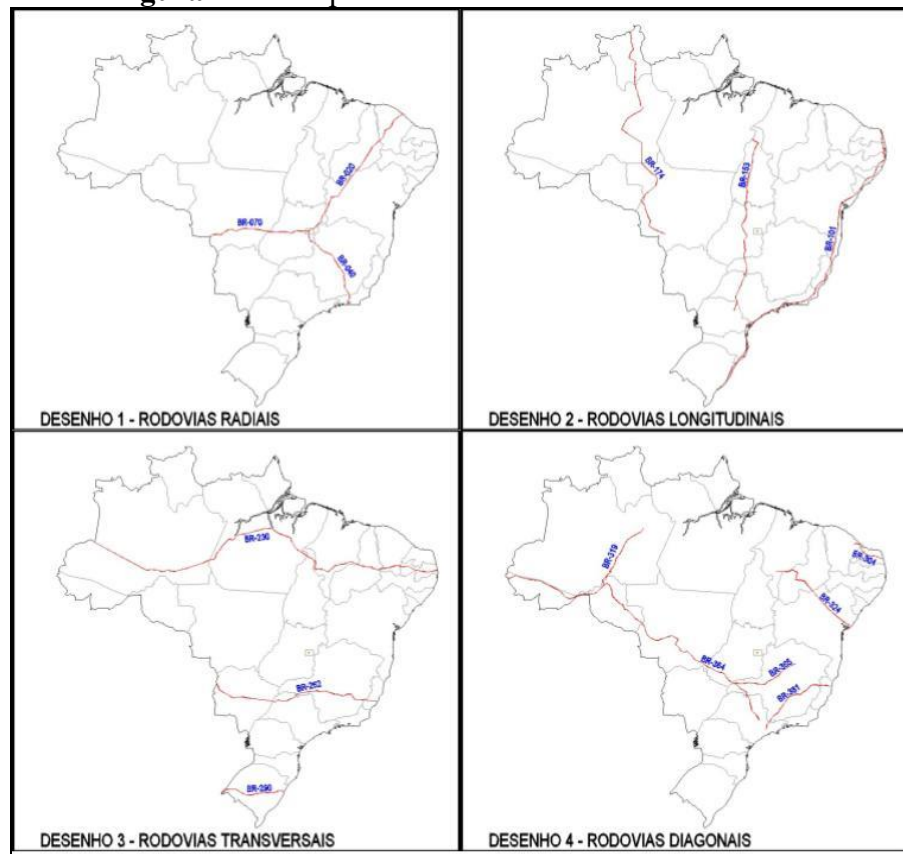
Região	2012	2022	Crescimento
Norte	3.573.678	6.364.215	78,1 %
Nordeste	11.939.732	20.329.329	70,3 %
Sudeste	38.277.054	55.046.537	43,8 %
Sul	15.409.291	22.419.641	45,5 %
Centro-Oeste	6.937.436	10.956.810	57,9 %
Brasil	76.137.191	115.116.532	51,2 %

Fonte: CNT (2023)

Sobre a legislação em relação às rodovias, em 10 de setembro de 1973, foi sancionada a lei nº 5.917, a qual aprovou o Plano Nacional de Viação (PNV). Após quase 40 anos, foi sancionada a lei nº 12.379 em 06 de janeiro de 2011, a qual revogou o PNV e dispôs sobre o Sistema Nacional de Viação (SNV). O SNV, apresentado pelo Departamento Nacional de Infraestruturas de Transportes (DNIT), é constituído pela infraestrutura física e operacional dos vários modos de transporte de pessoas e bens, sob jurisdição dos diferentes entes da Federação, sendo composto pelo Sistema Federal de Viação (SFV) e pelos sistemas de viação dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios.

A seção I do capítulo III do SNV dispõe sobre a nomenclatura das vias do sistema rodoviário federal. Por serem administradas pela União, as rodovias federais devem iniciar com “BR” e são classificadas de acordo com a sua orientação geográfica:

- **Rodovias Radiais (BR-0XX)**: são as rodovias que parte da Capital Federal (Brasília/DF) em direção a outras capitais estaduais ou aos extremos do país;
- **Rodovias Longitudinais (BR-1XX)**: são as rodovias que possuem direção Norte-Sul;
- **Rodovias Transversais (BR-2XX)**: são as rodovias que possuem direção Leste-Oeste;
- **Rodovias Diagonais (BR-3XX)**: são as rodovias que possuem ou direção Nordeste-Sudoeste ou direção Noroeste-Sudeste;
- **Rodovias de Ligação (BR-4XX)**: são as rodovias federais que não se enquadram nas categorias acima, geralmente conectando outras rodovias federais ou permitindo o acesso a instalações federais de importância estratégica (como pontos de fronteira, áreas de segurança nacional e terminais marítimos, fluviais, ferroviários ou aeroviários).

Figura 2 - Exemplos das Nomenclaturas das Rodovias

Fonte: DNIT, 2010.

Segundo o DNIT (2021), há a classificação dos tipos de obras em rodovias, sendo:

- **Obras de Duplicação:** Ocorre nos casos onde já existe uma via pavimentada e se deseja aumentar sua capacidade, sendo executados serviços de duplicação;
- **Obras de Pavimentação:** Ocorre nos casos onde já existe uma via implantada e se deseja melhorar sua qualidade estrutural, sendo executados serviços de pavimentação;
- **Obras de Implantação:** Ocorre nos casos onde existe ou uma via planejada ou uma via em leito natural e se deseja obter uma qualidade estrutural, sendo executados serviços de implantação.

Complementando os tipos de obras, o DNIT (2021) também traz as definições dos diferentes tipos de rodovias, sendo:

Rodovia em Leito Natural: Rodovia construída em primeira abertura, em terreno natural, sem atendimento às normas, podendo eventualmente receber revestimento primário. São rodovias que não atendem às normas rodoviárias de projeto geométrico, portanto, não se enquadrando em nenhuma das classes de rodovias estabelecidas pelo DNIT. Sua superfície de rolamento se apresenta no próprio terreno natural.

Rodovia Planejada: Rodovia que consta de um planejamento e cuja construção representa-se em perspectiva. São rodovias fisicamente inexistentes, mas para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estes pontos de passagem não são obrigatórios até

que a realização de estudos e/ou projetos estabeleçam o traçado definitivo da rodovia. Destaca-se que as rodovias estaduais coincidentes com rodovias federais planejadas são classificadas como “PLA” neste campo.

Rodovia Implantada: Rodovia construída de acordo com as normas rodoviárias de projeto geométrico e que se enquadram em determinada classe estabelecida pelo DNIT. São rodovias que apresentam superfície de rolamento sem pavimentação e normalmente em revestimento primário, permitindo o tráfego no decorrer do ano.

Rodovia Pavimentada: Rodovia com revestimento superior. São rodovias implantadas que apresentam sua superfície com pavimento asfáltico, de concreto cimento ou de alvenaria poliédrica.

Rodovia em Multifaixas: Representam quatro rodovias pavimentadas formadas por duas ou mais pistas com duas ou mais faixas para cada sentido, sem canteiro central, separadas apenas por sinalização horizontal, acrescida ou não de tachões.

Rodovia Duplicada: Rodovia formada por duas pistas com duas ou mais faixas para cada sentido, separadas por canteiro central, por separador rígido ou ainda com traçados separados muitas vezes contornando obstáculos.

Figura 3 - Exemplos dos Tipos de Rodovia



Fonte: Montagem de Autoria Própria¹

Independentemente do tipo de rodovia ou do tipo de obra, as etapas para sua implantação são similares, sendo divididas ¹em três: Planejamento, Construção e Operação (Bellia; Bidone, 1993). A etapa de Planejamento consiste na fase de estudo de traçado e anteprojeto, envolvendo

¹ Montagem a partir de imagens coletadas nos sites: do Governo Estadual de São Paulo (2018); do Departamento Nacional de Infraestrutura e Transportes – DNIT (2018); do Cidade Verde (2022) e do AgroCeleiro (2014)

o diagnóstico ambiental e social da região de interesse. A etapa de Construção, além da construção da própria via, também envolver a instalação do canteiro de obras, desmatamentos e limpezas de terrenos, terraplanagens, drenagens etc. Já a etapa de Operação não é apenas sobre o fluxo de veículos, mas também sobre as manutenções da via, os monitoramentos, os controles de vegetação, entre outras atividades para garantir a qualidade da estrutura.

3.2 LITERATURA CIENTÍFICA

3.2.1 Análise de Qualidade dos EIAs

Embora os EIAs sejam documentos essenciais para o licenciamento ambiental e, consequentemente, para a realização das obras dos empreendimentos, esses documentos vêm sendo muito criticados. Freitas et al. (2017) traz uma discussão sobre esse tema. Os principais motivos dessas críticas são: a baixa qualidade do documento em si; a falta de uma avaliação adequada dos impactos apresentados; a presença apenas de informações qualitativas; a falta de uma abordagem analítica e/ou preditiva; a falta de elaborar questões relacionados aos potenciais impactos levantados; e a falta de responder essas questões fundamentais. Como os EIAs foram criados a partir de um evento político, em vez de uma demanda científica, a grande maioria desses estudos possui uma base teórica mal definida com uma insuficiente relação entre teoria e prática, fazendo com que os erros dos EIAs se repitam conforme os anos, já que eles possuem métodos inadequados de coleta e análise de dados (Silveira et al., 2010; Lawrence, 1997b; Cashmore et al., 2004 apud Freitas et al., 2017)²

Apesar dos EIAs apresentarem esses problemas de qualidade, os empreendimentos relacionados às rodovias (implantação, pavimentação ou duplicação de via) necessitam da aprovação do EIA para a realização das obras justamente por apresentarem impactos ambientais significativos. A partir de um levantamento pela literatura científica realizado por Freitas et al.

² Silveira, L. F., Beisiegel, B. de M., Curcio, F. F., Valdujo, P. H., Dixo, M., Verdade, V. K., Cunningham, P. T. M. 2010. Para que servem os inventários de fauna? *Estudos Avançados*, 24(68), 173-207. DOI: 10.1590/S0103-40142010000100015.

Lawrence, D. P. 1997b. The need for EIA theory-building. *Environmental Impact Assessment Review*, 17, 79-107. DOI: 10.1016/S0195-9255(97)00030-9

Cashmore, M., Gwilliam, R., Morgan, R., Cobb, D., Bond, A. 2004. The interminable issue of effectiveness: substantive purposes, outcomes and research challenges in the advancement of environmental impact assessment theory. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 22(4), 37-41. DOI: 10.3152/147154604781765860

(2017) sobre o tema ecologia de estradas, foi desenvolvida a seguinte lista-base dos impactos ambientais causados pelas rodovias:

- a) Perda de Habitat: supressão da vegetação ou desmatamento;
- b) Modificação do Habitat: poluição sonora, alterações hidrológicas, iluminação artificial, alteração na qualidade e estrutura do solo, diminuição da qualidade do ar, mudanças de temperatura, mudanças de umidade, mudanças de radiação solar, aumento dos ventos, efeitos do tráfego [de veículos];
- c) Mortes nas Estradas devido às Colisões Veículo-Animal;
- d) Filtros e Barreiras: fragmentação, perda de conectividade e isolamento, redução do acesso ao habitat;
- e) Mudanças no Comportamento Animal: evitação ou atração;
- f) Criação de Novos Habitats;
- g) Introdução de Espécies Exóticas: espécies domésticas e silvestres;
- h) Pressão Antrópica Direta: caça, pesca, zoonoses, aumento de incêndios, acidentes com materiais perigosos.

Devido à importância da análise dos impactos causados pelas rodovias e à relevância do licenciamento para evitar e minimizar esses impactos, Freitas et al. (2017) utilizou como base de estudo 16 EIAs de rodovias brasileiras, sendo eles: BR-040/DF/GO/MG, BR-040/RJ, BR-101, BR-104, BR-116, BR-135, BR-158, BR-285, BR-290, BR-317, BR-319, BR-386, ES-080, SP-300, Rodoanel Oeste e Rodoanel Norte. Com isso, espera-se que cada um responda às seguintes questões:

- (1) Os impactos levantados em cada EIA são identificados e avaliados a partir da literatura de ecologia de estradas? (Motivo: analisar a qualidade dos EIAs, comparando-os à lista-base de impactos ambientais)
- (2) As medidas de mitigação propostas em cada EIA são baseadas nas informações presentes no documento? (Motivo: analisar se há coerência entre os estudos, a matriz de impactos e as medidas mitigadoras propostas para o caso)
- (3) Qual a qualidade da avaliação da mortalidade de animais? (Motivo: analisar detalhadamente como os EIAs avaliaram a mortalidade de animais)

Para analisar os EIAs selecionados por Freitas et al. (2017), foi realizada uma análise quantitativa e outra qualitativa. Na análise quantitativa, para cada um dos impactos da lista-base foi atribuída uma nota de 0 a 3 em cada estudo, os quais geraram uma pontuação final; essa pontuação foi convertida em sua porcentagem relativa (denominada *Score*), ou seja, como por exemplo, o EIA que somar 2 pontos de um total de 24 teria um *score* de 8,33% (já que $2 \div 24 = 0,08333 = 8,33\%$). Além dos impactos, essa análise pelo *Score* também foi realizada sobre a mortalidade da rodovia, sendo usados 6 critérios nesse caso:

- Como os métodos usados para avaliar a mortalidade da rodovia estão descritos no estudo, avaliando a qualidade dos dados apresentados e se a discussão está coerente e completa;
- Como é a magnitude da mortalidade da rodovia, avaliando se foi adaptado ao empreendimento em questão, se foi baseado apenas no levantamento de dados ou se foi baseado apenas em outros estudos;
- Como foi mostrada a lista de espécies impactadas, avaliando se houve levantamento de dados primários, se foi baseado em outros estudos ou se a lista foi apenas estimada;
- Como foram estimados os padrões espaciais relacionados à mortalidade da rodovia, avaliando se houve levantamento de dados e como esses foram analisados;
- Como foram estimados os padrões temporais relacionados à mortalidade da rodovia, avaliando se houve levantamento de dados e como esses foram analisados;
- Como foram propostas as medidas de mitigação, avaliando se foi apresentado e justificado tanto o tipo da medida quanto seu local de implantação.

A tabela 2 traz a lista dos EIAs utilizados, suas informações básicas (tipo de obra, ano do EIA e extensão do empreendimento) e os *scores* de impactos e de mortalidade. Ressalta-se que, em relação aos *scores*, quanto maior for o valor da porcentagem, mais completo o documento se apresenta em relação aos impactos ambientais e aos dados de mortalidade.

Tabela 2 - EIAs utilizados por Freitas et al. (2017)

EIA	Tipo de Obra	Ano	Extensão	Score de Impactos	Score de Mortalidade
BR-040/DF/GO/MG	Duplicação	2015	557,2 km	62,50%	66,70%
BR-040/RJ	Duplicação	2010	25 km	75,00%	33,33%
BR-101	Duplicação	2012	155,7 km	50,00%	38,90%
BR-104	Duplicação	2009	51,4 km	8,33%	0,00%
BR-116	Duplicação	2009	219,4 km	54,17%	33,33%
BR-135	Implantação/Pavimentação	2013	48,7 km	45,83%	66,70%
BR-158	Duplicação	2007	268,8 km	29,17%	22,20%
BR-285	Implantação/Pavimentação	2010	30,3 km	45,83%	11,10%
BR-290	Duplicação	2010	115,7 km	33,33%	44,40%
BR-317	Implantação/Pavimentação	2008	110,7 km	58,33%	38,90%
BR-319	Implantação/Pavimentação	2005	418,2 km	54,17%	5,56%
BR-386	Duplicação	2009	35,2 km	62,50%	44,40%
ES-080	Implantação/Pavimentação	2006	15,02 km	16,67%	0,00%
SP-300	Duplicação	2002	76,95 km	33,33%	27,80%
Rodoanel Oeste	Implantação	1997	31,7 km	33,33%	11,10%

Rodoanel Norte	Implantação	2010	42,8 km	41,67%	16,67%
Legenda	Até 10%	De 10 a 30%	De 30 a 60%	De 60% a 85%	De 85 a 100%

Fonte: Baseado em Freitas et al. (2017)

A partir dos resultados da tabela 2, pode-se concluir que infelizmente os EIAs possuem uma baixa qualidade no geral. Para a seção de impactos, os EIAs apresentaram um *score* médio de 44,01%, sendo que apenas 3 possuem *scores* razoavelmente bons (de 60 a 85%) com apenas 1 deles acima de 70% (o caso da BR-040/RJ com 75%), além de apresentar que 10 dos 16 EIAs possuíram um *score* igual ou abaixo de 50%, o que fortalece a questão da baixa qualidade das análises de impactos. Já as análises sobre a mortalidade da rodovia apresentaram resultados piores: um *score* médio de 28,82% com apenas 2 EIAs com *scores* acima de 50% (os casos da BR-040/DF/GO/MG e da BR-135, ambos com 66,7%), além de que 8 apresentaram *scores* abaixo de 30% para esse tópico. Comparando-se os *scores* entre os tipos de obras, pode-se observar que não houve grandes diferenças: no caso dos impactos, as obras de Duplicação tiveram um *score* de 45,37% e as obras de Implantação/Pavimentação tiveram 42,26%; já no caso das medições de mortalidade, as obras de Duplicação apresentaram um *score* de 34,56% enquanto que as obras de Implantação/Pavimentação apresentaram 21,43%.

Com os resultados e a discussão da tabela 2, é possível responder à primeira e à terceira questão: (1) “Os impactos levantados em cada EIA são identificados e avaliados a partir da literatura de ecologia de estradas?” e (3) “Qual a qualidade da avaliação da mortalidade de animais?”. Infelizmente, ambas questões tiveram resultados negativos. Para a primeira, pode-se concluir que há uma falha na conexão entre os EIAs e as literaturas, o que foi representado pelos baixos números nos *scores* dos impactos ambientais. Essa falha pode representar um indicador de que a área de ecologia de estradas ainda é pouco conhecida pelos praticantes da Avaliação de Impactos Ambientais, como pesquisadores, técnicos, consultores e gestores ambientais e, conseqüentemente, isso pode gerar uma falta de uma melhor integração entre esses praticantes e o desenvolvimento do EIA. Já para a terceira questão, pode-se concluir que a avaliação sobre a mortalidade dos animais foi efetuada de forma superficial, sendo baseado apenas na opinião de consultores ambientais sem trazer outros tipos de dados (como a intensidade, a extensão ou a duração dos impactos).

A qualidade e a eficácia dos processos de licenciamento ambiental têm sido discutidos em diversos países por meio de análises de estudos técnicos e de proposições de metodologias alternativas (Söderman 2005, Sandham et al. 2013, Karlson et al. 2014 apud Freitas et al., 2017). Alguns exemplos das críticas sobre os estudos técnicos são: ausência de análises quantitativas, falta de avaliações espaciais e temporais dos impactos ambientais, uso de métodos inadequados (Karlson et al. 2014), fraco conhecimento especializado com informações pouco específicas sobre as espécies

(Karjalainen et al. 2013), falha na interpretação dos potenciais impactos ecológicos, superficialidade no tratamento dos impactos locais, negligência dos impactos na escala de paisagem, e falta de conhecimento sobre os efeitos cumulativos da perda e fragmentação da paisagem sobre as populações da vida selvagem (Jaeger, 2015)³.

A fim de responder a segunda pergunta (“as medidas de mitigação propostas em cada EIA são baseadas nas informações presentes no documento?”), foi realizada uma análise qualitativa. Para isso, foi verificado se cada impacto da lista-base foi abordado em diferentes seções do EIA: nos Estudos de Base, na Matriz de Impactos e nas Propostas de Medidas de Mitigação. O objetivo dessa análise é justamente conferir se há coerência e complementaridade entre essas partes. Porém, o resultado foi negativo: de todos os impactos de cada EIA, apenas 32,24% estavam presentes nas 3 seções e 27,63% não estavam presentes em nenhuma, tendo 2,63% de casos onde um impacto foi apresentado nas medidas mitigadoras sem ter sido apresentado anteriormente no documento. Por mais que as informações dos impactos tenham sido descritas no Estudo de Base, elas não foram utilizadas para a proposição das medidas mitigadoras, as quais foram desenvolvidas a partir de outros estudos, muitas vezes chegando a não estar relacionadas a nenhum impacto antes mencionado (seja nos Estudos de Base ou na Matriz de Impactos). Isso demonstra que os objetivos dos EIAs não estão sendo atingidos, já que seus conteúdos não estão abordando as questões relacionadas aos potenciais impactos do empreendimento e, por consequência, estão propondo medidas mitigadoras sem embasamento contextual, o qual justificaria tais propostas ou traria melhores oportunidades.

De acordo com Santos (2010), há dois tipos de abordagem em um EIA: a exaustiva e a focada. A primeira, que é a mais utilizada no Brasil (como reforçado pelos resultados obtidos), descreve em detalhes todos os diferentes componentes da paisagem que serão potencialmente afetados, considerando que quanto mais informações melhor é a qualidade. Alternativamente, na abordagem focada, a qual os autores do artigo concordam em ser a melhor, apenas as variáveis dos impactos potenciais são avaliadas, e isso permite a descrição das futuras condições da paisagem considerando a situação em que a atividade proposta é implementada, mas também a situação em que a atividade não é implementada.

Além dos EIAs brasileiros seguirem a abordagem exaustiva, Jaeger (2015) suspeita que a baixa qualidade desses EIAs é justificada pelo processo de licenciamento ser visto apenas como um pré-requisito legal para a aprovação de um projeto, enquanto o licenciamento deveria

³ Söderman, T. 2005. Treatment of biodiversity issues in Finnish environmental impact assessment. *Impact Assessment and Project Appraisal*; Sandham, L. A., van Heerden, A. J., Jones, C. E., Retief, F. P., Morrison-Saunders, A. N. 2013. Does enhanced regulation improve EIA report quality? Lessons from South Africa. *Environmental Impact Assessment Review*; Karlson, M., Mörtberg, U., & Balfors, B. 2014. Road ecology in environmental impact assessment. *Environmental Impact Assessment Review*; Karjalainen, T. P., Marttunen, M., Sarkki, S., Rytönen, A-M. 2013. Integrating ecosystem services into environmental impact assessment: an analytic-deliberative approach. *Environmental Impact Assessment Review*, 40, 54-64; Jaeger, J. A. G. 2015. Improving environmental impact assessment and road planning at the landscape scale. In: R. van der Ree, D. J. Smith & C. Grilo (Eds.), *Handbook of road ecology*. pp. West Sussex: John Wiley & Sons.

ser considerado como “um passo fundamental para a tomada de decisão para minimizar os impactos e promover a sustentabilidade”. Como conclusão, Jaeger (2015) traz como uma opção de melhoria de qualidade para os documentos: investir em técnicos e consultores ambientais, incluindo universidades e instituições de pesquisa, a fim de revisar o EIA como um todo e garantir uma integração entre os diferentes profissionais. A partir desse encontro, deve-se definir as perguntas-chave para o desenvolvimento do texto, utilizar uma lista de impactos como base para essa elaboração e utilizar amostras para guiar as decisões de mitigação.

Dias et al. (2022) avaliaram se os EIAs estão abordando de forma eficaz os impactos sobre a biodiversidade, mas os EIAs analisados são de diferentes empreendimentos de Minas Gerais. Como resultado, eles citaram que “o diagnóstico ambiental era básico com falta de rigor científico, sem perguntas ou hipóteses guias, com poucas análises ecológicas e com omissão de informação essencial para o estudo” (Dias et al., 2022, tradução nossa). Essa falta de qualidade no diagnóstico levou a um relatório deficiente dos impactos gerados, além de não serem utilizados para a tomada de decisão, mas ainda assim obtendo licença ambiental para liberação das obras (Dias et al., 2022).

Ritter et al. (2017) trouxeram uma visão geral sobre a eficiência dos EIAs com ênfase na Amazônia Brasileira, porém foi constatado que o sistema de EIAs no país é muito genérico e impreciso. “Os EIAs geralmente falham em entregar uma descrição apropriada da composição de espécies e da caracterização do ambiente abiótico. [...] Os EIAs no Brasil são descritivos, e pouco é feito para identificar os potenciais impactos e para sugerir estratégias de mitigação.” (Ritter et al, 2017, tradução nossa).

Por Oliveira et al (2019), “verificou-se a qualidade regular de grande parte dos relatórios analisados visto a presença de erros e a ausência de métodos e linguagem apropriados para obtenção e análise de dados, principalmente sobre a fauna, vegetação, rios e córregos”. Esses autores observaram as seguintes deficiências:

- A divulgação dos trabalhos é restrita, não sendo de fácil disponibilidade e acesso para a população;
- A informação é divulgada em linguagem com excesso de retórica, dificultando a compreensão e clareza dos dados técnicos dos estudos;
- Em alguns casos foi diagnosticada falta de preparação técnica dos profissionais envolvidos na elaboração dos RIMA;
- Desigualdade regional dos critérios entre os órgãos ambientais;
- Grande burocracia que envolve o andamento e divulgação desses trabalhos;
- Deficiência no detalhamento dos impactos causados pelas obras;
- A falta de imagens, mapas e figuras para exemplificar atividades geradoras de impactos.

3.2.2 Impactos Ambientais

Boston (2016) descreve os impactos e os meios de mitigação voltados para as estradas de floresta, ou seja, para as vias que cruzam grandes áreas florestais. Essas estradas são utilizadas como via de acesso tanto para as áreas de extração (de madeiras, frutos, plantas etc) quanto para as áreas de recursos não-consumíveis, como áreas de acampamentos, de passeio turístico ou de observação de vida selvagem. Além dos impactos gerados pela presença em si da rodovia, a qualidade da via também pode influenciar (se ela foi indevidamente planejada, construída e/ou mantida). Estradas florestais causam tanto impactos diretos (como as colisões veículos-animais) quanto indiretos (como as modificações no habitat).

No geral, os impactos indiretos são aqueles que impedem ou limitam os animais de realizarem suas atividades e movimentações e, por isso, esses animais acabam por evitar as rodovias, seja para evitar os próprios veículos ou para evitar as emissões geradas (como fumaças e barulhos). A depender da espécie, a rodovia em si já é considerada como um tipo de barreira, como para os invertebrados escavadores (minhocas, insetos, aracnídeos etc), já que são incapazes de atravessar a rodovia seja pela superfície seca ou pelo solo compactado. Um exemplo é o estudo realizado por Keller e Largiadèr⁴ (2003 apud Boston, 2016), onde capturaram 742 besouros não-voadores e os colocaram para atravessar uma via de 6 metros de largura, porém foi constatado que apenas 1 desses besouros conseguiu atravessar. Outro exemplo é o efeito dos barulhos do trânsito no caso do *Cervus elaphus roosevelti* na América do Norte, pois os barulhos interrompem o cervo de se alimentar adequadamente e os faz fugirem, tornando-os presas mais vulneráveis principalmente para o leão da montanha (Boston, 2016).

As colisões ocorrem principalmente devido ao excesso de velocidade, atingindo os mais diversos animais (desde pequenos anfíbios até grandes mamíferos). Análises de dados sobre essas colisões demonstram que há evidências de padrões espaciais e temporais para esses acidentes. Eles ocorrem com maior frequência em áreas com maior densidade de espécimes da fauna ou em rotas de migração (como por exemplo, a mortalidade de anfíbios em trechos passando por zonas úmidas e alagadas). Além disso, o volume de tráfego e a velocidade influenciam também nesse quadro de colisões, sendo percebido que as maiores taxas de

⁴ Keller I, Largiadèr CR. Recent habitat fragmentation caused by major roads leads to reduction of gene flow and loss of genetic variability in ground beetles. Proc R Soc Lond B Biol Sci. 2003; 270 (1513): 417–23

mortalidade ocorrem em trechos de alta velocidade com tráfego moderado. Um alto volume (tráfego intenso) evita que os animais tentem atravessar a via, gerando um tipo de barreira para travessias (Boston, 2016).

Dentre os impactos sobre a fauna, o mais comum na literatura científica é o atropelamento de animais silvestres. Diferentes pesquisas foram realizadas para mensurar a quantidade de indivíduos e/ou de espécies atropeladas. Como exemplos, a BR-262/MS, uma rodovia que transpassa o Cerrado e o Pantanal, apresentou 930 carcaças, sendo 414 répteis (de 29 espécies) e 516 pássaros (de 47 espécies) (Fischer; Godoi; Filho, 2018). A BR-040/RJ/MG, num trecho de 180 km que transpassa pela Mata Atlântica, desde 2006, apresentou 1.411 mortes apenas de herpetofauna, sendo 934 répteis (de 45 espécies) e 478 anfíbios (de 15 espécies) (Gomes et al, 2023). Outra pesquisa mostra que, também na BR-040/RJ/MG, houve o registro de 1.317 carcaças de aves (de 180 espécies) em 10 anos de monitoramento (Bueno et al, 2023). A PB-400, em um trecho de 47 km em 14 meses, apresentou 464 carcaças, sendo 245 anfíbios, 86 répteis, 73 mamíferos e 60 aves (Ferreira et al, 2023). A BR-427/RN/PB, em 50 meses, apresentou 527 carcaças de mamíferos dentre 10 espécies diferentes (Santos et al, 2023). Embora existam diversas pesquisas e controles sobre os atropelamentos, o seu monitoramento ainda não é eficaz, tendo diversos casos sem serem registrados.

No Brasil, o Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE) elaborou em 2014 o Sistema Urubu, um aplicativo baseado na Ciência Cidadã. “A ciência cidadã consiste na parceria entre amadores e cientistas na coleta de dados para a pesquisa científica [...] para ampliar a participação do público na gestão ambiental, onde qualquer pessoa pode submeter as suas informações através de internet mediante aplicativos e celulares” (SiBBR, 2023). Segundo dados do Sistema Urubu (2023), há a estimativa de que 17 animais são atropelados por segundo, o que resulta em 475 milhões de animais mortos por ano apenas por atropelamento. Pelo aplicativo, foram registradas mais de 49.550 carcaças dentre 795 espécies, sendo 415 aves, 176 mamíferos, 153 répteis e 51 anfíbios. Por mais que o aplicativo seja um método válido para registro de animais atropelados, ainda há a falta de outros métodos e ferramentas para complementar o Sistema Urubu e assim garantir um monitoramento mais eficaz.

3.2.3 Meios de Mitigação

Em outubro de 2023, a CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) disponibilizou para consulta pública o documento “Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna (PMAF) para as rodovias estaduais do Estado de São Paulo”. Esse Plano é um

instrumento de gestão de impactos ambientais e possui como objetivo as rodovias estaduais já em operação, porém muitas de suas medidas de mitigação propostas também podem ser utilizadas em rodovias a serem implantadas ou pavimentadas. Ressalta-se que o Plano “não exclui o operador rodoviário da necessidade de realizar medidas cabíveis e/ou adicionais para mitigar o atropelamento de fauna em trechos eventualmente identificados como críticos ou no âmbito do licenciamento ambiental de obras” (Art. 7º, CETESB, 2023).

O grande cenário de impactos possíveis indica a necessidade de elaboração e execução de um PMAF pelos administradores das rodovias. A CETESB sugere que o PMAF tenha dois focos: os *Hotspots* (Zonas de Concentração de Atropelamentos de Fauna) e as Unidades de Conservação (UCs). Os *Hotspots*, por representarem os trechos com maiores índices de atropelamento, devem possuir tanto um levantamento de dados padronizado e representativo quanto proposições de medidas para reduzir os atropelamentos nessas zonas. E nas UCs, por possuírem alta relevância ambiental principalmente por promoverem conectividades entre segmentos vegetais, devem ser identificados trechos que atravessam ou margeiam suas áreas, propondo medidas necessárias para uma travessia segura dos animais silvestres. Para garantir um melhor gerenciamento sobre esses impactos, recomenda-se que o PMAF seja dividido em 7 tópicos, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 - Organização e Resumo do Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna



Fonte: CETESB, 2023

Na Caracterização da Malha Rodoviária, devem ser apresentadas as informações básicas, como dados cadastrais, localização e descrições da rodovia. Além disso, também devem ser apresentados 4 itens: Barreiras Físicas; Estruturas com Potencial para Travessia; Medidas Mitigadoras já Existentes; e Uso e Ocupação do Solo (identificando áreas úmidas, remanescentes vegetais, silviculturas, plantios agrícolas, pastagens, solos expostos, zonas

urbanas e Unidades de Conservação). As Barreiras Físicas, mesmo que não sejam necessariamente destinadas à fauna, são importantes para evitar a transposição da rodovia pela fauna silvestre, tendo como exemplos: cercas de propriedades, cercas direcionadoras de animais, barreiras rígidas, defensas metálicas, muros etc. Já as Medidas Mitigadoras Existentes devem ser identificadas, descritas e classificadas em estruturais ou não-estruturais, incluindo o estado de conservação das medidas estruturais.

Na seção de Atropelamento de Fauna na Rodovia, é importante realizar o registro de todos os animais encontrados na rodovia em questão, seja animal silvestre, doméstico ou exótico/invasor. Para isso, recomenda-se realizar na respectiva ordem: o inventário de todos os animais avistados e atropelados; a identificação dos *hotspots* apenas de carcaças de animais silvestres; a identificação dos *hotspots* de carcaças de animais domésticos e de animais silvestres vivos vistos na rodovia; a priorização dentre todos os *hotspots* identificados; e a descrição das medidas mitigadoras para cada *hotspot*.

As Unidades de Conservação (UCs) são extremamente importantes para a preservação das espécies e, por isso, são consideradas como locais de alta sensibilidade. A presença de rodovias que margeiam ou atravessam as UCs quebra a conectividade do meio, afetando a fauna silvestre da região. Por isso, essa seção do PMAF deve apresentar 4 tópicos: a caracterização das UCs; a identificação das zonas potenciais para travessias de fauna silvestre; a priorização e seleção dessas zonas potenciais para travessia; e as medidas para potencializar a travessia e conectividade de fauna nas UCs.

Independentemente da situação, todos os animais vistos nas rodovias (íntegros, feridos ou mortos) devem ser registrados e retirados da via. E, por isso, a seção de Destinação dos Animais Removidos da Rodovia também é importante para o PMAF, onde devem ser apresentados os procedimentos e os locais para a destinação adequada desses animais. “Ressalta-se que o manejo de animais silvestres mortos e vivos, íntegros ou feridos, deve seguir os critérios estabelecidos na ‘Autorização de Manejo In Situ’ emitida pelo órgão ambiental competente” (CETESB, 2023), sendo recomendado: o afugentamento nos casos dos animais em boas condições de saúde; o encaminhamento para centros veterinários autorizados nos casos dos animais feridos; e a destinação final adequada nos casos das carcaças encontradas. As opções fornecidas para a destinação final das carcaças envolvem órgãos de saúde e agricultura, instituições de pesquisa, aterros sanitários licenciados (ou semelhantes), locais para enterro próximos da ocorrência e outras práticas indicadas pelos gestores das UCs (quando houver ocorrências nos trechos que margeiam ou atravessam essas áreas).

Como citado anteriormente, os registros dos animais nas rodovias devem ser efetuados sempre que forem identificados, trazendo um monitoramento constante para a via. Assim, o PMAF sugere que a seção de Monitoramento apresente pelo menos os 4 tópicos seguintes: Sistema de Registro de Inspeção de Ocorrências de Fauna (sistema central onde é registrada toda ocorrência envolvendo a fauna na rodovia, como atropelamentos, afugentamentos, avistamentos e destinações finais); Avaliação do desempenho das medidas mitigadoras; Monitoramento e Manutenção das Medidas Estruturais; e Relatórios de Acompanhamento do Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna.

Boston (2016) também descreve meios de mitigação com o objetivo de fornecer um resumo dessas oportunidades para os administradores das rodovias. Com isso, os meios citados são: traçar alternativas locacionais para o empreendimento a fim de minimizar as interseções com as rotas de migração dos animais; reduzir a velocidade dos veículos em trechos mais sensíveis; criar restrições sazonais para limitar o tráfego em épocas vulneráveis (como de acasalamento e de migração); e controlar a vegetação lateral da pista, tornando-a menos atrativa para a fauna silvestre.

Em resposta a uma demanda do Ministério Público do Distrito Federal em 2012, o Brasília Ambiental (IBRAM - órgão ambiental do DF) apresentou algumas propostas de medidas mitigadoras para o atropelamento de fauna na BR-020. Essas medidas estão apresentadas na lista abaixo.

- Pontos para instalação de placas: por mais que seja importante para sinalização e comunicação, é uma medida que pouco influencia nos casos de atropelamentos;
- Pontos para instalação de redutores eletrônicos de velocidade: recomenda-se que esses pontos sejam baseados nos *hotspots* encontrados e sejam instalados em ambos os sentidos da via;
- Limites de velocidade: menores velocidades garantem um tempo maior de reação para tomar alguma medida drástica ao avistar algum animal na via (caso seja necessário). Além disso, regiões onde a sazonalidade é um fator presente devem reduzir ainda mais a velocidade limite em épocas de chuva. Sugere-se também instalar uma placa com a frase “Velocidade Controlada para Preservação da Fauna” com o intuito de comoção e educação ambiental;
- Pontos para construção de passagem de fauna: “É fundamental que em conjunto com as passagens sejam construídas cercas direcionadoras de malha fina, que obriguem os animais a passarem pelas passagens, evitando assim mais atropelamentos”. Junto com

as cercas, também é recomendado a instalação de armadilhas fotográficas a fim de garantir um monitoramento da fauna na região que utiliza a passagem em questão;

- Pontos para construção de lombadas: caso a redução do limite de velocidade da via não seja o suficiente, recomenda-se a instalação de lombadas para garantir maior segurança na travessia silvestre.
- Campanhas educativas: devem ocorrer com certa frequência e possuem como público-alvo os próprios motoristas.

No geral, existem dois tipos de medidas mitigadoras: as que têm como objetivo modificar os hábitos dos motoristas (placas, semáforos e redutores eletrônicos, por exemplo) e aquelas que têm como objetivo modificar os hábitos dos animais como, por exemplo, passagens de fauna (Romin e Bissonette, 1996; Forman et al., 2003 apud IBRAM, 2012). [...] No estudo de Veenbaas e Brandjes (1999 apud IBRAM, 2012⁵), foi observado que os mamíferos usaram 100% das passagens de fauna de grande diâmetro ou *underpasses* (“túneis”) existentes ao longo de cursos de água e 75% das passagens foram usadas por anfíbios. Uma das vantagens das passagens de grande tamanho é a possibilidade de se recriar aspectos naturais, tornando a passagem mais atraente para diversas espécies. A sua desvantagem é o gasto elevado para sua construção. As *overpasses* (“viadutos”) ou passagens por cima de estradas possuem mais vantagens para os animais por serem menos limitantes e manterem as condições ambientais, tais como pluviosidade, temperatura e luminosidade. Além disso, apresentam menos interferências dos ruídos veiculares (IBRAM, 2012).

Existem diferentes tipos de passagens de fauna. A melhor escolha depende do grupo de animais a serem beneficiados. Figueira (2020) levantou 6 tipos diferentes: passagens inferiores; passagens superiores; passagens aéreas para vertebrados arborícolas; pontes e pontilhões; bueiros modificados; e cercas ou alambrados de condução.

- Passagens Inferiores: são estruturas construídas abaixo da rodovia voltadas apenas para a travessia de animais silvestres, podendo ser galerias, caixas secas, passagens grandes ou túneis. As galerias são estruturas mistas, relativamente curtas, contendo uma travessia seca e outra úmida/alagada, voltando-se aos animais que acompanham cursos d’água. As caixas secas são relativamente pequenas e voltadas apenas para animais terrestres. Já as passagens grandes são voltadas para os animais de grande porte e os túneis são voltados para a herpetofauna (Figueira, 2020)
- Passagens Superiores: são grandes estruturas construídas acima da rodovia a fim de garantir a travessia de animais terrestres, principalmente de médio a grande porte. Essas

⁵ ROMIN, L.A., BISSONETTE, J.A. 1996. Deer-vehicle collisions: status of state monitoring activities and mitigation efforts. Wildlife Society Bulletin 24, 276–283.

FORMAN, R.T.T., et al. 2003. Road Ecology; Science and Solutions. Island Press, Washington DC.

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

estruturas podem ser ecodutos, viadutos vegetados ou passagens de multiuso. As passagens de multiuso são estruturas onde o centro é cimentado (voltando-se para as pessoas) e as laterais são vegetadas por plantas gramíneas, arbustivas e árvores de pequeno porte (voltando-se para os animais silvestres). Já os viadutos vegetados e os ecodutos são de uso exclusivo para a fauna silvestre, pois toda sua superfície é coberta por vegetação, sendo diferenciados apenas pelo tamanho (normalmente, ecodutos tem mais de 70 m de largura e mais de 100 m de extensão, enquanto os viadutos vegetados são menores com 40 a 70 m de largura) (Lauxen, 2012)

- Passagens Aéreas: são estruturas voltadas aos animais arborícolas, geralmente conectando árvores e dosséis em rodovias de pequena largura. Nos casos de rodovias mais largas, essas passagens devem ser conectadas a uma estrutura fixa para garantir maior segurança à fauna silvestre. A passagem dos animais ocorre por cima do tráfego de veículos.
- Pontes e Pontilhões: a estrutura não é utilizada pelos animais, mas sim o espaço abaixo dela. As pontes e pontilhões são utilizados por veículos principalmente para travessia de áreas úmidas e/ou alagadas, garantindo uma maior integridade para a fauna aquática e uma locomoção e travessia mais seguras para a fauna terrestre que esteja associada a drenagens ou mata ciliares (Lauxen, 2012)
- Bueiros Modificados: originalmente, eram destinados apenas à função de drenagem. Porém, por já serem presentes sob diversas rodovias construídas, é uma estrutura que pode ligar dois fragmentos vegetais e, com pequenas modificações (como plataformas secas e rampas de acesso), pode se tornar muito eficiente para a travessia de animais, incluindo espécies terrestres, aquáticas e semiaquáticas (Lauxen, 2012)
- Cercas ou Alambrados de Condução: não são estruturas para a travessia em si do animal, mas são essenciais para uma maior eficácia das medidas acima. As cercas (ou estruturas de mesmo uso) são importantes para barrar o animal de ir até a rodovia, além de também norteá-lo até a devida passagem. No entanto, é comum que alguns animais tentem atravessar as cercas e fiquem presos, seja na própria cerca em si ou dentro da área da rodovia. Assim, é necessário que tenha um monitoramento e manutenção constantes.

Além de haver diferentes tipos de passagens de animais, cada um também possui diferentes formas de serem construídos. Por exemplo, as passagens aéreas podem ser compostas por uma única corda, por um conjunto de cordas e madeiras, por uma rede, por uma estrutura de madeira, por uma estrutura de aço etc. A partir disso, Mitchell et al. (2022) conduzem um

experimento para avaliar a resposta de uma espécie com alto risco de extinção (o marsupial *Gymnobelideus leadbeateri*) em relação a dois diferentes tipos de passagens aéreas: uma ponte de uma única corda e uma ponte no estilo escada (com cordas e madeiras). Como resultado, descobriu-se que a espécie-foco utilizou ambos os meios, porém usou 13 vezes mais a ponte no estilo escada. Além dessa espécie, também foram registrados o uso de outras 5 espécies em ambas as pontes. Enquanto isso, não foram registradas nenhuma tentativa de travessia pela rodovia. Como conclusão, o experimento indicou que a existência da passagem de fauna foi crucial para evitar as travessias na rodovia. Porém, a escolha do formato da passagem de fauna pode influenciar nas suas taxas de uso, uma vez que, nesse estudo, “as pontes no estilo escada pareceram ser uma melhor opção para uma gama maior de marsupiais já que foram usadas com maior frequência, ofereceram melhor estabilidade e garantiram uma melhor forma de evitar predadores” (Mitchell et al., 2022, tradução própria).

Terner (2023) realizou um estudo sobre o uso de passagens inferiores por mamíferos na Costa Rica, sendo monitorados dois bueiros secos circulares e dois túneis (um circular e um quadrangular) entre 14 de novembro e 6 de dezembro de 2021. Como resultado, foram registradas 12 espécies de um total de 108 travessias, incluindo animais silvestres e domésticos. Entre os túneis, o circular foi utilizado com maior frequência por uma diversidade maior de espécies (67 vezes por 10 espécies), enquanto o quadrangular foi usado 24 vezes por 4 espécies. Já entre os bueiros, enquanto um foi utilizado com maior frequência (12 vezes por 2 espécies), o outro apresentou uma maior diversidade de espécies (sendo usado 5 vezes por 3 espécies). Mesmo com quatro opções de travessias, também foram constatadas pelo menos 10 espécies na área de estudo que não utilizaram nenhuma delas. Além disso, pode-se observar que as espécies silvestres utilizaram as passagens principalmente à noite, enquanto as domésticas utilizaram mais durante o dia. A partir desse estudo, pode-se concluir que uma maior diversidade de estruturas de passagens de fauna pode atrair uma maior diversidade de espécies, garantindo uma maior conectividade na paisagem.

4 METODOLOGIA

Para a elaboração desse documento, a estratégia se iniciou na busca pelos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs) que seriam os estudos de caso. A partir dos EIAs, foram levantados e identificados tanto os impactos ambientais quanto os meios de mitigação.

4.1 DESCRIÇÃO GERAL

Para escolher os estudos de caso, primeiro foi necessário levantar os Estudos de Impacto Ambiental (EIA) de rodovias federais e estaduais. Para isso, foram acessados o portal do IBAMA e os portais de cada órgão ambiental estadual, sendo selecionados os documentos aparentemente completos. Com isso, foram encontrados 60 casos, sendo 25 estaduais e 35 federais.

Para selecionar os estudos de caso, foram levantadas algumas informações básicas, sendo: Rodovia; Tipo (*Estadual* ou *Federal*); Ano do EIA; Unidades da Federação (UFs); Região; Extensão do Empreendimento; e Categoria (*Duplicação*, *Pavimentação* ou *Implantação*). O Apêndice I traz o quadro com os casos de EIAs de rodovias encontrados.

Tabela 3 - Quantidades de Casos de Rodovias por Categoria

Categoria	Rodovia Estadual	Rodovia Federal	Total
Duplicação	12	22	33
Pavimentação	2	11	13
Implantação	11	2	13

Fonte: Autoria Própria (2023)

A partir das informações descritas no Apêndice I, foram selecionados seis estudos de caso, utilizando quatro informações como critérios:

1. Tipo de Rodovia: Como são apenas dois tipos de rodovias (*Federais* ou *Estaduais*), optou-se por trabalhar apenas com rodovias federais;
2. Categoria: Como são três categorias (*Duplicação*, *Pavimentação* e *Implantação*), optou-se por escolher 2 casos de cada categoria;
3. Região: Como o Brasil possui 5 regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul), optou-se por escolher pelo menos 1 caso de cada região;
4. Extensão: Optou-se pelos casos dos empreendimentos com trechos mais longos.

Assim, foram selecionados os estudos de caso descritos na Tabela 4.

Tabela 4 - Estudos de Caso Selecionados

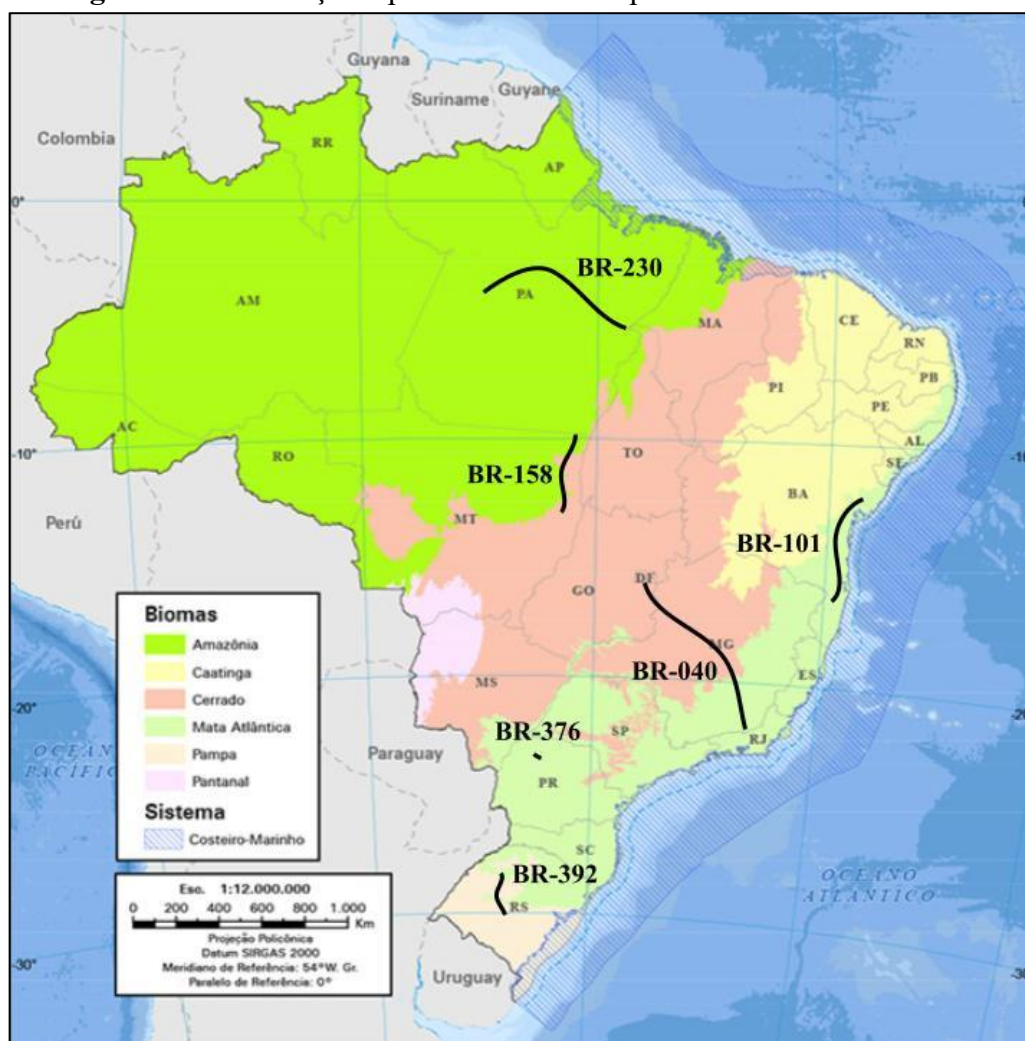
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6
Categoria	Duplicação	Duplicação	Pavimentação	Pavimentação	Implantação	Implantação
Rodovia	BR-040	BR-101	BR-158	BR-230	BR-376	BR-392
Ano	2014	2014	2007	2002	2013	2022
Região	SE, CO	NE	CO, N	N	S	S
UFs	MG, GO, DF	BA	MT, PA	PA	PR	RS
Extensão	941,2 km	551,6 km	514,8 km	984 km	32,5 km	223,55 km

Fonte: Autoria Própria

Como percebe-se pela tabela 4 e pelo Apêndice I, no entanto, não foi selecionado nenhum caso de rodovias BR-4XX. Entre os casos encontrados, haviam apenas 3 desse:

- Pavimentação da BR-422/PA: Esse caso não foi escolhido pela sua extensão de 63 km, pois preferiu-se pela pavimentação da BR-230/PA que possui 984 km de extensão, uma vez que ambas se apresentam no mesmo Estado (Pará) e mesmo bioma (Amazônia);
- Duplicação da BR-423/PE: Esse caso não foi escolhido pois não havia descrição de medidas mitigadoras para o impacto “Atropelamento de Animais Silvestres”;
- Duplicação da BR-476/PR: Esse caso não foi escolhido pois já haviam dois casos selecionados da região sul (na categoria Implantação de rodovia).

Figura 5 - Localização Aproximada dos Empreendimentos de cada EIA



Fonte: Baseado no IBGE (2023)

Para identificar os impactos causados pelas rodovias sobre a fauna silvestre, foram elaboradas duas redes de interações utilizando os EIAs selecionados como estudo-base. Para cada EIA, foram levantados todos os impactos sobre o meio biótico, os quais foram comparados e agrupados em temas, conforme o Apêndice II. A partir dessa lista de temas, foram identificados quais eram as causas dos impactos e quais eram os impactos em si e, assim, foram construídas as redes de interação, as quais possuem o objetivo de demonstrar e de entender a complexidade, a correlação e a reação em cadeia presentes nos impactos encontrados.

Com o intuito de exemplificar alguns casos a partir dessas redes, o item 6.3 traz três exemplos. Para cada um, foram destacadas as conexões presentes nas redes de interação, cujas conexões foram subdivididas em 4 categorias:

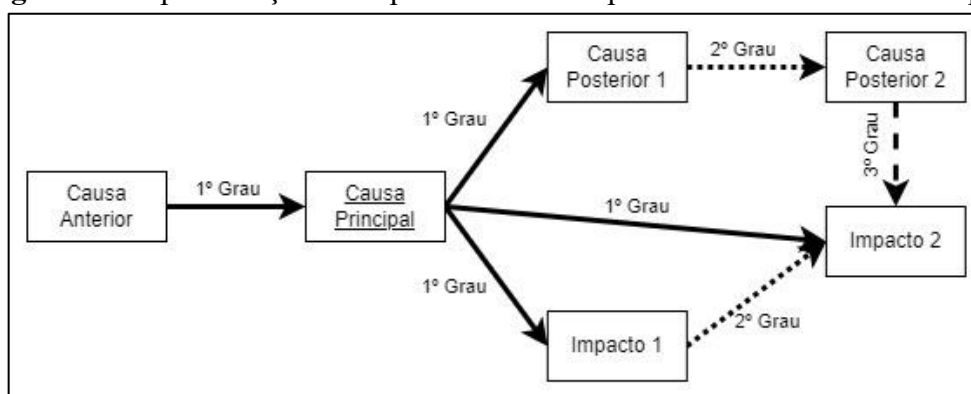
- Relação de 1º Grau - Corresponde às ligações diretas do assunto em questão, representando: conexões de outras causas gerando o assunto-chave, conexões do

assunto-chave gerando outras causas, conexões do assunto-chave gerando impactos e conexões dos primeiros impactos gerando impactos secundários;

- Relação de 2º Grau - Corresponde às ligações indiretas secundárias, originadas após as relações de 1º grau de forma consecutiva;
- Relação de 3º Grau - Corresponde às ligações indiretas terciárias, originadas após as relações de 2º grau de forma consecutiva;
- Relação de 4º Grau - Corresponde às ligações indiretas quaternárias ou mais, originadas após as relações de 3º grau de forma consecutiva.

A Figura 6 traz uma representação dessas categorias de conexões. Como a rede de causas e efeitos, para um exemplo, pode gerar tanto impactos diretos quanto indiretos, utilizou-se apenas os impactos diretos como ponto de partida para analisar a rede de impactos.

Figura 6 - Representação dos tipos de conexões presentes nas redes de exemplo



Fonte: Autoria Própria (2023)

Para identificar os meios de mitigação, utilizou-se como base os métodos sugeridos pelos EIAs. A partir deles, pode-se segregá-los em dois tipos: Programas de Mitigação; e Medidas Mitigadoras. Os Programas “são como projetos, com escopo bem definido, prazo e custo, além de metas, indicadores, responsáveis e cronogramas de execução” (Néto; 2019). Já as Medidas Mitigadoras se referem a atividades pontuais e/ou específicas, como a instalação de passagens de fauna ou de estruturas de trânsito para diminuir a velocidade dos veículos.

Como forma de complementar o conteúdo textual do documento, foram realizados levantamentos de artigos científicos pela plataforma da Scopus. Termos utilizados na pesquisa: *road ecology* (ecologia de estradas), *road effects* (efeitos das rodovias), *roadkill* (“atropelamento”), *Brazil* (Brasil).

4.2 DESAFIOS E DIFICULDADES

Desde a procura pelos EIAs de rodovias até a seleção dos casos, algumas dificuldades foram encontradas: a procura por documentos completos; a questão da história ambiental; e a procura por casos de implantação de rodovias.

Por mais que os EIAs/RIMAs sejam documentos importantes para o licenciamento ambiental, a busca por seus arquivos não é fácil. A simples busca nos sites de pesquisa como Google é ineficaz, pois seus resultados não trazem muitos casos de EIAs/RIMAs, mas sim outros trabalhos científicos e pesquisas que os utilizam como base teórica e referencial. Assim sendo, foi necessária a procura pelos portais governamentais que disponibilizariam esses estudos e relatórios. O primeiro portal a ser conferido foi o do IBAMA, porém muitos EIAs/RIMAs estavam incompletos, faltando capítulos e anexos ou possuindo apenas o RIMA e, por isso, esses casos não foram listados. Por mais que os estudos de caso sejam de rodovias federais, o portal do IBAMA também não disponibilizou todos os documentos desse tipo, sendo a pesquisa complementada pela procura também nos portais estaduais. Porém, ainda assim, foram pouquíssimos os casos encontrados, sendo 5 de rodovias estaduais (nos portais de Alagoas, Ceará, Espírito Santo, São Paulo e Paraná) e 4 de rodovias federais (nos portais de Paraíba, Pernambuco, Espírito Santo e Paraná). A seguir, há uma lista com o resultado qualitativo dessa pesquisa pelos portais dos órgãos ambientais estaduais.

1. **Acre:** Página do portal não encontrada;
2. **Alagoas:** Portal possui apenas RIMAs;
3. **Amapá:** Não foi encontrada a seção EIA/RIMA no portal;
4. **Amazonas:** Portal apenas com 1 RIMA de rodovia;
5. **Bahia:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas não havia casos de rodovias;
6. **Ceará:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas a página estava sem dados. Foi possível encontrar alguns EIAs e RIMAs entrando em outros links pelo site do portal;
7. **Distrito Federal:** Não foi encontrada a seção EIA/RIMA no portal;
8. **Espírito Santo:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência;
9. **Goiás:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência, mas a página estava sem dados;
10. **Maranhão:** Não foi encontrada a seção EIA/RIMA no portal;

- 11. Mato Grosso:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência, mas o único caso de rodovia (MT-251) estava incompleto;
- 12. Mato Grosso do Sul:** Portal possui apenas RIMAs, mas não havia casos de rodovias;
- 13. Minas Gerais:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência, mas o site não é intuitivo e os poucos documentos encontrados não eram acessíveis;
- 14. Pará:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência, mas não havia casos de rodovias;
- 15. Paraíba:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas havia apenas 1 caso de rodovia;
- 16. Paraná:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, havendo 3 casos de rodovias (1 estadual e 2 federais);
- 17. Pernambuco:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas muitos com apenas RIMA e só 1 caso de rodovia com EIA;
- 18. Piauí:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas não havia casos de rodovias;
- 19. Rio de Janeiro:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas não havia casos de rodovias;
- 20. Rio Grande do Norte:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas não havia casos de rodovias;
- 21. Rio Grande do Sul:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Biblioteca Digital, mas não havia casos de rodovias;
- 22. Roraima:** Não foi encontrada a seção EIA/RIMA no portal;
- 23. Rondônia:** Foi encontrada a seção de EIA/RIMA pelo portal de Transparência, mas não havia casos de rodovias;
- 24. São Paulo:** Fácil achar a seção EIA/RIMA, mas havia apenas casos de rodovias estaduais;
- 25. Santa Catarina:** Fácil achar a seção EIA/RIMA, mas havia poucos casos de vias locais;
- 26. Sergipe:** Fácil achar a seção EIA/RIMA, mas havia apenas 1 RIMA de rodovia estadual;
- 27. Tocantins:** Fácil achar a seção EIA/RIMA no portal, mas não havia casos de rodovias.

Além dessas dificuldades envolvendo os órgãos ambientais, há também a questão da história ambiental. O EIA/RIMA passou a ser exigido a partir da Constituição de 1988, quando a grande maioria das rodovias brasileiras já existiam. Ademais, as obras de rodovias que ocorreram entre 1988 e início dos anos 2000, mesmo que possuam EIA/RIMA, possuem seus documentos datilografados e/ou impressos, estando disponíveis em bibliotecas e secretarias públicas. Assim, todos os casos levantados foram exclusivamente pela internet.

Outro desafio encontrado foi a procura por casos de implantação de rodovias, principalmente por dois motivos. O primeiro é pela existência de rodovias em todos os estados, interligando pontos mais remotos no interior do país, tendo como consequência uma busca por melhorias das rodovias já existentes em vez de implantação de novas estradas. Já o outro motivo é a falta de um acordo ou uma melhor definição técnica para a diferença entre os termos “Pavimentação” e “Implantação”. Embora haja uma diferença conceitual, muitos trabalhos tratam esses termos como semelhantes ou sinônimos, como se Pavimentação fosse uma implantação de pavimento ou implantação de novas faixas (nos casos de Duplicação).

Por mais que os impactos estejam bem identificados nos EIAs, as explicações e o detalhamento desses impactos não são muito bem desenvolvidos, principalmente nos EIAs da BR-230/PA e da BR-376/PR, onde são citados poucos impactos (7 e 5, respectivamente) contendo explicações genéricas. Tal fato corrobora com Freitas et al. (2017), o qual evidencia a baixa qualidade dos EIAs sobre os impactos ambientais esperados, também citando o EIA da BR-040/DF/GO/MG. Mesmo que os impactos possuam uma análise qualitativa de alguns aspectos relacionados (como probabilidade, duração, reversibilidade, abrangência etc.), a falta de explicação dificulta para compreender a linha de raciocínio que levou a tal análise, dificultando também para entender a dimensão e a importância do problema causado tanto para o meio ambiente quanto para o empreendimento.

Além disso, os EIAs também acabaram gerando algumas desinformações ao não separarem causas e efeitos na apresentação dos impactos, o que também é evidenciado pelo mesmo artigo ao citar sobre a ocorrência dos mesmos erros entre diferentes EIAs conforme o passar do tempo. O principal exemplo é o Atropelamento de Animais, sendo apresentado como um dos impactos ambientais na maioria dos EIAs. Porém, o atropelamento é a causa do efeito, ou seja, o processo de atropelamento (colisão entre veículo e animal) gera algum tipo de transtorno ao animal (impacto), podendo ser algum dano a órgãos internos, amputamento de membros ou até mesmo a morte do animal. Por consequência, uma dificuldade encontrada foi identificar e separar causas de efeitos, principalmente nos casos de reação em cadeia.

Um terceiro fator de dificuldade sobre a análise dos impactos levantados é a falta de coerência que os documentos apresentaram, principalmente em relação aos dados quantitativos. Um exemplo é o caso do diagnóstico ambiental da avifauna para a duplicação da BR-040/DF/GO/MG. Nessa seção, entre as páginas 6.2.3-103 e 6.2.3-107, há a identificação das espécies de aves endêmicas da região, sendo citado que “foram registradas nas áreas de estudo, 97 espécies de aves com algum grau de endemismo [...]. Das espécies endêmicas, 42 foram registradas em campo”. Porém, logo em seguida na Tabela 23 do EIA, onde são apresentadas

todas as espécies endêmicas que foram identificadas, há 44 espécies registradas em campo de um total de 96 espécies com endemismo. Por mais que a diferença entre os números seja pequena, a falta de precisão do diagnóstico ambiental pode gerar grandes impactos. Caso alguma espécie deixe de ser identificada (principalmente se for uma ameaçada de extinção, rara, endêmica ou sensível às rodovias), há o aumento de chance de suas populações diminuírem, podendo levar à extinção daquela espécie.

estende até Juiz de Fora/MG no km 771,1, totalizando uma extensão de 941,2 km, sendo 8,4 km no Distrito Federal, 157,3 km em Goiás e 771,1 km em Minas Gerais.

O empreendimento insere-se no contexto do Programa de Investimentos em Logística - Rodovias e Ferrovias do Governo Federal. Este Plano amplia a escala dos investimentos públicos e privados na infraestrutura rodoviária e ferroviária e oferece à iniciativa privada a concessão de 7,5 mil quilômetros de rodovias, cujos eixos principais tem prioridade em obras de regularização e duplicação.

Outro motivo para o empreendimento é a ligação socioeconômica entre municípios mineiros, goianos e do Distrito Federal. A duplicação da via auxiliar na “minimização dos conflitos existentes entre a operação e a dinâmica atual dos municípios” (EIA BR-040, 2014), uma vez que a rodovia atende a uma população de cerca de 30 milhões de habitantes, sendo mais de 5 milhões afetadas diretamente pelo trecho da obra. Além desse tráfego intenso, a rodovia passou por transformações regionais recentes, como o adensamento populacional desordenado de áreas urbanas (como as regiões do Distrito Federal e de Belo Horizonte), a implantação de modernos complexos agro-industriais e a implantação de novas áreas de exploração mineral.

Figura 8 - Localização do empreendimento da BR-040



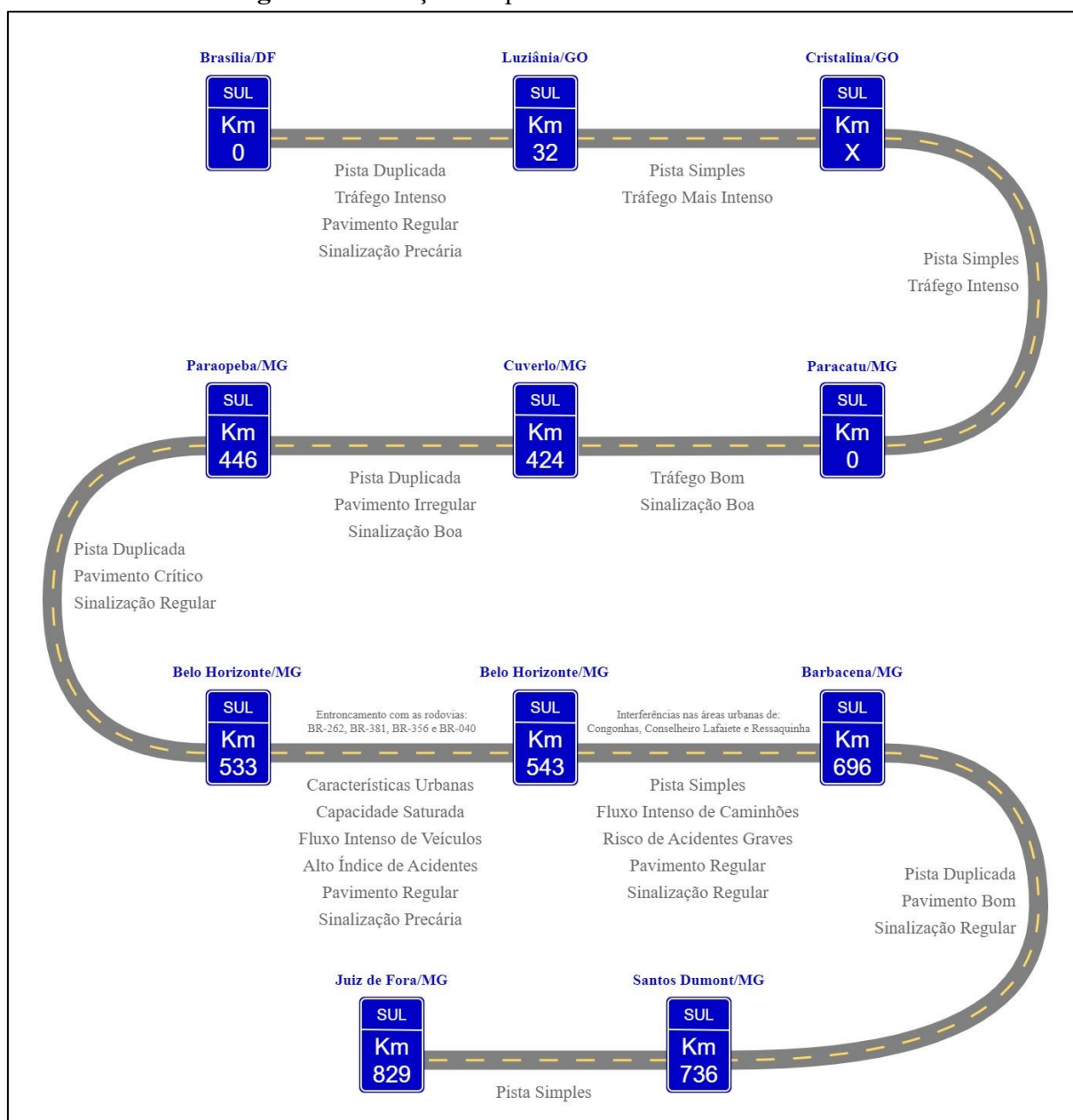
Fonte: EIA BR-040 (2014)

O trecho do empreendimento passa por Brasília/DF, por 3 municípios em Goiás (Valparaíso de Goiás, Luziânia e Cristalina) e por 30 municípios em Minas Gerais, sendo: Paracatu, Lagoa Grande, João Pinheiro, São Gonçalo do Abaeté, Três Marias, Felixlândia, Curvelo, Paraopeba, Caetanópolis, Sete Lagoas, Matozinhos, Capim, Pedro Leopoldo, Ribeirão das Neves, Contagem, Belo Horizonte, Nova Lima, Itabirito, Ouro Preto, Congonhas,

Conselheiro Lafaiete, Cristiano Otoni, Carandaí, Ressaquinha, Alfredo Vasconcelos, Barbacena, Oliveira Fortes, Santos Dumont, Ewbank da Câmara e Juiz de Fora.

Por apresentar um tráfego intenso devido ao atendimento populacional e econômico à região, a BR-040 está mais propensa tanto a longos congestionamentos quanto a graves acidentes rodoviários, principalmente em áreas próximas às manchas urbanas, além de apresentar uma “obsolescência das condições estruturais/funcionais de pavimento, dos dispositivos de sinalização e das projeções geométricas que carecem de adequações e reformulações mais atuais, por se mostrarem incompatíveis com o porte atual do tráfego e do potencial econômico” (EIA BR-040, 2014), trazendo assim maiores riscos tanto à segurança pública quanto à segurança individual. A Figura 9 traz as características físicas e operacionais dos subtrechos do empreendimento.

Figura 9 - Situação da qualidade do trecho da BR-040



Fonte: Autoria Própria (2023)

Por concessão do Governo Federal, o empreendimento possui um prazo de 30 anos para ser finalizado, tendo sua fase inicial em dezembro de 2013. “O plano de investimento inclui a recuperação (passivos ambientais, inclusive), manutenção e conservação da via. Também compreende a implantação de interseções, passarelas e vias marginais em travessias urbanas”.

O projeto de engenharia da obra possui 12 correções de traçado (em locais onde as curvas possuem raios mais reduzidos), implantação de vias marginais, viadutos, passagens inferiores, interconexões, retornos em desnível, passarelas, melhorias de acessos, pedágios e contornos às áreas urbanas de Conselheiro Lafaiete e de Santos Dumont. Além disso, serão

implantadas faixas adicionais em cada sentido da via no Distrito Federal e em Goiás, uma vez que a rodovia já está duplicada nessa região.

A duplicação será realizada em toda a extensão dos subtrechos em pista simples da rodovia, o que soma a extensão total de 557,2 km. Os trechos em multifaixa com extensão de 144,8 km serão convertidos também em pista dupla. Deverá ser feita a implantação de uma faixa adicional em cada sentido no subtrecho da rodovia em Santa Maria/GO, Valparaíso/GO e Luziânia/GO, com extensão total de 32,5 km.

Para evitar um maior impacto ambiental, os limitantes à duplicação da rodovia são os fragmentos remanescentes de vegetação nativa, as áreas hidrologicamente sensíveis, as edificações/construções, as Áreas de Preservação Permanente e os rios. Com isso, como estratégia, “as obras serão, sempre que possível, do lado que causar o menor impacto ambiental e não exceder o limite da faixa de domínio”.

Sobre o Diagnóstico Ambiental, a rodovia transpassa os biomas Mata Atlântica e Cerrado, apresentando diferentes tipos de vegetação durante seu percurso, sendo: Floresta Estacional Semidecidual, Cerradão (Savana Florestada), Cerrado Sentido Restrito (Savanas Arborizadas), Mata de Galeria e Mata Ciliar e Vereda (Savana Gramíneo-Lenhosa).

Sobre a avifauna (aves), estudos regionais e bancos de dados disponíveis indicaram uma riqueza de 512 espécies, mas foram registradas apenas 270 espécies por diferentes métodos (como pontos de escuta, redes de captura, vocalização ou observação direta). Na região de estudo, foram registradas 97 espécies endêmicas (18 do Cerrado e 79 da Mata Atlântica), 49 espécies ameaçadas de extinção, 80 espécies cinegéticas (alvos de caça, domesticação e tráfico) e 11 espécies com práticas migratórias.

Sobre a Herpetofauna (répteis e anfíbios), levantamentos bibliográficos indicaram uma riqueza de 206 espécies, sendo 96 de anfíbios (94 anuros e 02 cecílias) e 110 de répteis (60 serpentes, 38 lagartos, 05 anfisbenas, 04 quelônios e 03 crocodilianos). Porém, por métodos mais diretos (como busca auditiva, busca visual e armadilhas de queda), foram registradas 58 espécies, sendo 33 anuros, 12 serpentes, 10 lagartos, 02 anfisbenas (cobra-de-duas-cabeças) e um crocodiliano. Na região de estudo, foram registradas 26 espécies endêmicas, 26 espécies ameaçadas de extinção, 07 espécies cinegéticas (alvos de caça, domesticação e tráfico) e 06 espécies com importância médico-sanitária.

Sobre a Mastofauna (mamíferos), levantamentos bibliográficos indicaram uma riqueza de 120 espécies, mas, por métodos mais diretos (como armadilhas, fotografias e capturas), foram registradas 55 espécies não voadoras (27 de pequeno porte, como roedores e marsupiais, e 28 de médio e grande portes). Na região de estudo, foram registradas 03 espécies endêmicas

(02 do Cerrado e 01 da Mata Atlântica), 09 espécies ameaçadas de extinção, 10 espécies cinegéticas (alvos de caça, domesticação e tráfico) e 01 espécie exótica.

Sobre a Ictiofauna (peixes), levantamentos bibliográficos indicaram uma riqueza de 345 espécies, mas, por métodos mais diretos (como peneiras e redes), foram registradas 39 espécies, sendo 01 espécie exótica. Não foi registrada nenhuma espécie endêmica, rara ou em risco de extinção, mas, por meio de levantamentos bibliográficos, espera-se a ocorrência de 15 espécies endêmicas ou raras e 33 espécies ameaçadas de extinção.

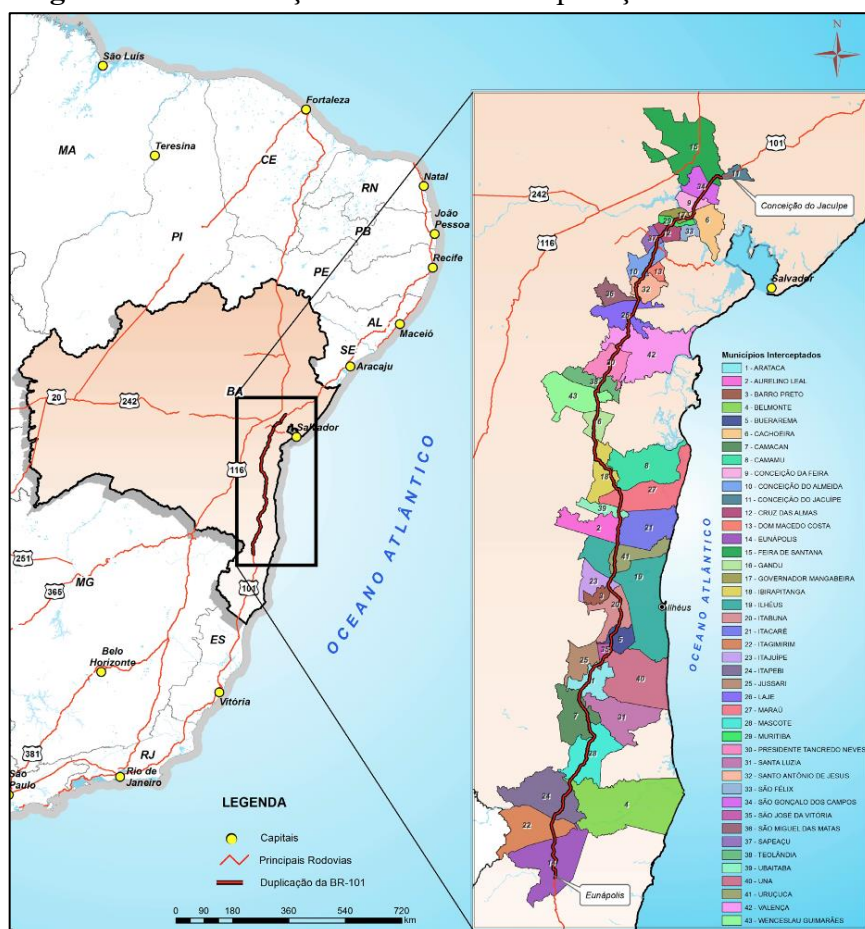
Para monitorar o atropelamento de animais silvestres, foram realizadas seis campanhas, totalizando uma amostragem de 11.232 km. Com isso, foram registrados 118 atropelamentos, sendo 31 mamíferos, 13 aves e 08 répteis. Não houveram casos de anfíbios, pois apenas a 1ª campanha foi realizada em estação chuvosa.

5.1.2 Caso 2: Duplicação da BR-101/BA

O empreendimento é sobre as obras de duplicação de um trecho da BR-101, cuja extensão é de 551,3 km, estando entre o km 166,5 (entroncamento com a BR-324) e o km 717,8 (entroncamento com a BR-367), respectivamente os municípios de Feira de Santana e de Eunápolis.

A BR-101 é uma rodovia federal e translitorânea que atravessa, no sentido norte-sul, praticamente todo o litoral leste brasileiro. Seu ponto inicial está localizado na cidade de Touros (Rio Grande do Norte) e o final na cidade de São José do Norte (Rio Grande do Sul), [...] atravessando doze estados brasileiros: Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. [...] No Nordeste, constitui-se na principal ligação entre as capitais litorâneas do Nordeste e do Centro-sul, sendo, portanto, de importância estratégica central para a Região em termos de circulação de produtos e pessoas [...], englobando a agroindústria canavieira, indústrias e serviços.

Figura 10 - Localização do Trecho de Duplicação da BR-101/BA



Fonte: RIMA BR-101 (2014)

O trecho em questão transpassa por uma região importante da produção agroindustrial da Bahia, contemplada “pelo cultivo e industrialização da cana açúcar, fruticultura (com a produção de sucos), bem como por outras indústrias e serviços, em especial o turismo” (EIA BR-101, 2014). Com o tempo, as condições da via pioraram, prejudicando, além da agroindústria, a população de seu entorno, principalmente em relação tanto ao alto tráfego de veículos quanto ao aumento da ocorrência de acidentes. “As pessoas precisam atravessar a rodovia para acessar os recursos sociais como hospitais e escolas, arriscando suas vidas diariamente” (EIA BR-101, 2014). Devido a esse quadro, a justificativa das obras é a busca pela “ampliação da capacidade e modernização de todo o trecho, resultando no atendimento das demandas de tráfego atuais e futuras, na redução de acidentes, na redução de custos e de tempo de viagem, dentre outros ganhos” (EIA BR-101, 2014).

O empreendimento intercepta 43 municípios da Bahia: Arataca, Aurelino Leal, Barro Preto, Belmonte, Buerarema, Cachoeira, Camacan, Camamu, Conceição da Feira, Conceição do Almeida, Conceição do Jacuípe, Cruz das Almas, Eunápolis, Feira de Santana, Gandu,

Governador Mangabeira, Ibirapitanga, Ilhéus, Itabuna, Itacaré, Itagimirim, Itajuípe, Itapebi, Jaguaripe, Jussari, Laje, Maraú, Mascote, Muritiba, Nova Ibiá, Presidente Tancredo Neves, Santo Antônio de Jesus, São Gonçalo dos Campos, São José da Vitória, São Miguel das Matas, Sapeaçu, Teolândia, Ubaitaba, Ubatã, Una, Uruçuca, Valença, Wenceslau Guimarães.

Sobre o diagnóstico ambiental, o empreendimento está presente majoritariamente no bioma Mata Atlântica, contemplando uma pequena parcela ao norte do bioma Caatinga. Porém, não foram identificadas espécies de fauna endêmicas da Caatinga.

Sobre a herpetofauna, por dados secundários, foram identificadas 115 espécies de anfíbios e 121 de répteis. Dentre os 115 anfíbios, são 3 ameaçados de extinção, 4 raros, 85 endêmicos do bioma, 15 endêmicos da Bahia, 2 cinegéticos (devido ao consumo de carne da *Leptodactylus latrans* e da *L. macrosternum*) e 20 com algum interesse médico devido a venenos em suas glândulas e/ou pele. Já dentre os 121 répteis, são 4 ameaçados de extinção, 39 endêmicos do bioma, 8 endêmicos da Bahia, 6 cinegéticos (devido ao consumo de carne, ao consumo de ovos ou à domesticação) e 20 com algum interesse médico (principalmente pelas serpentes peçonhentas). Por dados primários, foram registrados 68 anfíbios (dos quais são 49 endêmicos, 1 ameaçado de extinção, 2 raros, 2 cinegéticos e 4 com interesse médico) e 41 répteis (dos quais são 13 endêmicos, 1 ameaçado de extinção e 2 com interesse médico).

Sobre a avifauna, por dados secundários, foram identificadas 415 espécies com possível ocorrência, sendo 30 ameaçadas de extinção e 95 endêmicas da Mata Atlântica. “Silveira et al. (2005) chamam a atenção para a existência de duas espécies novas para a ciência, ainda não descritas, que são restritas para esta região da Bahia, um trepadorzinho do gênero *Heliobletus* (Furanariidae) e um tapaculo do gênero *Scytalopus* (Rhinocryptidae)” (EIA BR-101, 2014). Por dados primários, foram registrados 233 espécies de aves, das quais são 13 ameaçadas de extinção, 37 endêmicas e 10 cinegéticas.

Sobre a mastofauna, por dados secundários, foram citadas 51 espécies de mamíferos de médio e grande porte e 43 pequenos mamíferos não voadores. Dos 51 de médio a grande porte, são 17 ameaçadas de extinção, 15 endêmicas do bioma, 2 endêmicas da Bahia, 13 raros e 16 com algum interesse médico (devido a hábitos sinantrópicos ou a indivíduos criados em cativeiro), além de que todas as 51 foram consideradas cinegéticas “pela caça de subsistência, esporte, comércio de pele e/ou uso como animais de estimação” (EIA BR-101, 2014). Dos 43 pequenos mamíferos não voadores, são 3 ameaçados de extinção, 11 endêmicos do bioma, 6 raros e endêmicos da Bahia e 4 sem dados suficientes (ou seja, sem dados sobre seu status de conservação e requerimentos ecológicos). “Todas as espécies de pequenos mamíferos foram apontadas como de interesse médico/sanitário por serem reservatórios e transmissores de

zoonoses relevantes a saúde pública” (EIA BR-101, 2014). Não foram coletados dados secundários sobre mamíferos voadores. Já por dados primários, foram registradas 21 espécies de médio a grande porte (das quais são 5 endêmicas, 6 ameaçadas de extinção e 5 raras) e 19 espécies de pequeno porte não voador (das quais são 4 endêmicas e 1 ameaçada de extinção).

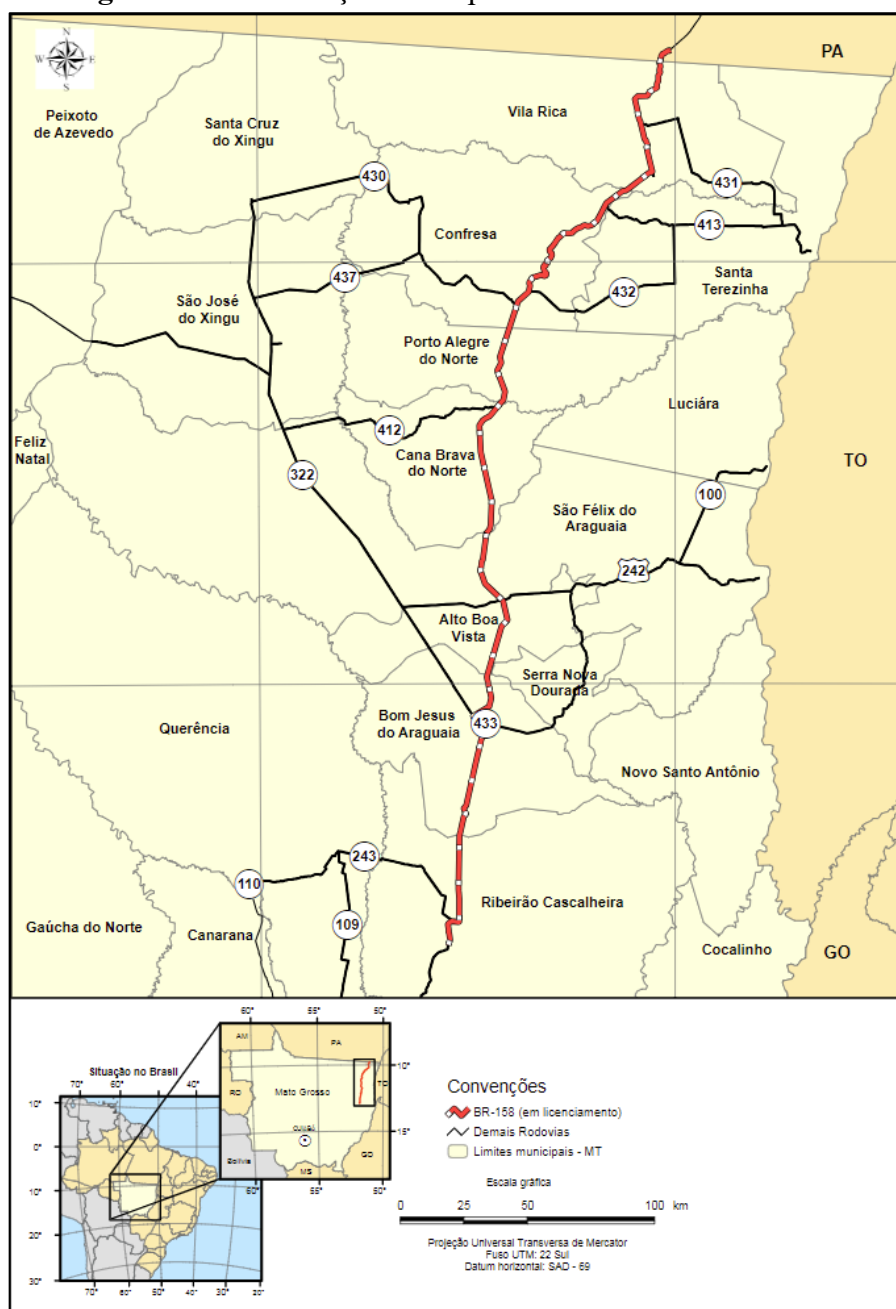
Sobre a ictiofauna, não foram coletados dados primários pois não foi aprovada a autorização de amostragem para esse grupo. Assim sendo, as espécies foram identificadas apenas via dados secundários. Como resultado, foram registradas 345 espécies, das quais são 101 ameaçadas de extinção, 47 endêmicas ou raras, 92 cinegéticas e 98 com alguma prática migratória (seja entre pontos de água doce, entre pontos do oceano ou entre água doce e oceano)

5.1.3 Caso 3: Pavimentação da BR-158/MT

O empreendimento é sobre a pavimentação de um trecho da BR-158. Esse trecho se inicia na divisa com o Pará e transpassa, de norte a sul, os municípios de Vila Rica, Confresa, Porto Alegre do Norte, Cana Brava do Norte, São Félix do Araguaia, Alto Boa Vista, Bom Jesus do Araguaia e Ribeirão Cascalheira, totalizando 514,8 km de extensão. “O trecho em licenciamento, na região Centro-Oeste do Brasil, encontra-se totalmente compreendido dentro da Amazônia Legal, mais particularmente na fímbria sul-sudoeste da Floresta Equatorial Amazônica, na transição com o bioma do Cerrado” (EIA BR-158, 2007).

Por se localizar no interior do país, uma região pouco ocupada, esse empreendimento possuiu cinco objetivos principais: “Contribuir para o aumento da competitividade da economia local; Melhorar a acessibilidade e mobilidade das pessoas; Oportunizar a criação de empregos e o aumento da renda regional; Melhorar o acesso dos mais pobres às oportunidades e aos serviços sociais; e Reduzir a pobreza e promoção da inclusão social e desenvolvimento regional” (EIA BR-158, 2007).

Figura 11 - Localização do empreendimento da BR-158/MT



Fonte: EIA BR-158 (2007)

Sobre o diagnóstico ambiental, como citado anteriormente, o empreendimento está sob uma zona de transição entre Cerrado e Amazônia. Por envolver esses dois grandes biomas, a rodovia acaba impactando grandes quantidades de animais e, para um melhor diagnóstico, há a necessidade de dados primários e secundários. Porém, no documento do EIA, os dados secundários apresentaram dois problemas: são apresentados focando na análise qualitativa (não havendo uma estimativa final da quantidade de espécies que serão impactadas); e os dados são referentes ao(s) bioma(s) como um todo, não sendo voltados à região do empreendimento. Por exemplo, em relação aos anfíbios, é apresentado que de cinco mil espécies reconhecidas

mundialmente, 163 estão abrigadas na Amazônia brasileira (de 335 disponíveis na Floresta Amazônica) e 113 estão abrigadas no Cerrado. Mas não há uma relação entre os dados, se há espécies em comum entre eles ou se realmente todas essas espécies podem ocorrer na região do empreendimento. Consequentemente, os dados quantitativos sobre as classes animais são referentes principalmente aos dados primários.

Sobre a ictiofauna, foram identificadas 115 espécies por dados primários. Dessas, 10 possuem algum interesse medicinal ou econômico, sendo que 8 possuem valor comercial devido à pesca de subsistência e 2 possuem valor medicinal por serem espécies perigosas ao ser humano (como a arraia *Potamotrygon motoro* e o peixe-elétrico poraquê *Electrophorus electricus*). Não foram identificadas espécies com risco de extinção, mas foram capturadas 2 espécies raras: *Scoloplax distolothrix* e *Spintherobolus* sp.

Sobre a herpetofauna, foram registradas 32 espécies de anfíbios e 33 espécies de répteis (sendo 16 de lagartos, 14 de serpentes, 1 de jacaré e 2 de tartarugas), não tendo sido encontradas espécies com algum risco de extinção. Dos anfíbios, 5 espécies eram endêmicas. Dos répteis, 6 espécies eram endêmicas e 5 possuíam interesse medicinal por serem peçonhentas (coral-verdadeira *Micrurus lemniscatus*, coral-verdadeira *Micrurus spixi*, jararaca *Bothrops moojeni*, cascavel *Crotalus durissus* e surucucu *Lachesis muta muta*).

Sobre a avifauna, esperam-se cerca de 440 espécies na região do empreendimento, das quais 371 foram identificadas em campo (dados primários). No entanto, não há dados quantitativos explícitos sobre as espécies endêmicas, migratórias, cinegéticas, raras ou com algum grau de ameaça à extinção. O EIA cita diferentes autores e exemplos envolvidos para cada caso, além de se aprofundar em algumas poucas espécies, mas não indica uma quantidade estimada para eles.

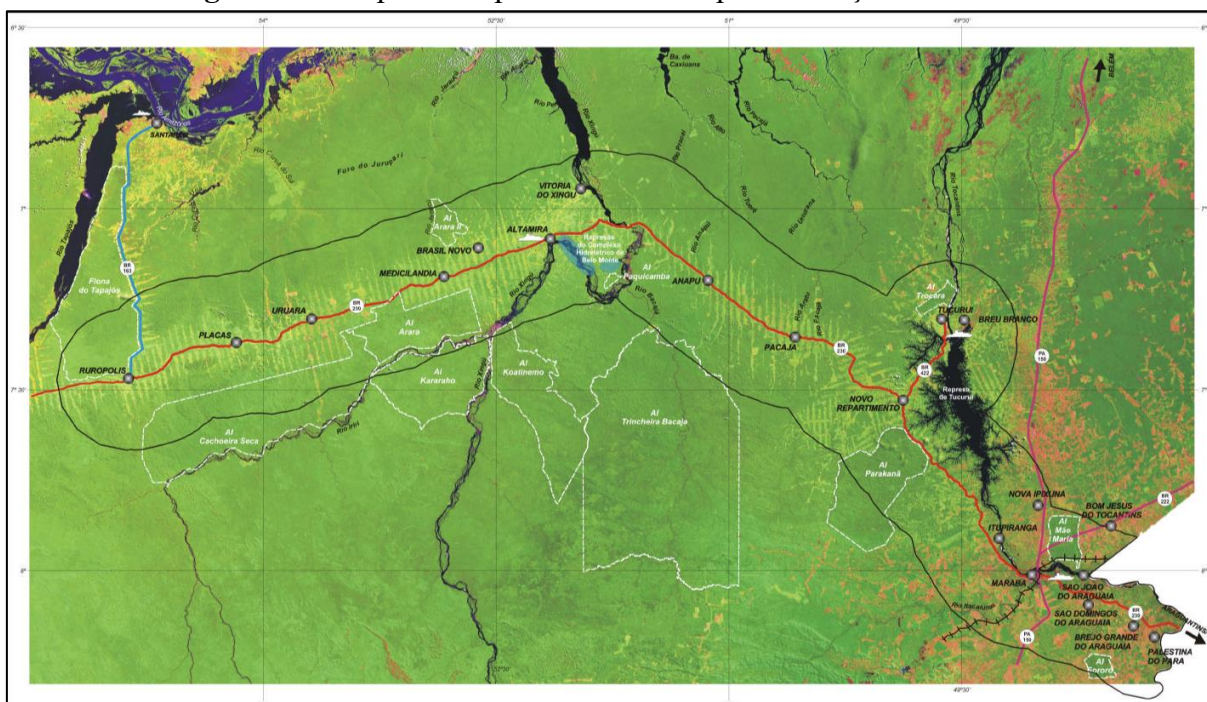
Sobre a mastofauna, foram registradas 47 espécies por dados primários, mas, por meio de entrevistas realizadas com moradores, descobriu-se mais 12 espécies que também frequentavam a região, totalizando assim 59 espécies com incidência mais direta sobre o empreendimento. Em regiões mais afastadas da rodovia, outras áreas podem sofrer com impactos indiretos vindos da pista e, se assim ocorrer, o número de mamíferos impactados aumenta para 181 espécies, das quais 15 são ameaçadas e 60 são de outro interesse (raras, incomuns ou endêmicas).

5.1.4 Caso 4: Pavimentação da BR-230/PA

O empreendimento é sobre a pavimentação de um trecho da Transamazônica situada no Pará. Esse trecho é na BR-230, inicia-se em Palestina do Pará e termina em Rurópolis, contemplando 955,55 km de extensão. Para complementar, o EIA também aborda um pequeno trecho da BR-422 de 61,3 km de extensão, o qual se inicia em Novo Repartimento (entroncamento com a BR-230) e termina em Tucuruí. Assim, a extensão total do empreendimento é de 1.016,85 km. Mas, como o trecho da BR-422 representa apenas 6% desse total, as análises foram feitas se baseando no trecho da BR-230, uma vez que as características físico-químicas e bióticas são semelhantes.

O principal motivo da pavimentação é melhorar a qualidade de vida das populações ao redor da rodovia, uma vez que ela é a “única via de comercialização para a maioria das propriedades rurais” (EIA BR-230, 2002). No entanto, essa mesma via pode atrair novos grupos para a região, agravando o risco da continuidade ou do aumento da degradação ambiental na Amazônia.

Figura 12 - Mapa do empreendimento de pavimentação da BR-230



Fonte: EIA BR-230 (2002)

Sobre o diagnóstico ambiental, o empreendimento se apresenta no bioma Amazônia, sendo constituído pelas seguintes vegetações: Florestas Ombrófilas (Úmidas), Florestas Secundárias (Capoeiras), Florestas Periodicamente Inundáveis e Áreas de Transição Fitoecológica. A diversidade florística apresentou 116 espécies (dentre 93 gêneros e 32

famílias), além de 6 espécies e 2 famílias não identificadas. Dessas 116, 13 são espécies madeiráveis, 10 são de interesse medicinal, 20 são frutíferas e 7 são espécies de interesse para conservação (por serem vulneráveis ou em perigo).

O levantamento faunístico realizado possui dados primários e secundários e apresentou tanto a quantidade de indivíduos coletados/estudados quanto a quantidade de espécies. Em relação à herpetofauna, de 101 exemplares coletados, foram identificados 20 anfíbios e 44 répteis. Dos anfíbios, 6 possuem algum tipo de ameaça de extinção, 3 são endêmicos e 3 são cinegéticos. Dos répteis, 13 possuem algum tipo de ameaça de extinção, 11 são endêmicos e 15 são cinegéticos.

Sobre a avifauna, foram levantados em campo 210 espécies, mas ao comparar esses resultados com as espécies encontradas por dados secundários, teve-se um total de 415 espécies possíveis de aves para a região do empreendimento. Dentre essas, 14 são espécies ameaçadas de extinção, 16 são endêmicas, 30 são cinegéticas, 28 são migratórias e 39 possuem algum interesse comercial.

Assim como o jacu *Penelope pileata* e o mutum *Mitu tuberosa*, em especial, várias espécies são consideradas cinegéticas, visto a elevada utilização regional como item alimentar: várias espécies de inhambús *Crypturellus spp*, marreca *Amazonetta brasiliensis*, demais galináceos aracuã *Ortalis ruficeps* e jacutinga *Pipile pipile*, jacamim *Psophia viridis* e, ainda, quase todas as pombas e rolinhas. Várias espécies são alvos de criação em cativeiro, tendo a reprodução comprometida pela retirada de ovos e filhotes dos ninhos. Entre elas estão araras *Ara spp*, periquitos *Aratinga leucophthalmus*, *Brotogeris chrysopterus*, papagaios *Amazona spp*, tucanos *Ramphastos spp*, *Pteroglossus spp*, sabiás *Turdus spp*, sanhaço *Thraupis episcopus*, curió *Oryzoborus angolensis*, coleiros *Sporophila spp*, cardeal *Paroaria gularis* e icteríneos bico-de-osso *Cacicus solitarius*, japim *C. cela* e encontro *I. cayanensi*.

Sobre a mastofauna, foram registradas 37 espécies. As 9 espécies com risco em extinção são: tatu-canastra (*Priodontes maximus*), tamanduá-bandeira (*Mymecophaga tridactyla*), Cachorro-do-mato-de-orelha-curta (*Atelocynus microtis*), Cachorro-do-mato-vinagre (*Speothos venaticus*), Jaguaririca (*Leopardus pardalis*), Gato-maracajá (*Leopardus wedii*), Onça-vermelha (*Puma concolor*), Onça-pintada (*Panthera onca*), Ariranha (*Pteronura brasiliensis*), Peixe-boi (*Trichechus inunguis*), Veado-mateiro (*Mazama americana*),

5.1.5 Caso 5: Implantação da BR-376/PR

O empreendimento em questão é a implantação do Contorno Sul Metropolitano de Maringá (CSMM), cujo trecho é entre os quilômetros 165,0 e 189,3 da atual BR-376, totalizando uma extensão de 32,5 km. “O traçado do novo CSMM se desenvolve nos municípios

de Maringá, Paicandu, Sarandi e Marialva” (EIA BR-376, 2013), mas também influenciando diretamente o município Mandaguari.

Com volume diário elevado, carregado ainda mais em períodos de safra, a BR-376 na região metropolitana de Maringá não oferece condições de fluidez ao tráfego, congestionada e com tempos de percurso nos horários de pico estendidos, contribuindo para aumento dos custos operacionais dos veículos e tornando a via recordista de acidentes da cidade e de sua região metropolitana.

Figura 13 - Traçado Planejado para a Implantação da BR-376



Fonte: EIA BR-376 (2013)

Isso se deve ao fato de que, além de atender às demandas tanto da população residente da região quanto do cultivo de produtos para exportação, Maringá recebe 3 importantes rodovias: BR-376 (conectando-se a Paranavaí, Londrina, Curitiba, Paranaguá e São Paulo), PR-323 (conectando-se a Cianorte, Umuarama, Guaíra, Mato Grosso do Sul e Paraguai) e PR-317 (conectando-se a Campo Mourão, Cascavel, Foz do Iguaçu, Paraguai e São Paulo). O encontro dessas rodovias cria uma rota extremamente importante entre Paraguai, Paraná e São Paulo. Assim, há uma concentração no fluxo de veículos, de produtos e de pessoas na região, tornando-se um local atrativo para o desenvolvimento de indústrias e empresas prestadoras de serviços.

Sobre o Diagnóstico Ambiental, a rodovia passa pelo bioma Mata Atlântica, apresentando como principal tipo de vegetação a Floresta Estacional Semidecidual, mas contendo também algumas Formações Pioneiras com Influência Fluvial (Várzeas Aluviais). Em relação à paisagem, foram mapeadas 11 Unidades de Conservação, 4 Áreas de Preservação Permanente e outras 4 áreas vegetais não-categorizadas.

Na área de faixa de domínio do CSMM há poucos remanescentes florestais e quando constatados, estão em área de Preservação Permanente (APP) nas florestas ciliares. Essas florestas ciliares estão totalmente descaracterizadas da sua vegetação original, uma vez que já sofreram ações antrópicas como corte seletivo de espécies e introdução de espécies exóticas. Os remanescentes avaliados encontram-se inseridos no Bioma

Mata Atlântica em formação Floresta Estacional Semidecidual, em estágio inicial e médio de regeneração com sub-bosque ralo, com árvores espaçadas entre si, baixa diversidade de espécies e em alguns remanescentes destaca-se a abundância de espécies exóticas, tais como: *Leucaena leucocephala* (leucena) e *Melia azedarach* (santa-bárbara).

Em relação ao levantamento faunístico, os dados apresentam apenas as espécies registradas, sem contabilizar a quantidade de indivíduos e sem apresentar detalhes de interesse ambiental sobre as espécies (como ameaçadas de extinção, raras, endêmicas, cinegéticas, migratórias ou exóticas). Ademais, também não foi efetuado um levantamento bibliográfico sobre quais e quantas espécies se esperam para a região do empreendimento.

Sobre a mastofauna, há relatos de 176 espécies disponíveis pelo estado do Paraná, mas no entorno do empreendimento foram registradas apenas 8 espécies: tatu-galinha (*Dasypus novemcinctus*), capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), lontra (*Lontra longicaudis*), mão pelada (*Procyon cancrivorous*), zorrilho (*Conepatus chinga*), paca (*Cuniculus paca*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*) e um felino não identificado.

Para a avifauna e a herpetofauna, não houve relatos de dados secundários. Foram registradas 157 espécies de aves, 21 espécies de répteis e 14 espécies de anfíbios. Enquanto não foram registradas nenhuma ave com risco de ameaça à extinção, esse quesito não foi nem analisado para a herpetofauna. Já a ictiofauna, ao contrário das outras classes, não possui dados primários, mas sim dados secundários. Com isso, há a possibilidade de ocorrência de mais de 100 espécies de peixes na região do empreendimento.

5.1.6 Caso 6: Implantação da BR-392/RS

O empreendimento refere-se às obras de alteração e implantação da rodovia BR-392, onde 35,70 km seriam para alteração de sua capacidade e 223,55 km seriam de implantação, o que totaliza 259,25 km de extensão. O trecho do empreendimento se localiza dentro do Rio Grande do Sul entre o entroncamento com a RS-149 (na divisa de São Sepé e Formigueiro) e o entroncamento com a RS-344 (em Santo Ângelo).

Figura 14 - Localização do empreendimento da BR-392



Fonte: RIMA BR-392 (2022)

Os principais objetivos do empreendimento são melhorar o acesso aos polos regionais, especialmente para os municípios dentro da área de interesse, auxiliar no escoamento da produção (principalmente da soja), densificar a malha viária estadual do Rio Grande do Sul e preencher as descontinuidades da BR-392. Como consequência, a melhoria de acesso traria um maior desenvolvimento para a região, beneficiaria as comunidades locais e potencializaria o comércio, o turismo e a integração regional.

O trecho do empreendimento passa pelos municípios de Entre-Ijuís, Formigueiro, Jari, Santa Maria, Santo Ângelo, São Miguel das Missões, São Pedro do Sul, São Sepé, Jóia, Toropi e Tupanciretã. A maioria desses locais possui sua economia baseada na atividade agropecuária, com as exceções de Santa Maria (ao sul) e Santo Ângelo (ao norte). Com isso, o trecho se torna uma alternativa para o acesso entre o centro e o noroeste do estado, facilitando também tanto o escoamento dos grãos da Zona de Produção até o porto de Rio Grande quanto o recebimento de insumos (como fertilizantes) advindos do porto.

Por mais que o foco do empreendimento seja a implantação da BR-392, essa rodovia já possui dois trechos em operação, sendo o Trecho 1 de 29,57 km de extensão (entre os km 307+500 e km 337,07 da própria BR-392, passando pelos municípios de Formigueiro, São Sepé

e Santa Maria); e o Trecho 2 de 5,59 km de extensão (entre os km 661,410 e km 617 da ERS-344, passando pelo município de Santo Ângelo). Ambos os trechos são de pista simples sem faixas adicionais, possuem acostamento por toda sua extensão e não possuem túneis, mas enquanto o Trecho 1 possui duas pontes, o Trecho 2 possui um viaduto sobre via férrea. Sobre o uso e ocupação do solo, ambos trechos possuem campos nativos e florestas, porém isso é predominante apenas no Trecho 1, enquanto o Trecho 2 possui predominância de áreas rurais (com cultivo irrigado, pastagens e silvicultura). Sobre o tráfego de veículos, o Trecho 1 apresentou um valor de 6.556 veículos (com maior volume os automóveis e os caminhões pesados) e o Trecho 2 apresentou um valor de 15.190 veículos (sendo os automóveis e as motos com maior volume). Por mais que ambos trechos possuem interferências em Corredores Ecológicos e em Áreas de Preservação Permanente (devido à rede hidrográfica da região), não são desenvolvidos programas de educação ambiental e também não foram identificadas em nenhum dos trechos: Unidades de Conservação; Terras Indígenas; assentamentos e Comunidades Remanescentes de Quilombos; sítios arqueológicos; sítios paleontológicos; cavidades naturais subterrâneas; barragens (tanto de geração de energia hidrelétrica quanto para irrigação); pontos de captação superficial e subterrânea; nem postos de serviços públicos (como da Defesa Civil, do Corpo de Bombeiros e da Polícia Rodoviária Federal e Estadual).

Sobre o diagnóstico ambiental, o Rio Grande do Sul possui 108 Unidades de Conservação (UC), sendo 10 federais, 24 estaduais, 35 municipais e 39 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). No entorno do empreendimento (a 10 km da linha da rodovia), foram mapeadas 1 Reserva Biológica (estadual), 1 Parque Estadual, 1 Parque Natural Municipal e 2 RPPN (federal e estadual). Além disso, o empreendimento também intercepta o Corredor Ecológico da Quarta Colônia, o qual foi reconhecido como um instrumento de gestão ambiental territorial por promover a conectividade entre o Parque Estadual Quarta Colônia e 15 outras áreas de conservação da biodiversidade, englobando áreas de 11 municípios.

Segundo o Código Florestal (Lei nº 12.651/2012), todo imóvel rural deve possuir uma área com cobertura de vegetação nativa, a qual é denominada Reserva Legal (RL). No estado do RS, independentemente da localização do imóvel, o percentual mínimo a ser mantido como RL é de 20%. De acordo com o EIA, foram identificados 10.024 polígonos de RL no estado, dos quais o empreendimento impacta 70 diretamente. Outro tipo de preservação ambiental são as Áreas de Preservação Permanente (APPs), também estabelecidas pelo Código Florestal. As APPs afetadas pelo empreendimento totalizam uma área de 93.515,58 ha, sendo: 16,66 ha em locais com declividades maiores que 45°; 13.074,20 ha em áreas de nascentes; 80.403,23 ha em áreas de recursos hídricos; e 21,49 ha em topos de morros.

Sobre os habitats existentes na área de estudo do meio biótico, foram mapeados 13.719 fragmentos de vegetação nativa, sendo 6.301 de vegetação florestal (45,92%) e 7.418 de vegetação campestre (54,07%).

Os remanescentes florestais e campestres existentes na região são pressionados pelas áreas de cultivo e pastagem do entorno que estão em expansão. As áreas florestais mais bem conservadas na AE do Meio Biótico, localizam-se nos municípios de Jari, Toropi e São Pedro do Sul e estão normalmente associadas a regiões declivosas ou a cursos d'água (matas ciliares). Já os campos nativos ocorrem de maneira mais dispersa na AE, podendo estar associados a áreas úmidas, inadequadas para mecanização e com afloramentos rochosos.

Sobre o uso e ocupação do solo, na porção norte há a influência de grandes propriedades rurais com cultivos agrícolas em ampla extensão (principalmente da soja), caracterizados pela irrigação frequente. Na porção central, há uma predominância de áreas com remanescentes de vegetação nativa (principalmente florestal), além de atividades como pecuária e agricultura familiar com o cultivo em pequenas propriedades. Já na porção sul, a predominância volta a ser de áreas de cultivo agrícola, mas com a produção voltada para a rizicultura em razão das planícies na região, além de haver também preservação de formações campestres e de algumas florestas (geralmente associadas a recursos hídricos).

A maioria das APPs, cerca de 76% presentes na área de estudo, encontram-se em ambientes naturais, como campos nativos, florestas, áreas úmidas e/ou áreas alagadas (rios, açudes e lagos). Já os 24% restantes são interceptados por edificações, solos expostos, pastagens, silviculturas, áreas de cultivo inundado e áreas de cultivo irrigado. A exceção são as APPs referentes ao relevo (com declividade superior a 45° e/ou topos de morro), pois essas possuem uma área superior a 90% composta por ambientes naturais, sendo campos nativos ou florestas.

O levantamento de fauna foi efetuado com dados primários (referentes a coletas presenciais) e dados secundários (referentes a estudos científicos). Porém, houve duas exceções: a herpetofauna, cujas análises foram realizadas apenas com dados secundários; e os animais relacionados às cavernas, cujas análises foram realizadas apenas com dados primários. Para o levantamento dos dados secundários, foram realizadas revisão de “bases de dados do sistema LIVE (FZB, 2014), revisão de literatura científica e técnica e consulta a especialistas e coleções biológicas” (EIA BR-392, 2022).

Em relação aos anfíbios, foram identificadas 43 espécies dentre 8 famílias, sendo duas espécies ameaçadas de extinção: a rã-assoviadora (*Leptodactylus furnarius*) e a rã-pimenta (*Leptodactylus labyrinthicus*). No entanto, “não foram encontradas no levantamento espécies

que sejam raras, migratórias, endêmicas, cinegéticas ou de relevante interesse médico-sanitário” (EIA BR-392, 2022).

Em relação aos répteis, foram identificadas 58 espécies dentre 16 famílias, sendo quatro espécies ameaçadas de extinção: a cobra-preta-de-rabo-preto (*Apostolepis quirogai*), a jararacuçu-piau (*Hydrodynastes gigas*), a cobra-d’água (*Helicops carinicaudus*) e o cágado-de-pescoço-lateral (*Phrynops williamsi*). Além delas, também foram identificadas quatro espécies raras: a cobra-preta-de-rabo-preto, a cobra-coral (*Micrurus lemniscatus*), a nariguda-rajada (*Xenodon histricus*) e o cágado-de-pescoço-lateral. Por mais que não tenham sido encontradas espécies migratórias, endêmicas e cinegéticas, foram identificadas seis espécies de interesse médico-sanitário, sendo elas jararacas e cobras-coral.

Para os dados primários, o levantamento foi desenvolvido em dois períodos: entre os meses de abril e outubro de 2020 e em agosto de 2021.

Em relação às aves, por dados secundários, foram identificadas 385 espécies dentre 62 famílias, sendo 19 espécies ameaçadas de extinção, 65 espécies raras e 73 espécies migratórias, mas “não foram encontradas espécies endêmicas ou de relevante interesse médico-sanitário” (EIA BR-392, 2022). Agora, pelos dados primários, foram registradas 152 espécies, sendo seis espécies quase ameaçadas de extinção (*Euphonia chalybea*, o cais-cais; *Gubernetes yetapa*, a tesoura-do-brejo; *Piculus aurulentus*, o pica-pau-dourado; *Rhea americana*, a ema; *Mesembrinibis cayennensis*, o coró-coró; e *Sporophila collaris*, o coleiro-do-brejo), duas espécies ameaçadas de extinção (*Xanthopsar flavus*, a veste-amarela; e *Xolmis dominicanus*, a noivinha-de-rabo-preto), 10 espécies raras, 10 espécies cinegéticas e 12 espécies migratórias.

Em relação aos mamíferos, por dados secundários, foram identificadas 86 espécies dentre 22 famílias, sendo 18 espécies ameaçadas de extinção, 3 espécies raras, 17 espécies cinegéticas e 1 espécie endêmica do Brasil (*Ctenomys minutus*; o tuco-tuco), mas não foram identificadas espécies migratórias ou de relevante interesse médico-sanitário. Agora, pelos dados primários, foram registradas 25 espécies (de um total de 1.136 indivíduos), sendo “23 por meio de armadilhas fotográficas e 12 por gravadores autônomos e por busca ativa” (EIA BR-392, 2022). Com isso, foram registradas dez espécies ameaçadas de extinção e duas espécies exóticas (*Lepus europaeus*, a lebre; e *Sus scrofa*, o javali), mas não houve registros de espécies endêmicas ou raras.

Em relação aos peixes-anuais, por dados secundários, foram identificadas apenas 3 espécies, sendo todas ameaçadas de extinção e endêmicas do Rio Grande do Sul: *Austrolebias litzi*, *Austrolebias ibicuiensis* (também considerada uma espécie rara) e *Cynopoecilus intimus* (também considerada uma espécie rara). No levantamento em campo (dados primários), além

das 3 espécies já identificadas, foi descoberta e registrada uma nova espécie do gênero *Austrolebias*, porém não houve registros de espécies migratórias, cinegéticas ou de relevante interesse médico-sanitário. Além disso, foram registradas outras espécies de peixes não-anuais, como pequenos Characiformes, Siluriformes ou Cyprinodontiformes.

Em relação à quiropteroфаuna, foram identificadas 18 espécies de morcegos dentre 3 famílias. Na Caverna do Faxinal, foram registradas 12 espécies, enquanto na Caverna Toropi foram 8 e na Caverna do Barranco foram 10. Vale ressaltar que o morcego *Molossus currentium* ainda não havia sido registrado no Rio Grande do Sul, o que indica que essa espécie possui uma área de distribuição maior do que se acreditava, “assim como a espécie *Promops centralis*, também registrada na amostragem, que teve a distribuição expandida para o Estado recentemente” (EIA BR-392, 2022). Não foram identificadas nenhuma espécie rara ou endêmica.

Além da quiropteroфаuna, as 3 cavidades naturais selecionadas também foram utilizadas para analisar a fauna dos vertebrados não voadores por meio da busca ativa e das armadilhas fotográficas instaladas nas principais entradas das cavernas.

Por ser um levantamento qualitativo, a frequência dos registros só foi considerada para avaliação de possível interação com o interior das cavidades. As interações entre os animais e as cavidades foram classificadas buscando um entendimento com a IN nº 02/2017 (BRASIL, 2017), conforme segue:

Entorno - animais registrados nas proximidades, mas não apresentaram interação com a caverna. Foram flagrados nas armadilhas geralmente transitando pela frente da cavidade;

Ocasional - animais que apresentaram interação acidental ou casual com a caverna. Foram flagrados entrando eventualmente na cavidade por breve período; e

Regular - animais que intencionalmente utilizaram a caverna com regularidade. Foram flagrados utilizando assiduamente a cavidade com o intuito de se abrigar ou formar ninho.

Em relação aos vertebrados não voadores, foram registradas 11 espécies de mamíferos (estando 5 em algum grau de ameaça de extinção) e 10 espécies de aves. Porém “todos os registros foram feitos com a metodologia da busca passiva” (EIA BR-392, 2022), pois “os registros realizados pela busca ativa não permitiram a mínima identificação dos animais” (EIA BR-392, 2022), já que não foram encontrados vestígios como pegadas, pelos, penas, fezes e outros. Além disso, “não foram encontrados répteis ou anfíbios, nem mesmo vestígios, dentro ou no entorno das cavidades” (EIA BR-392, 2022). O quadro 1 traz as espécies encontradas e suas interações com as cavidades (Entorno, Ocasional ou Regular).

Quadro 1 - Lista de Espécies Não Voadoras Registradas nas Cavidades Naturais

Espécie	Nome Popular	Caverna do Faxinal	Caverna Toropi	Caverna do Barranco
---------	--------------	--------------------	----------------	---------------------

Mastofauna (Mamíferos)				
<i>Cerdocyon thous</i>	graxaim-do-mato	Entorno	Entorno	Entorno
<i>Cuniculus paca</i>	paca	Regular	-	-
<i>Dasyprocta azarae</i>	cutia	Regular	-	-
<i>Didelphis albiventris</i>	gambá-de-orelha-branca	-	Entorno	-
<i>Leopardus guttulus</i>	gato-do-mato-pequeno	-	-	Ocasional
<i>Tamandua tetradactyla</i>	tamanduá-mirim	Entorno	-	Ocasional
<i>Nasua nasua</i>	quati	Entorno	Entorno	-
<i>Procyon cancrivorus</i>	mão-pelada	-	-	Entorno
3 Roedores não identificados	-	-	Entorno	Entorno
Avifauna (Aves)				
<i>Crypturellus obsoletus</i>	inhambuquauçu	-	Entorno	-
<i>Leptotila verreauxi</i>	juriti-pupu	Entorno	Entorno	Entorno
<i>Turdus albicollis</i>	sabiá-coleira	-	Entorno	-
<i>Turdus rufiventris</i>	sabiá-laranjeira	Entorno	Entorno	-
<i>Myiothlypis leucoblephara</i>	pula-pula-assobiador	-	Entorno	-
<i>Chamaeza campanisona</i>	tovaca-campainha	-	Entorno	-
<i>Phylloscartes ventralis</i>	borboletinha-do-mato	Entorno	-	-
<i>Basileuterus culicivorus</i>	pula-pula	Entorno	-	-
<i>Coragyps atratus</i>	urubu-de-cabeça-preta	Entorno	-	-
<i>Penelope obscura</i>	jacuaçu	-	-	Entorno

Fonte: EIA BR-392 (2022)

Para analisar os possíveis locais de ocorrências de atropelamento de fauna, “foi analisada a relação entre locais de registros de atropelamentos (em rodovias já existentes) e a composição e configuração da paisagem” (EIA BR-392, 2022). Para a amostragem nas rodovias já existentes, “foram amostrados quatro trechos de estradas de leito natural que se sobrepõem parcialmente ao traçado” (EIA BR-392, 2022) e foram amostrados seis trechos de rodovias asfaltadas próximas em um intervalo aproximado de 15 dias, sendo esses trechos da BR-392 já existente, da BR-377 e da BR-287.

Como resultado, durante as seis amostragens de atropelamento de fauna, foram registrados 357 indivíduos de 67 espécies. As ocorrências foram 31 anfíbios (de 2 espécies), 93 aves (de 33 espécies), 214 mamíferos (de 21 espécies) e 18 répteis (de 11 espécies), além dos indivíduos em que não se foi possível identificar a espécie, sendo 9 aves, 11 mamíferos e 1 desconhecido (classificado como vertebrado não identificado). Enquanto nos trechos das estradas de leito natural tiveram apenas 6 registros, as rodovias pavimentadas mostraram

números bem superiores: 146 indivíduos na BR-287, 103 na BR-377 e 102 na BR-392 já existente.

5.2 ANÁLISE DOS EIAs SELECIONADOS

Para analisar a qualidade dos EIAs selecionados, utilizou-se como base Freitas et al (2017), apresentado no item 3.3.1. A partir disso, espera-se também responder às suas três perguntas:

- (1) Os impactos levantados em cada EIA são identificados e avaliados a partir da literatura de ecologia de estradas?
- (2) As medidas de mitigação propostas em cada EIA são baseadas nas informações presentes no documento?
- (3) Qual a qualidade da avaliação da mortalidade de animais?

Para isso, utilizou-se como base-referencial de comparação com os EIAs selecionados o checklist apresentado por Freitas et al. (2017). Nesse checklist, os temas principais (sublinhados) são usados para avaliar a primeira questão, enquanto suas descrições (como supressão da vegetação ou poluição sonora) são utilizados para verificar se há coerência nos EIAs (respondendo à segunda questão).

- a) Perda de Habitat: supressão da vegetação ou desmatamento;
- b) Modificação do Habitat: poluição sonora, alterações hidrológicas, iluminação artificial, alteração na qualidade e estrutura do solo, diminuição da qualidade do ar, mudanças de temperatura, mudanças de umidade, mudanças de radiação solar, aumento dos ventos, efeitos do tráfego [de veículos];
- c) Mortes nas Estradas devido às Colisões Veículo-Animal;
- d) Filtros e Barreiras: fragmentação, perda de conectividade e isolamento, redução do acesso ao habitat;
- e) Mudanças no Comportamento Animal: evitação ou atração;
- f) Criação de Novos Habitats;
- g) Introdução de Espécies Exóticas: espécies domésticas e silvestres;
- h) Pressão Antrópica Direta: caça, pesca, zoonoses, aumento de incêndios, acidentes com materiais perigosos.

Para responder à primeira questão, elaborou-se o quadro 2, pelo qual foram calculados os *Scores* de Impactos de cada EIA. Ressalta-se que, dentre os seis EIAs em análise, o caso da BR-040 foi o único que também foi estudado no artigo-base e, por isso, os seus resultados nos quadros abaixo estão destacados em *itálico*.

Quadro 2 - Cálculo dos *Scores* de Impactos para cada EIA

Rodovia		BR-040	BR-101	BR-158	BR-230	BR-376	BR-392	Score Relativo por Impacto
Tipo		Dup	Dup	Pav	Pav	Imp	Imp	
Ano		2015	2014	2007	2002	2013	2022	
Perda de habitat		2	2	2	2	1	2	50,0%
Modificação no Habitat		2	2	2	2	1	2	50,0%
Atropelamento de Animais		2	2	1	1	1	2	38,9%
Barreira e Filtro		3	1	2	1	0	2	33,3%
Mudanças no Comportamento Animal		2	1	1	0	0	2	22,2%
Criação de novos habitats		0	0	0	0	0	0	0,0%
Introdução de Espécies Exóticas		2	1	0	0	1	2	22,2%
Pressões Antrópica Diretas		2	2	2	1	0	2	38,9%
Score Relativo por EIA		62,5%	45,8%	41,7%	29,2%	16,7%	58,3%	-
LEGENDA	0	O impacto não foi mencionado nos estudos						
	1	O impacto foi apenas superficialmente mencionado em relação à vida selvagem						
	2	A caracterização do impacto estava presente						
	3	A avaliação incluiu previsões quantitativas futuras sobre o impacto						
	Imp - Implantação		Pav - Pavimentação			Dup – Duplicação		

Fonte: Baseado em Freitas et. Al (2017)

Com os resultados do quadro 2, pode-se concluir que os impactos não são avaliados a partir da literatura de ecologia de estradas. Tanto os *scores* por impacto quanto por EIA possuem valores relativamente baixos, indicando que os assuntos não são tão bem explorados. Os resultados “zero” demonstram que faltou a citação de impactos, principalmente a Criação de Novos Habitats, um assunto que não foi abordado em nenhum dos casos. Embora alguns EIAs tenham previsões de consequências dos impactos, nenhum incluiu previsões quantitativas futuras sobre isso, apenas qualitativas citando tais consequências, o que justifica os valores “dois” no quadro.

Além disso, pode-se induzir que as categorias dos empreendimentos podem ter relação direta com os resultados apresentados. Os casos de duplicação (BR-040 e BR-101), por serem situações onde já existe uma via implantada, possuem maior facilidade na identificação e descrição dos impactos, uma vez que a tendência é o aumento deles na região, possuindo então *scores* maiores. Já os casos de implantação (BR-376 e BR-392), por serem situações onde não há uma via, os impactos ainda não são conhecidos, sendo identificados por meio de pesquisas, estimativas e deduções científicas. Por mais que nos casos de pavimentação já há uma via

implantada, a inserção do revestimento (pavimento, concreto ou alvenaria) traz novos tipos de impactos na região, sendo esses também identificados por levantamento bibliográfico.

Já para a segunda questão, utilizando as descrições do checklist de impactos de Freitas et al. (2017), foi elaborado o quadro 3. Nele há uma comparação interna para cada EIA a fim de averiguar se o assunto em questão foi abordado em cada uma das três seções: Diagnóstico Ambiental (D), Impactos Ambientais (I) e Medidas Mitigadoras (M). Caso o assunto em questão não tenha sido abordado em pelo menos uma dessas três seções, isso indica uma falta de coerência no documento.

Quadro 3 - Análise da coerência entre diferentes seções dos EIAs

Rodovia	BR-040	BR-101	BR-158	BR-230	BR-376	BR-392
Seção	D I M	D I M	D I M	D I M	D I M	D I M
Poluição Sonora	x x x	x x x	x x x	x x	x x x	x x x
Mudanças de temperatura, umidade, radiação solar, vento	x	x	x x		x	x x
Efeitos do Tráfego	x	x x	x x			x x
Mudanças Comportamentais (atração, evitação)	x x x	x x x	x			x x x
Mudanças na qualidade e estrutura do solo	x	x x x	x x x	x x x	x	x x x
Luz artificial						x x
Diminuição da Qualidade do Ar	x	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
Alterações Hidrológicas	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x	x x x
Introdução de Espécies Exóticas	x	x		x	x x	x x x
Novos Habitats						
Aumento da Pesca	x x x	x x	x x x		x	x x
Aumento de Incêndios	x x x	x x	x x	x x		x x
Desmatamento/Exploração Madeireira	x x x	x x	x x	x x	x x	x x x
Aumento de Caça	x x x	x x	x x x	x x	x	x x x
Zoonoses	x	x	x	x		x x
Perda de Habitat	x x x	x x x	x x	x x x	x x x	x x x
Acidentes com Materiais Perigosos			x			
Filtro e Barreira	x x x	x x	x	x	x x	x x x
Mortalidade Rodoviária	x x x	x x x	x	x x x	x x x	x x x
LEGENDA	D - Diagnóstico Ambiental		I - Impactos Ambientais		M - Medidas de Mitigação	
	x - O impacto foi apresentado na seção em questão (D, I ou M)					

Fonte: Baseado em Freitas et. Al (2017)

Pelo quadro 3, percebe-se então que não há muita coerência nos EIAs, uma vez que a quantidade de espaços em branco demonstra que faltou abordar alguns impactos em pelo menos uma das seções. As três linhas em branco (dos impactos Luz Artificial, Novos Habitats e Acidentes com Materiais Perigosos) representam que esses impactos não foram abordados nos EIAs, mesmo tendo relação direta com a fauna, o que sustenta a questão da baixa qualidade dos documentos por suas ausências. Conforme se lê os EIAs, percebe-se que a seção de mitigação não é baseada diretamente nos impactos levantados na seção, mas sim em outras literaturas. Ao passo que os programas ambientais são muito abordados, medidas mitigadoras pontuais não são descritas (como as passagens de fauna, sinalizações ou estruturas para o trânsito).

Dentre os tipos de consequências que as rodovias podem gerar sobre a fauna silvestre, a mortalidade de espécies é a mais famosa. Com isso, para responder à terceira pergunta, foi desenvolvido o quadro 4. A legenda de como foi sua avaliação está descrita no quadro 5.

Quadro 4 - Análise de como os EIAs avaliaram a mortalidade rodoviária

Rodovia	BR-040	BR-101	BR-158	BR-230	BR-376	BR-392	Score relativo por Critério de Mortalidade
Tipo	Dup	Dup	Pav	Pav	Imp	Imp	
Os métodos usados para avaliar a mortalidade rodoviária são descritos no estudo	3	3	0	0	0	3	50,0%
Magnitude da Mortalidade Rodoviária	3	2	0	1	1	2	50,0%
Mortalidade Rodoviária de Espécies	2	3	0	1	1	2	50,0%
Padrões Espaciais na Mortalidade Rodoviária	1	2	0	0	0	2	27,8%
Padrões Temporais na Mortalidade Rodoviária	0	0	0	0	0	0	0,0%
Proposição de Medidas Mitigadoras	3	1	0	0	0	3	16,7%
Score Relativo por EIA	66,7%	55,6%	0,0%	11,1%	11,1%	50,0%	-

Fonte: Baseado em Freitas et. Al (2017)

Quadro 5 - Legenda do Quadro 4

Critério de avaliação	Score	Descrição e Legenda
Os métodos usados para avaliar a mortalidade rodoviária são descritos no estudo	0	Os métodos não foram descritos ou a mortalidade rodoviária não foi avaliada
	1	Os métodos foram descritos brevemente
	2	Os métodos foram descritos, mas a coleta ou avaliação dos dados não foi muito clara
	3	Os métodos foram descritos detalhadamente, com todas as informações necessárias para compreensão
Magnitude da Mortalidade Rodoviária	0	As estimativas para magnitude da mortalidade rodoviária não foram apresentadas
	1	As estimativas para magnitude da mortalidade rodoviária foram baseadas em outros estudos ou expressados por qualidade (baixa/alta)
	2	As estimativas para magnitude da mortalidade rodoviária foram baseadas na coleta de dados
	3	As estimativas para magnitude da mortalidade rodoviária foram baseadas na coleta de dados corrigidos pelo viés do pesquisador e pela remoção de carcaças
Mortalidade Rodoviária de Espécies	0	A lista de espécies não foi apresentada
	1	A lista de espécies potencialmente impactadas foi apresentada
	2	A lista de espécies foi baseada em pesquisas prévias da mesma rodovia
	3	Foi estimado o impacto sobre populações de espécies
Padrões Espaciais na Mortalidade Rodoviária	0	Não há dados espaciais ou análise dos padrões espaciais
	1	Há dados espaciais sem análise espacial (ex: número de carcaças por quilômetro)
	2	Há análise dos padrões espaciais com intervalo de confiança ou avaliação de significância
	3	Há análise dos padrões espaciais e modelos explanatórios
Padrões Temporais na Mortalidade Rodoviária	0	Não há dados temporais ou análise dos padrões temporais
	1	Há dados espaciais sem análise temporal (ex: número de carcaças por mês)
	2	Há análise dos padrões temporais com intervalo de confiança ou avaliação de significância
	3	Há análise dos padrões temporais e modelos explanatórios
Proposição de Medidas Mitigadoras	0	Sem indicação de tipos ou de localizações de medidas mitigadoras
	1	Há a indicação de tipos ou de localizações de medidas mitigadoras sem justificativa baseada na avaliação
	2	Há a indicação de tipos e de localizações de medidas mitigadoras sem justificativa baseada na avaliação
	3	Há a indicação de tipos e de localizações de medidas mitigadoras com justificativa baseada na avaliação

Fonte: Baseado em Freitas et. Al (2017)

Como resultado, pode-se concluir que a mortalidade de animais é analisada de forma parcial. Apenas metade dos EIAs selecionados (BR-040, BR-101 e BR-392) avaliaram as taxas

de atropelamento, realizando buscas e pesquisas a fim de levantar as espécies impactadas. Além disso, os padrões espaciais e temporais são dois critérios que não são muito desenvolvidos, já que geralmente são apenas citados, não contemplando explicações. Para complementar os resultados do quadro 4, o quadro 6 traz a quantidade de carcaças encontradas e de suas espécies correspondentes para cada EIA.

Quadro 6 - Índices de Atropelamentos estudados nos EIAs

Tipo de Animal	BR-040		BR-101		BR-158		BR-230		BR-376		BR-392	
	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.	Ind.	Esp.
Mamíferos	71	11	172	25	-	27	-	2	-	-	214	21
Aves	35	20	216	51	-	-	-	29	-	-	93	33
Répteis	10	5	142	46	-	-	-	17	-	-	18	11
Anfíbios	-	-	41	5	-	-	-	5	-	-	31	2
Indeterminado	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-
Total	116	36	571	127	-	-	-	53	-	-	357	67

Legenda: Ind. – Quantidade de Indivíduos Encontrados; Esp. – Quantidade de Espécies Identificadas

Fonte: Autoria Própria (2023)

Não foram encontrados nenhum tipo de levantamento ou experimento para dimensionar os atropelamentos de fauna nem na BR-158 nem na BR-376. Porém, no caso da BR-158, foram encontradas algumas carcaças de 27 espécies diferentes durante a busca ativa por mamíferos. Já o EIA da BR-230 apresenta uma lista de Espécies Vulneráveis a Atropelamentos (cujos resultados estão no quadro 6), a qual contempla tanto carcaças encontradas quanto avistamentos de animais atravessando a rodovia.

Com os resultados dos quadros 4 e 6, pode-se perceber uma relação entre a categoria da rodovia e os levantamentos de mortalidades e de espécies. As rodovias em duplicação (BR-040 e BR-101), por já terem vias pavimentadas, possuíram melhores resultados por terem maior facilidade na obtenção dos dados nos próprios empreendimentos. Embora as rodovias em pavimentação (BR-158 e BR-230) já possuam uma via implantada, a falta de dados demonstra a falta de monitoramento da pista. Já os casos de implantação (BR-376 e BR-392), por ainda não possuírem uma via, não possuem dados sobre o local do empreendimento, mas poderiam possuir estimativas. O caso da BR-392 apresentou resultados, pois foram realizados experimentos na região da rodovia, incluindo vias locais em seu entorno, trazendo então estimativas sobre as informações requeridas nos quadros 4 e 6. Similarmente a essa questão,

pode-se perceber também a influência da categoria da rodovia na identificação das espécies no quadro 7.

Ao analisar o quadro 6, percebe-se a importância de realizar levantamentos das taxas de atropelamentos. Os números apresentados foram resultados de buscas esporádicas com o intuito de complementar o desenvolvimento dos EIAs e, ainda assim, possuem resultados relativamente altos. Caso fosse realizado um controle e monitoramento desses casos, a dimensão do problema provavelmente seria ainda maior, o que pressiona a busca por medidas mitigadoras.

Infelizmente, as três perguntas levantadas por Freitas et al (2017) possuem resultados negativos: não há uma forte relação entre os impactos dos EIAs e a literatura de ecologia de estradas; as medidas mitigadoras não são baseadas nas informações dos documentos, mas sim em outras fontes de informação; e a qualidade da avaliação da mortalidade de animais é mediana, uma vez que, quando há essas análises, ainda falta desenvolver sobre os padrões espaciais e temporais.

Além dessas dificuldades encontradas na identificação e análise dos impactos, os EIAs também apresentaram falhas no diagnóstico ambiental da fauna. Para se obter uma investigação completa, recomenda-se utilizar tanto dados primários (pesquisas a campo) quanto dados secundários (levantamento bibliográfico) para obter a identificação e a quantidade de espécies impactadas pelo empreendimento. Porém nenhum EIA conseguiu realizar essa investigação completa. Os dados qualitativos (quais são as espécies) geralmente são apresentados no texto ou por listas ou por exemplos, mas nem todas as espécies são explicitadas, o que ocorre principalmente na caracterização da avifauna justamente por englobar grandes números de espécies. Já os dados quantitativos (quantas espécies) podem não ser apresentados caso não sejam realizadas pesquisas ou levantamentos em campo, embora o ideal seja estimar as quantidades de espécies esperadas em ambos os tipos de dados (primários e secundários). O quadro 7 traz os dados quantitativos presentes nos EIAs por tipo de animal.

Quadro 7 - Números de espécies identificadas em cada EIA

Tipos de Animais		BR-040		BR-101		BR-158		BR-230		BR-376		BR-392	
		Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec
Aves	Riqueza de Espécies	270	512	233	415	371	-	210	415	157	-	152	385
	Ameaçadas de Extinção	11	46	13	30	-	-	14	-	0	-	8	19
	Raras	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	10	65
	Endêmicas	44	93	37	95	-	-	16	-	-	-	-	0
	Cinegéticas		80	10	-	-	-	30	-	-	-	10	-
	Migratórias	5	10	-	-	-	-	28	-	-	-	12	73
	Medicinal ou Econômico	0	2	-	-	-	-	39	-	-	-	-	0
	Exóticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Anfíbios	Riqueza de Espécies	33	96	68	115	32	-	20	61	14	-	-	43
	Ameaçadas de Extinção	22	-	1	3	0	-	6	-	-	-	-	2
	Raras	-	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	0
	Endêmicas	9	-	49	100	5	-	3	-	-	-	-	0
	Cinegéticas	-	-	2	2	-	-	3	-	-	-	-	0
	Migratórias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Medicinal ou Econômico	7	-	4	20	-	-	-	-	-	-	-	0
	Exóticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Répteis	Riqueza de Espécies	25	110	41	121	33	-	44	149	21	-	-	58
	Ameaçadas de Extinção	3	-	1	4	0	-	13	-	-	-	-	4
	Raras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
	Endêmicas	1	-	13	47	6	-	11	-	-	-	-	0
	Cinegéticas	-	-	-	6	-	-	15	-	-	-	-	0
	Migratórias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Medicinal ou Econômico	5	-	2	20	5	-	-	-	-	-	-	6
	Exóticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mamíferos	Riqueza de Espécies	55	120	40	94	47	-	37	-	8	176	43	86
	Ameaçadas de Extinção	9	-	7	20	-	-	18	-	3	56	10	18
	Raras	-	-	5	19	-	-	-	-	-	-	0	3
	Endêmicas	3	-	9	34	-	-	6	-	-	-	0	1
	Cinegéticas	10	-	-	51	-	-	-	-	-	-	-	17
	Migratórias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
	Medicinal ou Econômico	8	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	0
	Exóticas	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
Peixes	Riqueza de Espécies	39	345	-	345	115	-	-	-	-	100+	4	3
	Ameaçadas de Extinção	1	33	-	101	0	-	-	-	-	-	3	3
	Raras	0	15	-	47	2	-	-	-	-	-	2	2
	Endêmicas			-		-	-	-	-	-	-	3	3
	Cinegéticas	-	-	-	92	8	-	-	-	-	-	0	-
	Migratórias	-	-	-	98	-	-	-	-	-	-	0	-
	Medicinal ou Econômico	0	-	-	-	10	-	-	-	-	-	0	-
	Exóticas	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Legenda: Pri – Dados Primários; Sec – Dados Secundários

Fonte: Autoria Própria (2023)

Pelo quadro 7, pode-se concluir que os EIAs carecem de dados quantitativos, o que é verificado pela quantidade de campos sem informação, os quais ocupam cerca de 60% das células disponíveis nesse quadro. Ressalta-se que resultados nulos (igual a zero) são diferentes de resultados não apresentados (indicados com “-”). Pelos dados secundários, o resultado nulo indica que não há evidências na literatura daquele tipo de espécie na região, enquanto que pelos dados primários o zero indica que não foi encontrado aquele tipo de espécie nas vistorias de campo realizadas. Embora não seja um valor positivo, zero é um resultado da tentativa de busca daquele animal. Os não apresentados (“-”) não indicam nenhum resultado, uma vez que não houve a evidência ou a procura por aquele animal, mas indicam uma oportunidade de pesquisa.

Além disso, a falta de dados secundários dificulta saber se o levantamento dos dados primários foi eficaz, uma vez que não há uma estimativa da quantidade total de espécies potencialmente impactadas. Por conseguinte, essa falta dificulta no dimensionamento dos impactos (caso haja esse tipo de análise) e na listagem e priorização das medidas mitigadoras, uma vez que ao saber das espécies sensíveis há a chance da criação de uma medida inovadora. Nenhum dos EIAs apresentou os dados quantitativos da fauna em formato de tabela, apenas em texto, o que diminui a padronização dos dados e a oportunidade de compará-los, dando ênfase apenas nas análises qualitativas.

6 IMPACTOS AMBIENTAIS SOBRE A FAUNA

Para levantar os possíveis impactos gerados pelas rodovias sobre a fauna, é necessário também realizar uma listagem de suas causas. A partir de uma determinada causa, é possível que sejam geradas outras causas e, conseqüentemente, sejam gerados os impactos, os quais também podem gerar outros impactos, formando assim uma reação em cadeia. Além disso, uma mesma causa pode obter diferentes impactos, enquanto diferentes causas podem obter um mesmo impacto.

A fim de realizar ambas as listagens (das causas e dos efeitos), utilizou-se como base os impactos ambientais sobre o meio biótico de cada EIA selecionado. Após levantar cada um dos impactos, esses foram agrupados em 15 temas (Apêndice II), os quais foram analisados se são causa ou efeito. Para isso, entende-se como causa o “motivo ou razão para que algo exista ou aconteça” (Ribeiro, 2023) e entende-se como efeito um “produto, resultado de uma ação, consequência” (Ribeiro, 2023). Os resultados dessas análises estão descritos a seguir:

- i. Perda e Fragmentação de Habitats de Fauna: é Efeito, mas foi dividido em Perda de Habitat e em Fragmentação de Habitat por serem impactos diferentes;
- ii. Atropelamento de Fauna Silvestre: é Causa, pois gera danos aos animais, como mortes ou lesões corporais. Porém, apenas o conjunto rodovia-veículo-animal gera o atropelamento, ou seja, algo atraiu o animal para a pista no momento que o veículo trafegava naquele ponto da rodovia;
- iii. Perda de Espécimes da Fauna: é Efeito, mas engloba situações diferentes, como a morte, a captura e o afugentamento de animais. Além disso, essas perdas podem ocorrer por diferentes motivos, inclusive por soterramentos que ocorrem durante as obras;
- iv. Afugentamento da Fauna: é Efeito, pois é necessário que tenha ao menos algum motivo para que o animal fuja da região que antes habitava;
- v. Interferência na Biota Aquática: engloba tanto causa quanto efeito. A fauna aquática também sofre com algumas consequências advindas da rodovia, mas de forma indireta. Por exemplo, a poluição causada pela rodovia pode afetar os cursos hídricos, gerando a morte de espécies ou a incapacidade de funções básicas (como locomoção, alimentação, respiração e reprodução). Assim, essa poluição é considerada uma Causa, gerando a perda de qualidade do habitat para a fauna aquática;
- vi. Perda e Fragmentação de Vegetação Nativa: é Efeito sobre a flora, mas é correspondente à perda e fragmentação de habitats de fauna (impactos já identificados). Para que

aconteça esse efeito sobre a flora, é necessário que tenha ocorrido uma Supressão da Vegetação, a qual é considerada uma Causa;

- vii. Redução dos Remanescentes Florestais: é Efeito, mas é correspondente à perda de habitat (impacto já identificado);
- viii. Perda de Diversidade Florística: é Efeito, mas é voltado para a flora. Porém, como também há perda de diversidade faunística, esse efeito foi renomeado para “Perda de Biodiversidade”, englobando tanto uma possível perda de riqueza de espécies quanto uma perda de diversidade genética;
- ix. Aumento dos Riscos de Incêndios: é quase Efeito, pois um alto risco não representa um impacto, mas sim uma ameaça. Assim, foi renomeado para “Aumento da Incidência de Incêndios”;
- x. Aumento do Efeito-Barreira: é Efeito, pois é necessário que haja alguma alteração na paisagem para que apareça ou aumente o efeito-barreira (também denominado Efeito de Borda). Porém, esse efeito também gera outras consequências, como o isolamento de espécies ou a fragmentação da paisagem;
- xi. Interferência em Áreas Protegidas: é quase Efeito. As áreas protegidas sofrem constante pressão em razão das atividades (e de suas consequências) em seus entornos;
- xii. Interrupção de Corredores Ecológicos: é Efeito, mas é correspondente à perda e, principalmente, à fragmentação de habitats de fauna (impactos já identificados). Essa fragmentação dificulta a locomoção dos animais, diminuindo os espaços disponíveis para travessias, o que indica a diminuição da permeabilidade na matriz paisagística;
- xiii. Aumento de Atividades Extrativistas: é Causa, pois a caça e a pesca geram consequências para o meio ambiente, como morte e captura de animais, os quais (se em altas quantidades e/ou frequências) podem levar à diminuição das populações e, assim, à extinção local de algumas espécies. Além disso, essas atividades ocorrem principalmente em regiões próximas a áreas antrópicas devido ao fácil acesso;
- xiv. Propagação de Espécies Exóticas/Invasoras: é Causa, pois a existência de novas espécies na região pode gerar, por exemplo, um aumento das competições por alimentos ou lugares e também pode causar a transmissão de novas doenças;
- xv. Outros Impactos: por serem assuntos específicos, não foram considerados para listagem.

Todas as causas e os efeitos levantados estão apresentados nas listas a seguir. Ressalta-se que os itens de cada lista representam uma percepção dos EIAs consultados, podendo existir outros itens não citados, pois essas listas variam de acordo com o EIA.

Lista de Causas

- 1) Realização das Obras de Construção da Rodovia
- 2) Início e/ou Aumento de Áreas Antrópicas
- 3) Início e/ou Aumento do Tráfego de Veículos
- 4) Atração de Animais para a Rodovia
- 5) Atropelamento de Fauna Silvestre
- 6) Supressão da Vegetação
- 7) Atração e/ou Propagação de Espécies Exóticas
- 8) Geração de Poluições
- 9) Soterramentos
- 10) Início e/ou Aumento de Atividades Extrativistas
- 11) Existência da Rodovia em Si

Lista de Efeitos

- 1) Morte de Indivíduos
- 2) Captura de Indivíduos
- 3) Alterações Físicas e Psíquicas
- 4) Afugentamento de Fauna
- 5) Aumento das Competições Intra e Interspecíficas
- 6) Isolamento de Espécies
- 7) Diminuição de Populações
- 8) Extinção Local de Espécies
- 9) Perda de Habitat
- 10) Fragmentação de Habitat
- 11) Perda de Qualidade de Habitat
- 12) Perda de Biodiversidade
- 13) Perda de Diversidade Genética de uma Espécie
- 14) Diminuição da Riqueza de Espécies
- 15) Aumento de Incidência de Incêndios
- 16) Efeito de Borda
- 17) Diminuição na Permeabilidade da Matriz de Paisagem
- 18) Pressão sobre Áreas de Interesse Ambiental
- 19) Introdução e/ou Transmissão de Doenças e Parasitas

A fim de entender as relações entre as listas, foi construída a Rede de Interações entre Causas e Efeitos (Apêndice III). Porém, para melhor visualização das conexões entre os impactos (Lista de Efeitos), foi construída uma rede à parte, a Rede Circular de Interações entre Impactos (Apêndice IV). A depender do tipo de obra do empreendimento (implantação, pavimentação ou duplicação de rodovia), as causas dos impactos podem variar. Por exemplo, nos casos de duplicação de rodovia, algumas causas já existem e possuem a tendência de aumentar, como o tráfego de veículos, os índices de atropelamento, as atividades extrativistas e a ocupação do solo por áreas antrópicas. Ao passo que, nos casos de implantação de rodovia, como há a construção de uma pista nova em uma região ainda não utilizada pelo homem, essas causas acabam surgindo.

6.1 PRINCIPAIS CAUSAS

6.1.1 Realização das Obras de Construção da Rodovia

Independentemente do motivo das obras (implantação, pavimentação ou duplicação da rodovia), as consequências geradas são semelhantes entre esses casos. Os impactos são causados principalmente de forma indireta, isto é, por meio de outras causas, pois a realização das obras costuma ser um dos primeiros passos numa reação em cadeia. O único impacto direto é o aumento de incidência de incêndios, o qual ocorre devido a motores desregulados de máquinas e veículos, à presença de substâncias inflamáveis e a práticas e comportamentos inadequados (como lançar um cigarro na vegetação do entorno). Por exemplo,

no desmonte de rochas ou para exploração de jazidas, ocorre o risco de faíscas serem lançadas em vegetação nativa, causando incêndios. A implantação de pontes, viadutos e passarelas, pode ocasionar incêndios pela liberação de fagulhas com o uso de cortes e soldagens de barras metálicas empregadas nessas obras. (EIA BR-392; 2022)

Para a construção da rodovia, é necessário que trechos de vegetação sejam retirados e que o solo seja manuseado, o que pode levar a alguns acidentes, como o soterramento de alguns animais ou até mesmo a colisão dos maquinários com algum indivíduo. Conforme o andamento das obras, diferentes tipos de poluição são gerados, incluindo as poluições sonora, luminosa, hídrica, do solo e atmosférica. Além disso, as obras possuem como resultado a própria existência da rodovia, o que acaba se tornando um meio de atrair tanto áreas antrópicas (como residências, indústrias, empresas, agriculturas, pecuárias etc) quanto atividades extrativistas (como caça, pesca e captura de animais).

6.1.2 Início e/ou Aumento de Áreas Antrópicas

A construção da rodovia garante um acesso a regiões antes inexploradas, as quais podem receber diferentes usos do solo, como manchas urbanas, empresas, indústrias e atividades agropecuárias. Com isso, a supressão da vegetação se torna necessária para a realização das obras dessas áreas antrópicas. O início ou o aumento dessas áreas atraem novas pessoas, o que aumenta o fluxo de veículos na região, estimula a realização de atividades extrativistas e aumenta a chance de propagação de espécies exóticas e/ou invasoras nas áreas naturais no entorno do empreendimento. Devido a descuidos que podem ocorrer, como jogar lixo em local inapropriado, essas áreas também podem atrair animais à procura de alimento ou estadia, ao passo que as poluições são cada vez mais geradas tanto pela rodovia em si quanto por essas áreas.

Além das consequências geradas pelas atividades descritas acima, a existência dessas áreas antrópicas impede a transição natural de animais, o que caracteriza o efeito de borda e a diminuição da permeabilidade na matriz paisagística, além de gerar a perda de biodiversidade nas áreas do entorno. Paralelamente a isso, o constante crescimento das regiões antrópicas gera cada vez mais perdas de habitat e pressiona cada vez mais as delimitações das áreas de interesse ambiental, as quais também são ameaçadas pelo aumento da incidência de incêndios, que podem ser gerados a partir de fogueiras, bitucas de cigarro, concentração de folhas e galhos secos, entre outros motivos.

6.1.3 Início e/ou Aumento do Tráfego de Veículos

O próprio tráfego de veículos, resultado entre a existência da rodovia e o interesse humano pela região, traz diferentes consequências para o meio ambiente. Com o tráfego, há o risco de atropelamento da fauna silvestre; há a geração de poluições sonora, luminosa e atmosférica pelos veículos; há a chance de propagação de espécies exóticas (como o abandono de cães e gatos); e há o aumento de atividades extrativistas (devido ao alcance a locais remotos).

Por causa dos impactos gerados pelas atividades descritas acima, muitas espécies são atingidas direta ou indiretamente, o que acaba resultando na perda de biodiversidade. Ademais, um dos motivos que levou ao aumento da incidência de incêndios é o ato de jogar bitucas de cigarro pela janela dos veículos, o que está diretamente relacionado ao fluxo veicular.

6.1.4 Atração de Animais para a Rodovia

Um dos principais meios da geração de impactos é a própria atração da fauna em direção à rodovia. Porém, essa atração ocorre principalmente devido às áreas antrópicas e ao tráfego de veículos, como por exemplo os animais “granívoros que se beneficiam do derramamento de grãos do transporte de cargas e os insetos que são atraídos pela luz dos faróis dos veículos” (EIA BR-392; 2022), assim como os animais sinantrópicos que são atraídos pelos resíduos gerados das atividades humanas. Além disso, a própria existência da rodovia pode atrair os animais que costumam se movimentar por trilhas ou caminhos retilíneos, como o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*).

Com a proximidade do animal da via, as chances de atropelamento aumentam e, com isso, o número de carcaças na beira de estradas pode também aumentar. Essas carcaças podem atrair animais carniceiros (necrófagos), os quais também correm o risco de serem atropelados, gerando assim um ciclo. Além disso, a concentração desses animais sobre a carcaça também gera um aumento na competição pelo alimento e, dependendo do nível de putrefação da carcaça, há o risco de transmissão de doenças e parasitas. Dependendo do animal que foi atraído para a beira da estrada, caso seja de interesse humano, esse indivíduo também corre o risco de ser caçado ou capturado, o que estimula a ocorrência de atividades extrativistas.

6.1.5 Atropelamento de Fauna Silvestre

A principal e mais famosa causa de impactos sobre a fauna é o atropelamento dos animais silvestres. Na fase de construção da rodovia, o atropelamento pode ocorrer pela colisão entre os maquinários e os animais. Porém, na fase de operação, o atropelamento ocorre pela influência de outras 3 causas relacionadas: a existência da rodovia, o tráfego de veículos e a atração de animais para a rodovia.

A principal consequência do atropelamento é a morte do animal, principalmente devido à diferença de tamanho com o veículo ou à velocidade que o veículo se encontrava no momento da colisão. A depender das taxas de atropelamento de uma determinada espécie, caso essas taxas sejam altas, a sua população pode diminuir com o tempo, podendo levar à extinção local daquela espécie. Caso a carcaça do animal não seja retirada da pista e demore a ser decomposta, ela pode se tornar um alvo para parasitas e transmissores de doenças.

Já os indivíduos que sobrevivem geralmente sofrem com algum tipo de transtorno físico ou psíquico após a colisão, como amputação de membros, danos a órgãos internos ou aumento dos níveis de estresse e/ou medo àquele local. Com isso, os indivíduos sobreviventes correm o risco de não retornarem à vida selvagem por não conseguirem realizar funções básicas, como locomoção, alimentação ou outros, tendo de ser alocados em centros de reabilitação ou centros de vida selvagem.

Além disso, os animais também correm o risco de serem capturados após o acidente. Ao encontrar um animal machucado, é indicado que ele seja retirado da pista (caso se encontre no meio dela, a fim de reduzir as chances de um novo acidente) e que seja contatado algum profissional especializado, como a Polícia Rodoviária, a Polícia Militar Ambiental, o Corpo de Bombeiros, a concessionária da rodovia ou o Centro de Controle de Zoonoses. Porém, caso essa recomendação não seja seguida e caso o responsável pelo acidente tenha má índole, há a chance do animal ser capturado para domesticação ou comercialização ilegal. Assis et al. (2020) traz uma discussão sobre o comportamento inadequado de alguns motoristas:

A maioria dos atropelamentos de animais silvestres é acidental, mas alguns motoristas acertam os animais intencionalmente, especialmente aqueles que são culturalmente estigmatizados como os répteis e anfíbios. Os autores avaliaram a incidência do atropelamento de cobras em duas rodovias no Triângulo Mineiro, uma região de Cerrado no estado de Minas Gerais, Brasil. Foram colocadas nas beiras de cada rodovia 40 cobras (modelos pré-fabricados e carcaças de cobras) e 40 garrafas de plástico preenchidas com solo. O comportamento de desviar o veículo para acertar o objeto foi caracterizado como um atropelamento intencional. O esforço amostral foi de 160 horas. Foram observados atropelamentos intencionais, totalizando 23 cobras e 12 controles na rodovia BR-050 e 5 cobras e 5 controles na rodovia MG-223. Contrariamente ao esperado, os motoristas desviaram para atropelar algo. Carcaças e modelos foram acertados com a mesma frequência. As características das rodovias influenciaram no número de atropelamento intencional, a maioria delas ocorreram em pistas íngremes e foram causadas por caminhões. O estudo confirmou o comportamento de desviar da rota para atropelar algum animal silvestre como um ato intencional. (Assis et al., 2020)

As colisões podem ter diferentes efeitos de acordo com o animal em questão. Nos casos de portes médios e grandes, tanto os animais quanto os humanos sofrem com o acidente, já que o tamanho do animal pode causar danos irreversíveis para o veículo, podendo levar o motorista também a óbito. Infelizmente, esse quadro é oposto ao de animais de pequeno porte, os quais são os principais prejudicados na colisão justamente pela diferença de tamanho em relação ao veículo. Além disso, o formato da rodovia também pode gerar diferentes implicações. “Sabe-se, por exemplo, que anfíbios e répteis tendem a ser mais severamente impactados em estradas de mão-dupla e tráfego reduzido a moderado, enquanto aves e pequenos mamíferos são especialmente suscetíveis em rodovias largas e de alta velocidade” (EIA BR-158, 2007). O EIA da BR-101 relata os acidentes com os cachorros-do-mato, pois eles “ficam imóveis ao terem a

visão ofuscada pelos faróis dos veículos”, já o EIA da BR-158 cita “a concentração de aves granívoras junto ao leito de rodovias” devidos às “sementes despejadas pelos caminhões de carga”, o que aumenta o risco de colisão com essas aves.

Os médios e grandes mamíferos, por possuírem grandes áreas de vida percorrendo longas distâncias, acabam por atravessar diversas estradas com certa frequência para locomoção. Os tipos de aves que possuem maior probabilidade de sofrer colisões são as espécies que possuem voos baixos (como os passeriformes), as espécies que são atraídas por carcaças (como urubus e gaviões) e as espécies que estão caçando e se arriscam ao atravessar a via normalmente no período noturno (como as aves de rapina). Já os répteis, por serem ectotérmicos, ou seja, por precisarem regular a temperatura do corpo com fontes externas de calor (como pedras e rochas), acabam repousando sobre o asfalto aquecido da rodovia, ficando assim mais suscetíveis a atropelamentos, principalmente em trechos que cruzam corpos hídricos. Um exemplo é o caso das serpentes, “que são animais que sofrem com atropelamentos devido ao formato corporal alongado, à locomoção terrestre e a utilizarem as rodovias como locais para a termorregulação” (EIA BR-040, 2014). Por também serem ectotérmicos, os anfíbios também sofrem com maior ocorrência de atropelamentos em trechos que cruzam áreas úmidas e corpos hídricos, sendo essa taxa aumentada em épocas mais chuvosas.

Alguns animais podem se comportar como um pedestre e avaliar a situação da rodovia antes de se aproximar e atravessá-la. Mas para estradas com pouca visibilidade, como estradas de floresta e estradas que passam por grandes áreas de plantio, a suposição de que os animais realmente não enxergam a via ou como ela se apresenta é um ponto realista para a maioria dos animais (Jaarsma; Langevelde; Botma, 2006) Paralelamente a esses fatores, o empreendimento garante melhores condições de trafegabilidade na região, seja aumentando a velocidade média de trânsito dos veículos, seja aumentando a densidade do tráfego em si ou seja realizando um alargamento da pista. E, junto a isso, a incidência de atropelamentos também tende a aumentar.

6.1.6 Supressão da Vegetação

A supressão da vegetação é o ato de retirar parcelas de áreas de vegetação nativa e essa é uma ação inevitável para os empreendimentos de rodovia. A depender das obras a serem efetuadas para o empreendimento, a supressão da vegetação é necessária não só para a construção da rodovia em si, mas também para implantação de canteiros de obras, para abertura de acessos, para aterros, desvios e áreas de empréstimos e para demais atividades que demandam um local de implantação. Ressalta-se que

o desflorestamento diretamente causado pela fase de asfaltamento (construção) é de pequena magnitude. Os danos tendem a ser localizados nas áreas de canteiros de obras, áreas de manobra de máquinas, áreas de construção (obras de arte), áreas de bota-fora e jazidas. Tais danos sobre o meio biótico têm mais repercussão em casos específicos, como obras sobre rios e igarapés, com eventual perda da vegetação ciliar, interrupção de corredores de passagem de fauna ao longo das margens e mesmo na água, em casos onde possa ocorrer a obstrução da drenagem normal e causar assoreamento e turbidez (EIA BR-230, 2002).

Durante a realização das obras da rodovia, há chances da ocorrência de acidentes com animais silvestres, podendo causar a morte de alguns indivíduos. Ademais, os barulhos gerados acabam afugentando os animais próximos e mais sensíveis, além de aumentar os níveis de estresse animal. Conforme há o desenvolvimento das obras, novas áreas são alcançadas, tornando-se assim mais suscetíveis a interferências humanas. O acesso a novas regiões e a facilitação da mobilidade e do escoamento de produções locais são os principais motivos que trazem o interesse imobiliário, agropecuário, extrativista e/ou industrial para a região do empreendimento. Assim, áreas vegetadas são extraídas para o desenvolvimento dessas atividades junto com o aparecimento e crescimento de manchas urbanas.

“Algumas dessas áreas removidas podem ser importantes para diversos grupos da fauna, que as utilizam como pontos de parada (*stepping stones*) ou corredores durante deslocamentos entre remanescentes de habitat” (EIA BR-158, 2007). Além de diminuir a conectividade entre os remanescentes,

serão também eliminados ou alterados ambientes adjacentes à rodovia que são utilizados de forma regular por animais sedentários. Particularmente suscetíveis a esse impacto são espécies de pequeno a médio porte e reduzida capacidade de fuga, que habitam ambientes aquáticos ou áreas úmidas, e que são prejudicadas pela supressão da vegetação aquática, remoção ou soterramento das camadas superficiais do solo, drenagem de áreas alagadas e cursos d'água, e alagamento de habitats. Exemplos são os anfíbios em geral, quelônios e répteis fossoriais (EIA BR-158, 2007)

A perda dessas áreas vegetadas corresponde à perda de habitat dos animais que residiam nesses locais, além de que traz uma fragmentação na paisagem, isto é, divide áreas de vegetação nativa que antes eram contínuas. Essa fragmentação, causada pela existência da rodovia, impede que os animais a atravessem, gerando assim o aparecimento e/ou aumento do efeito de borda, impedindo a movimentação natural e livre dos animais. Além disso, a fragmentação também propicia o crescimento de espécies exóticas, gera a perda de espécies mais sensíveis, causa o isolamento genético de populações e interfere na dispersão de espécies florísticas por animais (como antas, primatas, morcegos, mutuns etc), os quais podem se tornar raros ou extintos nas áreas fragmentadas. No caso da Amazônia, por exemplo, a perda de sua vegetação diminui as taxas de evapotranspiração que, por efeito-cascata, reduz as precipitações, prolonga os períodos de seca, reduz os recursos hídricos e aumenta a vulnerabilidade a incêndios.

Enquanto a fragmentação de vegetação nativa ocorre principalmente na etapa de construção, na etapa de operação da rodovia ocorre principalmente a redução dos remanescentes vegetais. “Estradas asfaltadas proporcionam acesso eficiente e ao longo de todo o ano às áreas servidas, estimulando o incremento da ocupação humana e de atividades econômicas nessas áreas” (EIA BR-158, 2007), sendo apontado por estudos que a perda de cobertura florestal é maior próxima a rodovias e estradas asfaltadas. Assim, as taxas de desmatamento aumentam conforme as melhores condições da via, potencializando a ocorrência de diversas situações, como: aumento da ocupação humana, especulação imobiliária, extração seletiva de madeiras, incêndios florestais e expansão de atividades agropecuárias. Com isso, as principais consequências causadas pelo desmatamento são: perda de produtividade, perda de biodiversidade (especialmente espécies endêmicas, ameaçadas de extinção, raras e pouco conhecidas), mudanças no regime de chuvas, mudanças no regime hidrológico, alterações climáticas, emissões de gases estufa, aumento do risco de incêndios e maior fragmentação do habitat (caso ocorra). “Ainda, quando da supressão de vegetação, o material resultante desta atividade como galhos e fustes que fica muito tempo estocado e acaba por secar, torna-se material propício para início e propagação de incêndios, principalmente em temporadas com baixa precipitação hídrica” (EIA BR-392, 2022)

A perda e fragmentação de habitat, o aumento de incidência de incêndios e o aumento de áreas antrópicas diminuem em tamanho e em quantidade as áreas de vegetação nativa na região do entorno da rodovia, o que indica a diminuição da permeabilidade da matriz paisagística, dificultando a travessia de animais entre remanescentes de habitat. Nesses remanescentes, por diminuir tanto o espaço quanto os recursos disponíveis, há uma maior probabilidade de ocorrência de competições intra e interespecíficas. Além disso, como as rodovias transpassam por diferentes áreas naturais, também há um aumento da pressão sobre áreas de interesse ambiental (como Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais, Terras Indígenas, Unidades de Conservação e Corredores Ecológicos).

A construção e a operação de rodovias geram uma interrupção no habitat das espécies, que pode prevenir ou restringir o movimento de animais que evitam clareiras ou outros distúrbios causados pelo tráfego, atuando como um filtro ou barreira. Diferentes tipos de movimento animal podem ser afetados pela rodovia, desde aqueles diários para acessar recursos importantes, a migrações sazonais de populações ou eventos de dispersão (EIA BR-392; 2022)

6.1.7 Atração e/ou Propagação de Espécies Exóticas

Espécies exóticas são as espécies de animais que não seriam naturalmente daquele local, englobando animais domésticos (como cães e gatos), animais sinantrópicos (como ratos, pombos, morcegos, baratas e escorpiões), animais de sítios e fazendas (como cavalos, porcos, galinhas e vacas), entre outros. Esses animais geralmente advêm de áreas antrópicas, sendo alguns dispersados devido ao tráfego de veículos na região (como os animais domésticos trazidos de longe que são abandonados na rodovia). Os animais sinantrópicos são aqueles que conseguem se adaptar aos humanos e aos ambientes urbanos e, embora alguns possam ser encontrados no meio silvestre (como os gambás), são atraídos pelos resíduos encontrados nas beiras de rodovias, principalmente restos de alimentos. Outra forma de atrair espécies exóticas é pelas consequências da supressão da vegetação, que acaba gerando clareiras, as quais afastam os animais silvestres, disponibilizando essas áreas para outros animais, como os pastoris.

Além dos motivos citados, um importante fator que influencia na propagação de espécies exóticas é o próprio comportamento humano. Um grande exemplo é o javali (*Sus scrofa*), um animal trazido da Europa para consumação e comercialização da carne. Porém alguns indivíduos escaparam de seus criadouros e se estabeleceram no meio ambiente nacional, uma vez que não possuem predadores naturais no Brasil e encontraram alimentos abundantes, como frutos, sementes, folhas, raízes, ovos e outros animais. Assim, suas populações cresceram rapidamente, tornando-se uma ameaça ao equilíbrio ambiental, aumentando a competição com outras espécies e transmitindo novas doenças. O EIA da BR-392 traz a problematização do javali, uma vez que essa espécie é uma das invasoras mais preocupantes para o estado do Rio Grande do Sul.

Alternativamente, a influência positiva das rodovias sobre a ocupação do javali pode ser um resultado dos javalis usarem as rodovias como corredores para facilitar o movimento por áreas florestais; as rodovias são frequentemente localizadas em vales que, junto a rios e lagos, são usados preferencialmente por javalis para sua expansão pela Patagonia. (EIA BR-392, 2022)

Essa relação entre javali e rodovia é similar ao caso de ratos. Gatto-Almeida et al. (2020) traz uma discussão sobre os ratos advindos de outros países que entram no Brasil pelo porto de Paranaguá - PR. Como resultado, constatou-se que nenhuma espécie exótica de roedor foi capturada dentro dos ambientes florestais, mas sim em suas bordas, em áreas urbanas e próximos a estradas. Dentre as espécies estudadas, a espécie *Rattus norvegicus* foi quem apresentou uma relação positiva com as estradas.

Como os navios, os caminhões podem transportar ratos acidentalmente, e esse tipo de dispersão provavelmente é frequente dentro e nos arredores dos portos, onde os caminhões são constantemente carregados por cargas e containers que podem estar infestados de roedores advindos de outros continentes. [...] Grandes quantidades de grãos, particularmente soja e milho, frequentemente caem dos caminhões nas beiras

das estradas ao longo de suas rotas, fornecendo aos roedores um recurso alimentício potencialmente importante. [...]

Isso indica que as áreas nas proximidades das estradas, onde a maior probabilidade de ocupação foi registrada, deveriam ser prioridade nas medidas implantadas pelas autoridades locais para o controle da população de ratos. Como essas características das estradas de acesso ao porto provavelmente não são exclusivas de Paranaguá, deveria ser advertido para outros portos priorizarem essas estradas de acesso para o monitoramento de roedores e medidas de controle. (Gatto-Almeida, 2020)

A presença de espécies exóticas no meio ambiente aumenta as competições com outras espécies, podendo gerar conflitos com outros animais, o que pode resultar na morte do concorrente ou em transtornos físicos (como mordidas e dilaceramentos) e psíquicos (como estresse, raiva e medo), afetando, assim, a biodiversidade da região. Por não serem naturais da região, as espécies exóticas podem transmitir novas doenças e podem acabar consumindo recursos naturais de modo que o meio ambiente local não consiga compensar, podendo gerar assim uma perda da qualidade daquele habitat e, junto a isso, trazer maior pressão sobre as áreas de interesse ambiental.

6.1.8 Geração de Poluições

Seja na etapa de construção ou de operação da rodovia, diferentes tipos de poluição são gerados: sonora, luminosa, atmosférica, térmica, hídrica e do solo.

A poluição sonora é causada tanto na etapa de construção (pela mão de obra contratada e pelos maquinários) quanto na etapa de operação da rodovia (pelos motores dos veículos e pelas altas velocidades). “A alteração do ambiente sonoro pode causar o afugentamento de animais na área afetada, assim como causar modificações no modo de vida e utilização do ambiente, afetando principalmente os animais que utilizam a vocalização para comunicação” (EIA BR-101, 2014), junto com o aumento do estresse e a diminuição da percepção auditiva (principalmente na hora da caça).

Sobre a poluição atmosférica, o início e/ou aumento do tráfego de veículos altera a qualidade do ar devido às emissões de poluentes.

A alteração da qualidade do ar pode interferir na saúde de espécies suscetíveis à exposição de vapores de substâncias tóxicas, podendo apresentar efeitos nocivos no sistema nervoso central, coração e pulmões, comprometimento das células do trato gastrointestinal, redução da habilidade de digestão e problemas reprodutivos (Berti et al.2009). (EIA BR-101; 2014)

A poluição luminosa é causada pela iluminação artificial dos faróis dos veículos e dos postes na via, afetando especialmente os animais de hábitos noturnos, uma vez que podem ser

vistos por suas presas (dificultando sua alimentação) ou podem ser atropelados, como o caso do cachorro-do-mato que fica imóvel ao encarar as luzes do farol do carro.

Sobre a poluição hídrica, caso o empreendimento cruze ou se aproxime de cursos d'água, o meio aquático também sofrerá os impactos advindos das rodovias. Esses impactos atuam diretamente sobre o meio físico (alterando turbidez, temperatura, oxigênio dissolvido e condutividade), o qual terá influências sobre a fauna aquática. Por exemplo, caso tenha derramamento de óleos e graxas nos leitos dos rios, o oxigênio não seria mais transferido da atmosfera para a água devido à camada desses contaminantes na superfície, causando “diminuição de oxigênio, eutrofização do ambiente aquático e poluição, os quais podem impactar os animais, causando asfixia e dificuldades de locomoção, além de impossibilitar a realização da fotossíntese por parte dos organismos vegetais e fitoplâncton” (EIA BR-101, 2014).

A poluição térmica relacionada a rodovias se baseia no aumento excessivo da temperatura no solo e no próprio pavimento. Porém esse aumento não atinge todos os animais da mesma maneira. Os anfíbios e os répteis são os mais vulneráveis, já que são ectotérmicos e buscam a pista para se esquentar. Mas, dependendo do dia e da temperatura, esse banho de sol pode se tornar uma armadilha. Os demais animais terrestres também correm o risco de levarem queimaduras ao tentarem atravessar a rodovia durante o dia.

Já a poluição do solo se caracteriza principalmente pela concentração de resíduos e de lixo jogados no entorno da pista. Essa situação pode atrair outros animais que estão à procura de alimentos ou de abrigos (como caixas de papelão), aproximando-os das pessoas e de situações de perigo.

6.1.9 Soterramentos

Durante a realização das obras da rodovia, muitas mortes podem ser causadas por soterramentos relacionados às movimentações de terra necessárias para a construção. Porém, a quantificação desse impacto ainda não é possível, já que “as mortes são difíceis de serem observadas e não há evidências na literatura que abranjam sua magnitude” (EIA BR-392, 2022). Além disso, os animais sobreviventes (se tiver) acabam sofrendo traumas e possuem chances de também perderem partes do corpo caso haja rochas nessas movimentações de terra, por exemplo.

6.1.10 Início e/ou Aumento de Atividades Extrativistas

As atividades extrativistas são aquelas que retiram recursos naturais (vegetal, animal ou mineral) do meio ambiente. Em relação à fauna, as atividades extrativistas correspondem à caça, à pesca e à captura de animais silvestres, cujos usos englobam alimentação, comercialização, entretenimento, domesticação ilegal e tráfico de animais. Embora essas atividades ocorram independentemente da existência de rodovia na região, a existência da pista traz acessibilidade a novas regiões com potencial de serem exploradas, trazendo assim o início do extrativismo em alguns locais (antes isolados) ou o seu aumento naqueles onde já há esse hábito.

A influência da etapa de construção da rodovia não ocorre pelas próprias obras, mas sim pelos trabalhadores em seus momentos de folga e descanso. Como muitas vezes as rodovias atravessam grandes áreas vegetais, os trabalhadores recebem residência ou alocação temporária em localizações mais próximas a essas áreas naturais. “Os dias de folga dos trabalhadores deverão constituir-se nos períodos preferenciais para a prática dessas atividades” (EIA BR-158, 2007)

Por mais que o extrativismo seja uma atividade temporária para os trabalhadores da obra, ela acaba se tornando uma atividade recorrente para os moradores da região. Consequentemente, as áreas antrópicas junto com a melhoria das condições de trafegabilidade da estrada (assim como o aumento do tráfego de veículos) possuem forte influência, “o que poderá tornar comum as atividades de captura de animais silvestres e manutenção destes em cativeiro ou comercialização, sendo que este último, em alguns casos é complemento de renda para a população regional” (EIA BR-040, 2014)

Nos casos de animais abundantes, caso as mortes ou as capturas sejam muito numerosas e/ou frequentes, há o maior risco de diminuição das populações locais e, consequentemente, uma maior chance de extinção local de algumas espécies, perdendo assim a biodiversidade regional. Nos casos de espécies raras, endêmicas ou em risco de extinção, por representarem espécies sensíveis ao extrativismo, esses riscos são ainda maiores, ao passo que, por serem animais protegidos por lei, nesses casos as atividades são ilegais. Dependendo do método utilizado, as práticas extrativistas podem trazer outros tipos de impactos: o afugentamento de animais (como nos casos em que há o espanto pelo som advindo de armas de fogo) e as alterações físicas e psíquicas em indivíduos (como nos casos de sobreviventes de armadilhas instaladas). Por serem atividades de alto impacto ambiental, elas também acabam trazendo uma

maior pressão sobre as áreas de interesse ambiental. Como por exemplo, no caso da pavimentação da BR-158,

O diagnóstico ambiental do empreendimento revelou a presença ou ocorrência potencial de vários grupos animais cujos representantes constituem peças de caça comuns em diversas regiões do Brasil onde essa atividade é registrada. Como exemplos, podem-se citar os tatus, os cervídeos (veados e cervos), os porcos-do-mato, a anta, a paca e a capivara, entre os mamíferos; os tinamídeos (macucos e inhambus), cracídeos (mutuns, jacus e jacutingas) e tucanos, entre as aves, e os jacarés, quelônios (cágados e tartarugas) e lagartos de grande porte entre os répteis.

Outros animais silvestres presentes na região são perseguidos por receio de um suposto ataque a seres humanos, a criações domésticas ou a plantações, como é o caso dos felinos em geral, especialmente a onça-pintada, a onça-parda e a jaguatirica, e das aves de rapina de grande porte, em particular os gaviões-de-penacho (*Spizaetus spp.*). Como alvos potenciais da captura para o comércio de animais silvestres, destaca-se na região a jiboia (*Boa constrictor*), muito procurada como animal de estimação, e principalmente alguns grupos de aves, notadamente o dos psitacídeos, representado por diversas espécies de araras, maracanãs, papagaios e periquitos, dos traupídeos (saíras, saís e afins) e dos pássaros canoros (sobretudo coleiros e curiós). (EIA BR-158, 2007)

6.1.11 Existência da Rodovia em Si

Como fruto das obras de construção, a própria existência da rodovia gera consequências, como a constante presença de tráfego de veículos. Como comentado anteriormente, as estradas podem atrair animais e isso pode gerar colisões com veículos, além de dar acessibilidade a novas regiões, aumentando o índice de atividades extrativistas.

Por ser uma estrutura de longa distância, as rodovias fazem com que a fragmentação da paisagem seja contínua, gerando o efeito de borda, a diminuição na permeabilidade da matriz paisagística e o isolamento de espécies. Além de que as espécies mais sensíveis podem fugir da região devido à perda de qualidade dos seus habitats, tendo como consequência a perda de biodiversidade local. Seja por suas causas secundárias ou por seus impactos, a rodovia também é um meio de pressionar as áreas de interesse ambiental. Ademais,

A construção de rodovias gera perda de conectividade de habitat para a fauna de cursos d'água, pois altera o fluxo e o transporte de sedimentos, bem como a hidrodinâmica. Essa alteração cria um efeito de barreira para espécies aquáticas que não conseguem mais se movimentar para porções a montante do curso d'água, limitando o alcance a importantes locais de reprodução, refúgio e alimentação. A interrupção do movimento da fauna aquática leva ao isolamento e à diminuição de populações (EIA BR-392, 2022).

6.2 PRINCIPAIS EFEITOS

A partir das causas acima, há a possibilidade da ocorrência de 19 impactos, seja de forma direta (a causa gerando o efeito) ou indireta (por meio de outras causas ou outros impactos,

gerando uma reação em cadeia). As relações e conexões entre os impactos estão representadas na Rede Circular de Interações entre Impactos (Apêndice IV). Ressalta-se que os efeitos foram identificados a partir dos EIAs analisados, podendo existir outros não citados nesses estudos.

- 1) **Morte de Indivíduos**: É o impacto irreversível mais comum ao analisar os efeitos das rodovias sobre a fauna, estando atrelado a todas as causas direta ou indiretamente.
- 2) **Captura de Indivíduos**: É um impacto possível, porém não é muito desenvolvido nos EIAs. A captura de indivíduos geralmente ocorre por alguma atividade extrativista (caça, pesca ou captura para domesticação), mas também pode estar relacionado a outras causas. Após um atropelamento, por exemplo, caso o animal atingido sobreviva, ele pode ser facilmente capturado por não estar em condições de fugir ou se defender. Mesmo nos casos em que o animal está saudável, ele corre o risco de ser um alvo, principalmente quando é atraído para perto das rodovias. No fim, a captura possui consequências similares às de morte de indivíduos, pois ambas representam meios diferentes de perda de espécimes.
- 3) **Alterações Físicas e Psíquicas**: Esse impacto geralmente ocorre quando o animal passa por uma situação traumática, envolvendo acidentes com veículos, armadilhas de caçadores, produtos de poluições (como excesso de ruídos, resíduos e luzes) e outros aspectos. Alguns exemplos de alterações físicas e psíquicas são a amputação de membros (o que pode gerar dificuldade ou incapacidade de locomoção), asfixia e danos a órgãos internos (o que pode gerar dificuldade ou incapacidade de respiração e alimentação), diminuição da vocalização e da percepção auditiva devido à poluição sonora (o que pode gerar dificuldade ou incapacidade de comunicação), aumento do estresse e do medo (o que pode gerar diminuição da saúde mental do animal), entre outros exemplos.
- 4) **Afugentamento de Fauna**: É o impacto que corresponde ao ato de fuga do animal. Essa fuga pode ser causada de forma proposital (como para evitar acidentes durante a supressão de vegetação) ou de forma acidental (como consequência da geração de poluição). Além disso, também pode ser causada devido às atividades extrativistas ou devido à própria existência da rodovia (nos casos de espécies mais sensíveis).
- 5) **Aumento das Competições Intra e Interespecíficas**: As competições intraespecíficas são aquelas que ocorrem entre indivíduos de uma mesma espécie, enquanto as competições interespecíficas são entre espécies diferentes. Essas competições podem ser causadas de diferentes maneiras, por exemplo, pode ser por restrição do espaço disponível (por supressão da vegetação), por aumento de concorrência (pela atração de animais ou

introdução de espécies exóticas) ou por limitação dos recursos disponíveis para abrigo e alimentação.

- 6) **Isolamento de Espécies**: É um impacto gerado pela separação física de populações animais. Essa separação pode ocorrer devido a barreiras físicas (as quais impedem os animais de se aproximarem da pista), à própria existência da rodovia (pelo efeito de borda) ou ao uso e ocupação do solo por áreas antrópicas.
- 7) **Diminuição de Populações**: É um impacto que está diretamente relacionado às perdas de espécimes. Ao passo que essa diminuição pode trazer a extinção local de espécies e a perda de biodiversidade, ela também é causada pela morte e captura de indivíduos, pelo afugentamento de fauna, pelo isolamento de espécies, pelo efeito de borda e pelo aumento da incidência de incêndios.
- 8) **Extinção Local de Espécies**: É o impacto que corresponde ao desaparecimento de indivíduos de uma determinada região natural.
- 9) **Perda de Habitat**: A perda de habitat é causada principalmente pela supressão da vegetação advinda das obras de construção da rodovia e da expansão das áreas antrópicas. O único outro impacto que pode gerar a perda de habitat é a fragmentação da vegetação.
- 10) **Fragmentação de Habitat**: Corresponde à ruptura da continuidade da paisagem
- 11) **Perda de Qualidade de Habitat**: Mesmo que um habitat não sofra com perda de espaço ou fragmentação desse, as consequências advindas de outras situações (como as poluições geradas) podem fazer com aquele local não seja mais adequado para o desenvolvimento de alguma espécie. Gerando, assim, a perda de qualidade do habitat.
- 12) **Perda de Biodiversidade**: Corresponde à redução de diversidade biológica, seja diminuindo a diversidade genética de uma espécie ou a riqueza de espécies encontradas na região.
- 13) **Perda de Diversidade Genética de uma Espécie**: Corresponde à baixa variedade de genes dentro de uma espécie, o que faz com que os indivíduos da espécie em questão tenham menos chances de se adaptar às mudanças ambientais (Orland et al; 2022)
- 14) **Diminuição da Riqueza de Espécies**: Corresponde à diminuição do número de espécies diferentes que podem ser encontradas naquela região.
- 15) **Aumento de Incidência de Incêndios**: É um impacto evitável, porém com forte ocorrência. A grande maioria dos casos de incêndios costuma ser causada por negligência humana, seja em relação ao maquinário (o qual pode lançar faíscas na vegetação) ou a maus hábitos (como fumar e jogar a bituca no mato). Porém, as consequências do fogo são enormes, uma vez que pequenos animais terrestres não conseguem fugir das chamas, tendo

que se abrigar em algum local seguro, ao passo que animais grandes e espécies voadoras possuem maiores chances de fugirem. (Lacet; Olifiers; Bueno, 2023)

- 16) **Efeito de Borda**: Como uma das consequências do desmatamento, o efeito de borda (ou efeito-barreira) é causado pelas margens do empreendimento, sendo caracterizado por impedir o fluxo natural de movimentações de fauna. “Na escala populacional, o efeito de barreira das estradas tende a criar metapopulações pela divisão de populações originalmente contínuas em outras menores e parcialmente isoladas, o que pode levar a distúrbios de ordem demográfica e genética e a uma probabilidade maior de extinção” (EIA BR-158, 2007). Além disso, esse efeito varia de acordo com a localização, pois ele pode receber influências de acordo com: o grau de utilização da rodovia, o volume de tráfego, a forma do fragmento vegetal, as características da paisagem e a estrutura e densidade da borda. Embora seja um impacto inevitável, ele não afeta todas as espécies de fauna. Os animais estritamente arborícolas, como os primatas, veem as grandes rodovias como intransponíveis e, ao tentar atravessá-las, estão mais suscetíveis tanto à predação quanto às colisões com os veículos. Os répteis e os anfíbios, por serem ectotérmicos, muitas vezes não conseguem atravessar as estradas devido às altas temperaturas do pavimento. Dentre as aves, as terrícolas e/ou insetívoras são as que mais sofrem com esse impacto, já que a largura da via os impede de atravessar e os insetos desviam do asfalto no seu percurso.
- 17) **Diminuição na Permeabilidade da Matriz de Paisagem**: A matriz paisagística corresponde ao uso e ocupação do solo na região de influência do empreendimento. Uma matriz permeável é aquela que permite a livre circulação de animais entre fragmentos de vegetação quando não há corredores ecológicos bem definidos. Além disso, uma matriz também pode ser parcialmente permeável, isto é, permitindo a livre circulação de algumas espécies apenas, fazendo com que alguns locais na paisagem sirvam de filtros para as espécies menos sensíveis (Morsello, 2015). Com isso, a substituição de áreas naturais por áreas construídas diminui a permeabilidade na matriz, o que ocorre não apenas com a construção da rodovia, mas também com as áreas em seu entorno que são diretamente afetadas para a instalação de atividades antrópicas.
- 18) **Pressão sobre Áreas de Interesse Ambiental**: A construção e expansão da rodovia, junto com áreas antrópicas, são fatores que podem trazer algum tipo de pressão física sobre as áreas de interesse ambiental, devido às próprias construções. Porém, além disso, outros fatores também podem gerar algum tipo de pressão. As atividades extrativistas, por exemplo, colocam em risco todas as espécies vegetais e animais devido às práticas de caça, pesca, coleta e captura. Já as poluições geradas podem afetar diversas espécies que estão

distantes da rodovia, devido ao excesso de barulho ou às alterações das condições do ar. Assim, as áreas de interesse ambiental sofrem pressões de diferentes situações.

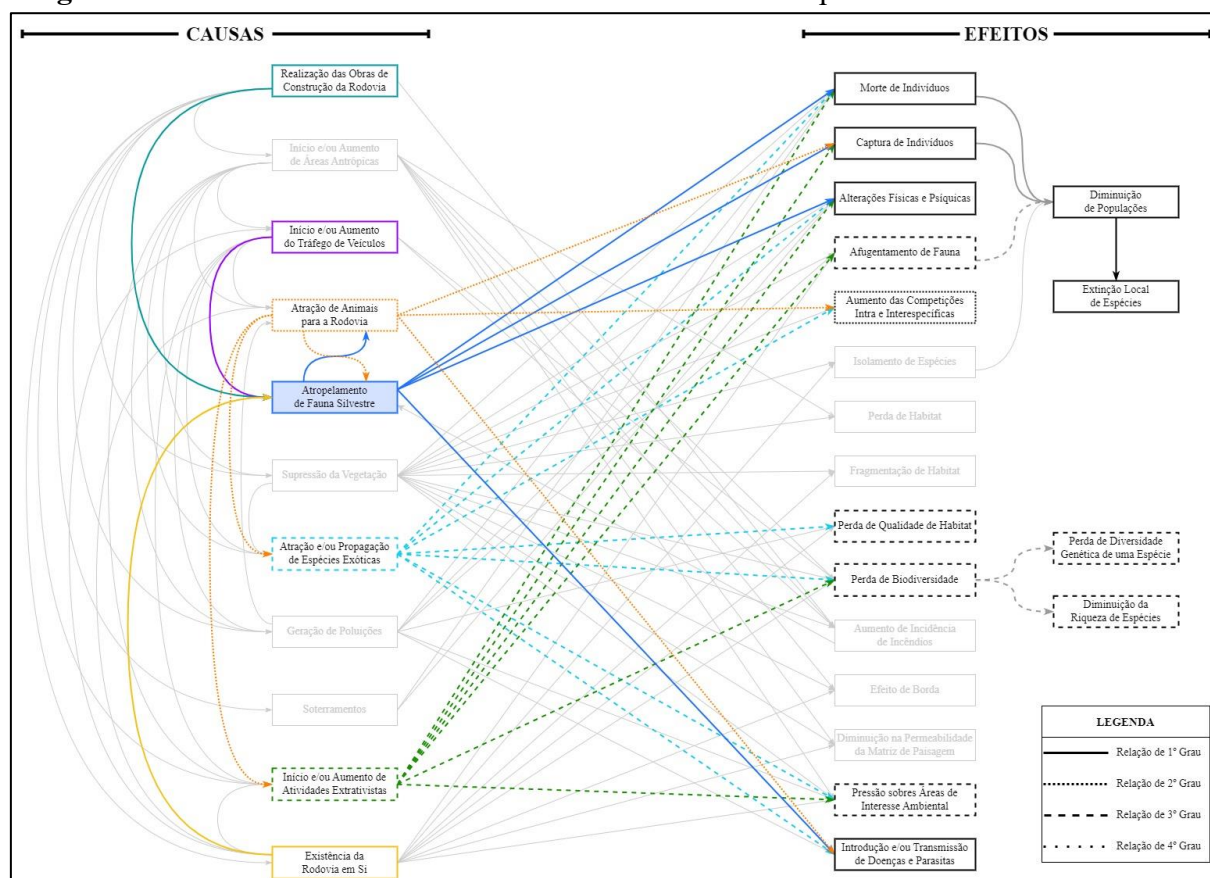
- 19) **Introdução e/ou Transmissão de Doenças e Parasitas**: Como a rodovia dá acesso a novas áreas antes isoladas, é possível que novas doenças ou parasitas sejam introduzidos ou transmitidos a regiões antes não afetadas. Os agentes vetores de doenças e os parasitas podem ser disseminados por meio de pessoas, de espécies exóticas (principalmente animais domésticos), de situações insalubres geradas pelas poluições, de carcaças na via, entre outros motivos.

6.3 ANÁLISE-EXEMPLO DAS REDES DE INTERAÇÃO

Como pode-se perceber pelas redes de interação (Apêndices III e IV), há diversas conexões entre todos os tópicos citados, o que representa diferentes reações em cadeia. Para um melhor entendimento de como analisar essas redes, abaixo estão sendo apresentados como exemplos três casos: de Atropelamento de Animais Silvestres, de Supressão da Vegetação e de Geração de Poluições.

Como uma forma de interpretar a reação em cadeia, primeiro deve-se atentar que o item em questão pode estar relacionado a diferentes etapas do empreendimento, seja na construção ou na operação da via. A partir disso, analisa-se as causas relacionadas ao item e depois as consequências (isto é, os impactos). Por fim, analisa-se as conexões entre os impactos, as quais estão apresentadas nas redes de interação circulares (figuras 16, 18 e 20). Paralelamente ao Apêndice III (Rede entre Causas e Efeitos), as figuras 17, 19 e 21 trazem de forma destacada as relações entre causas e efeitos envoltas de cada um dos três assuntos selecionados. Ressalta-se que as cores nas imagens são apenas indicativos de onde aquela seta está saindo, não atrelando nenhum peso ou significado adicional à reação em cadeia representada.

Figura 15 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Atropelamento de Fauna Silvestre



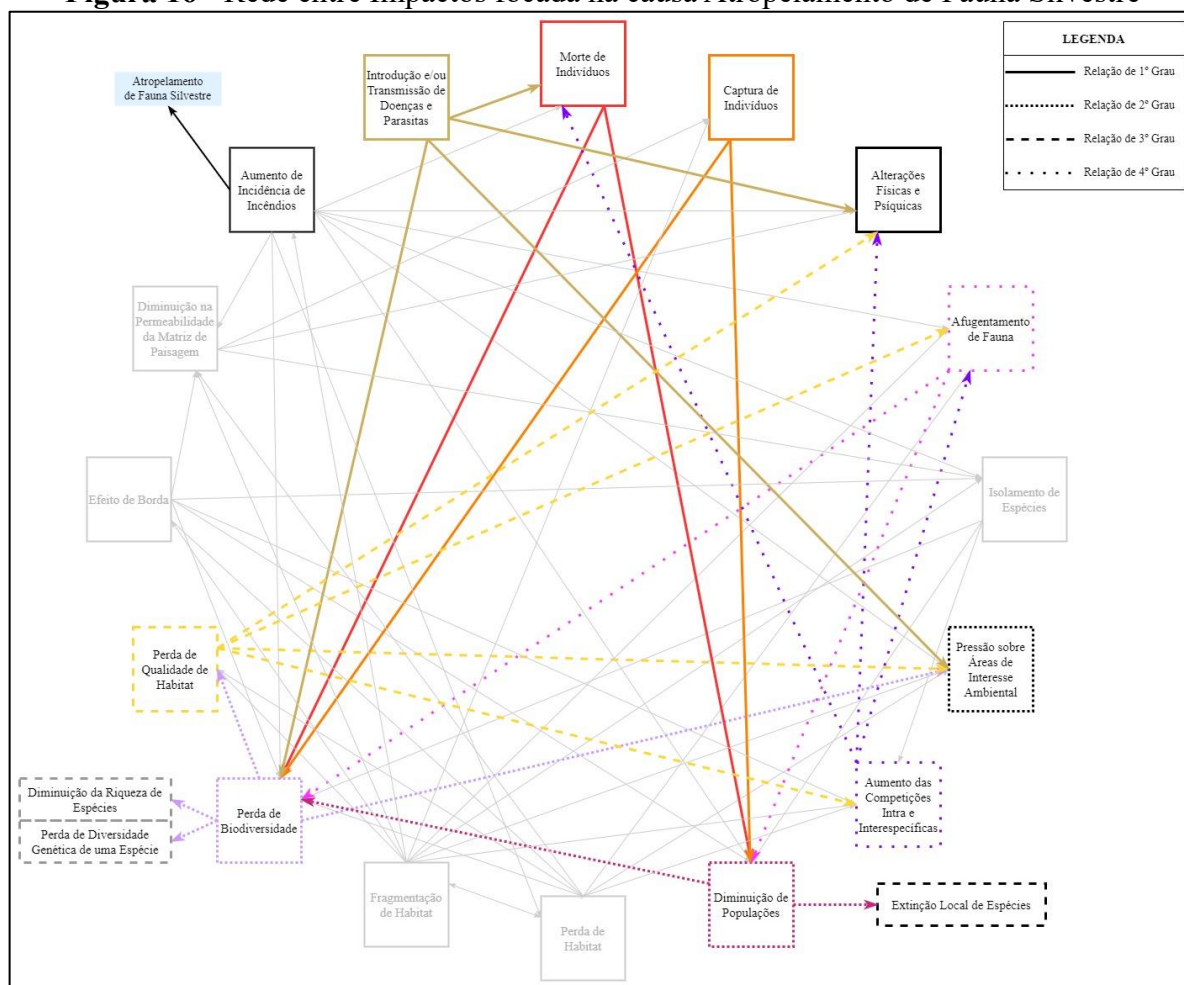
Fonte: Autoria Própria (2023)

Os casos de atropelamentos não envolvem apenas a colisão entre o animal e os veículos comuns (carros, motos, caminhões e ônibus), mas também a colisão com maquinários e tratores, os quais estão presentes na etapa de construção da rodovia; por isso a causa “Realização das Obras de Construção da Rodovia” está presente na imagem. Já na etapa de operação, para que aconteça o atropelamento, é preciso a junção de três fatores: a Existência da Rodovia em Si, um fluxo de veículos e um animal presente na pista. O Aumento do Tráfego de Veículos, por indicar uma maior quantidade de veículos na região, acaba aumentando também as chances da ocorrência de algum atropelamento. A presença de animais na pista é um risco presente em todas as rodovias, principalmente em locais próximos a áreas protegidas. Os motivos que levaram o animal àquele ponto podem ser variados, como simples travessias para locomoção, busca por alimentos na beira da estrada, perseguição de presas, entre outros. Porém, após a colisão, dependendo do tempo que decorrer, a carcaça pode atrair animais necrófagos (podendo incluir espécies exóticas), os quais também correm perigo de serem atropelados, gerando um ciclo entre o Atropelamento e a Atração de Animais para a Rodovia. Embora não esteja atrelado

diretamente ao atropelamento, a atração de animais pode gerar o início ou aumento das atividades extrativistas

Um outro fator que também gera atropelamentos de animais é a ocorrência de incêndios. Porém essa questão não foi abordada em nenhum dos EIAs, sendo apresentada por Lacet, Olifiers e Bueno (2023), onde foi analisada a relação entre incêndios próximos à rodovia (num trecho de 180 km na BR-040) e índices de atropelamento dos últimos sete anos. Como resultados, descobriram que há sim uma relação, tendo obtido um aumento de 144% nas taxas de atropelamento onde o fogo chegou a 1 km da pista, além de comprovarem que o número de atropelamentos em seções diretamente afetadas pelo fogo foi maior do que em seções vizinhas. Mesmo após os incêndios, diversas espécies apresentam algumas mudanças comportamentais, como por exemplo os predadores em áreas queimadas buscando por presas ou as salamandras se movimentando mais pelo ambiente buscando por um habitat melhor. Em relação à figura 15, esse contexto está representado pelo impacto “Aumento da Incidência de Incêndios” ligando-se em direção ao “Atropelamento de Fauna Silvestre”.

Agora, a partir dos efeitos diretos na figura 15, foi elaborada a rede da figura 16.

Figura 16 - Rede entre Impactos focada na causa Atropelamento de Fauna Silvestre

Fonte: Autoria Própria (2023)

A morte e a captura de indivíduos, por mais que sejam impactos diferentes, possuem consequências semelhantes por representarem a ideia de “perda de espécime”. Assim, essa perda gera diminuição de populações e, se agravada, pode resultar na extinção local de algumas espécies. As carcaças dos acidentes podem atrair insetos vetores ou parasitas, os quais podem se hospedar nos animais silvestres e/ou nos humanos, chegando a causar a morte de alguns indivíduos ou alterações físicas em seus corpos. Por colocar em risco diferentes espécies, esse impacto também gera uma pressão sobre as áreas de interesse ambiental. Como consequência da perda de indivíduos (por mortes, capturas ou doenças), há a perda de biodiversidade, sendo representada pela diminuição da riqueza de espécies e pela perda de diversidade genética de alguma espécie. A perda de biodiversidade pode gerar uma perda da qualidade daquele habitat, a qual pode gerar o afugentamento de alguns animais ou até mesmo o aumento de competições pelos recursos mais limitados. Abaixo estão descritos os impactos e seus respectivos graus de acordo com a reação em cadeia.

- Impactos de 1º Grau: Morte de Indivíduos; Captura de Indivíduos; Alterações Físicas e Psíquicas; Introdução e/ou Transmissão de Doenças e Parasitas.
- Impactos de 2º Grau: Diminuição de Populações; Perda de Biodiversidade; Pressão sobre Áreas de Interesse Ambiental
- Impactos de 3º Grau: Perda de Qualidade de Habitat
- Impactos de 4º Grau: Afugentamento de Fauna; Aumento das Competições Intra e Interspecíficas

Como outros exemplos, foram elaboradas as figuras 17 e 18 com foco para supressão de vegetação e as figuras 19 e 20 com foco para geração de poluições.

Figura 17 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Supressão da Vegetação

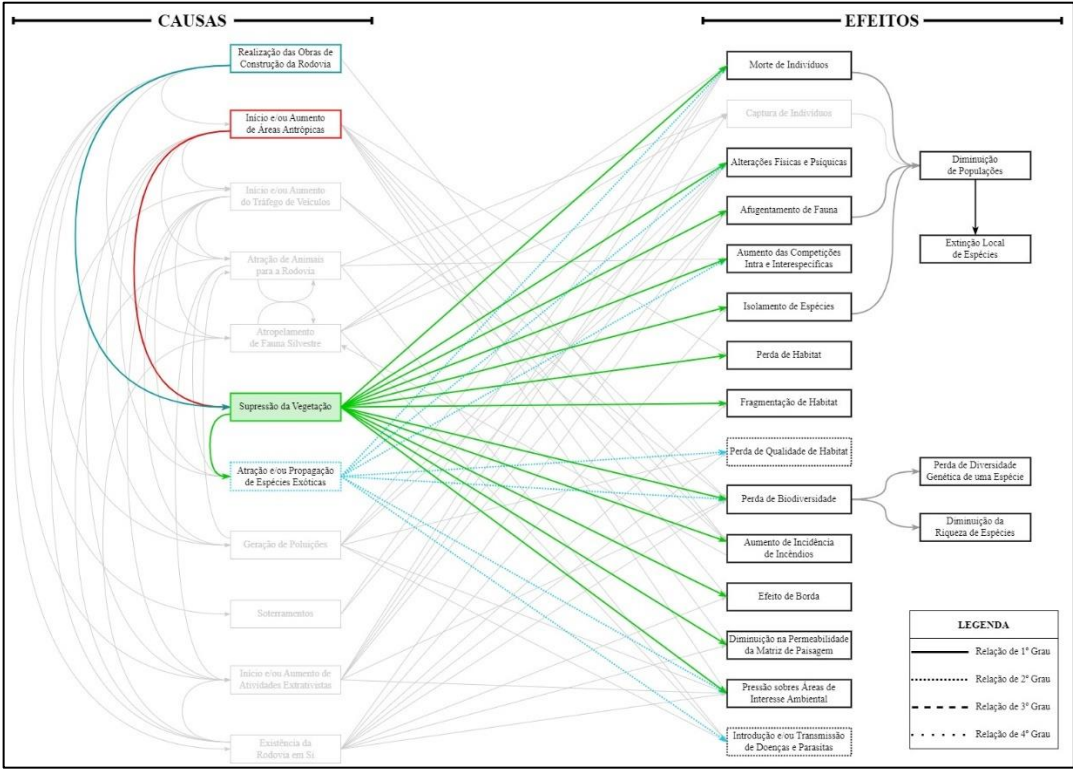


Figura 18 - Rede entre Impactos focada na causa Supressão da Vegetação

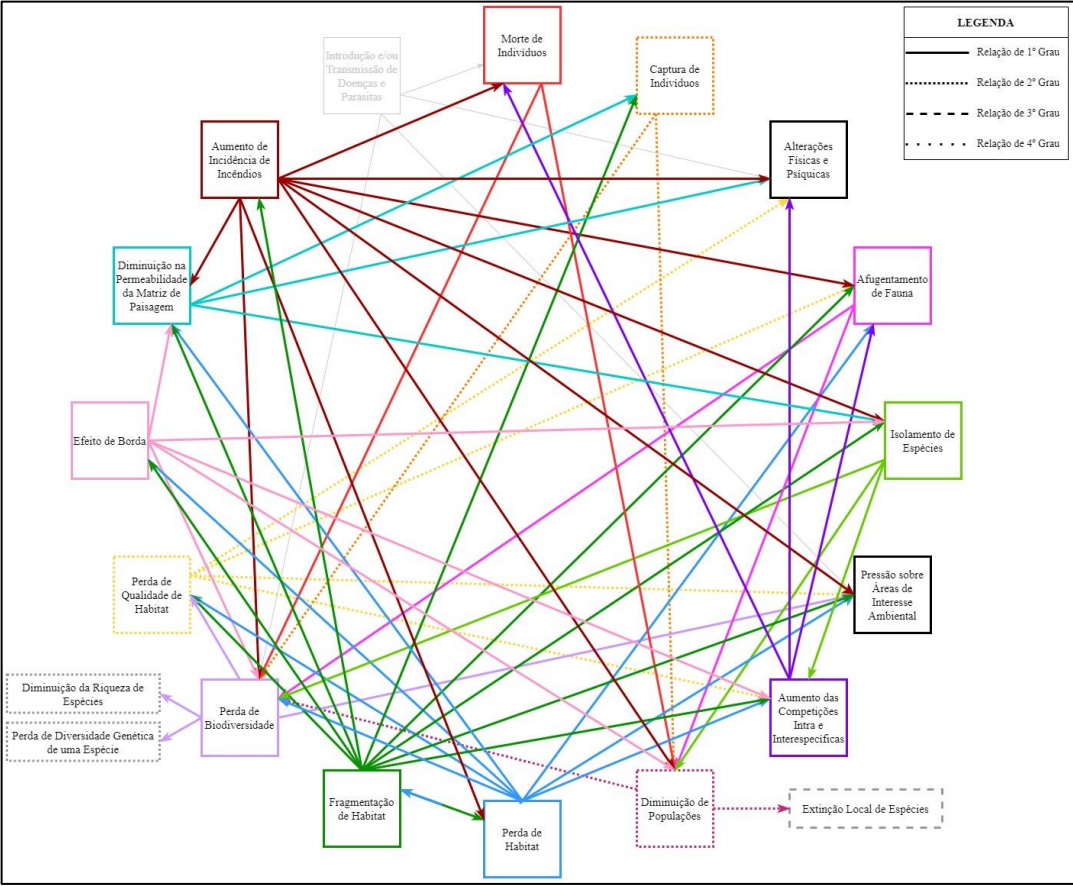


Figura 19 - Rede entre Causas e Efeitos focada na causa Geração de Poluições

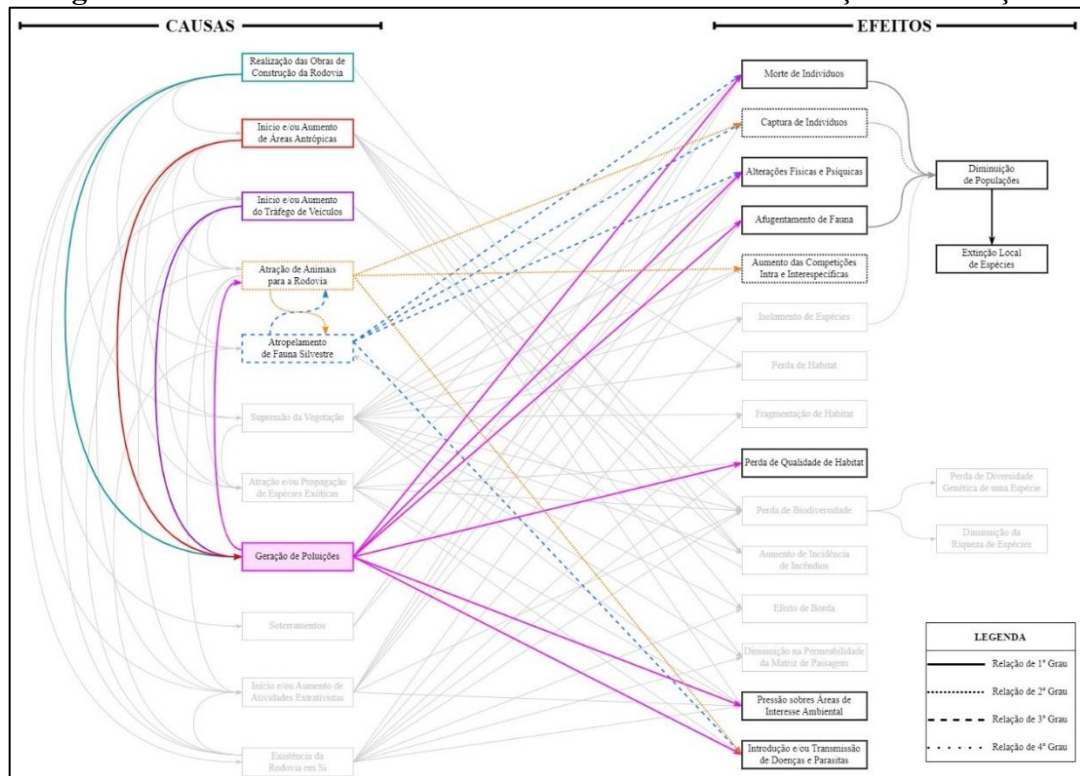
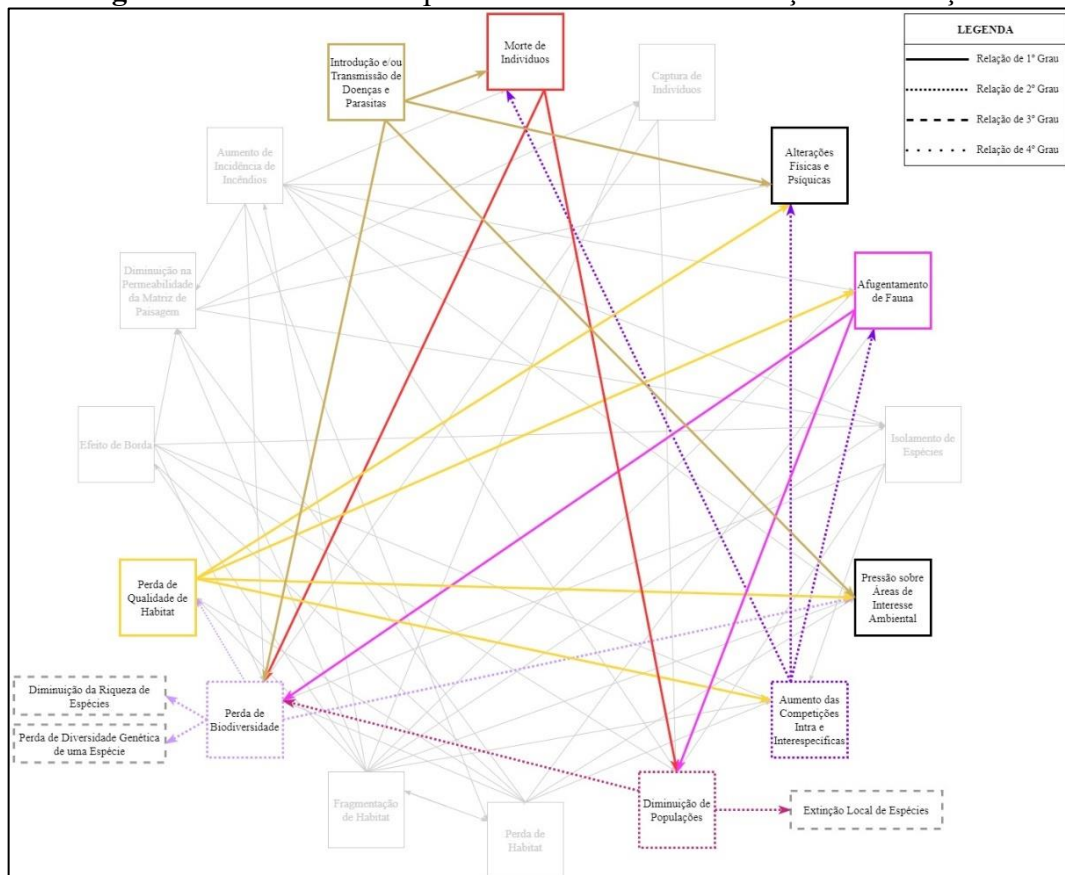


Figura 20 - Rede entre Impactos focada na causa Geração de Poluições



7 MEIOS DE MITIGAÇÃO DOS IMPACTOS

Os estudos de caso apresentaram os meios de mitigação em duas maneiras: propostas de medidas mitigadoras e propostas de programas de mitigação de impactos ambientais.

7.1 PROGRAMAS DE MITIGAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

A seguir, no quadro 8, estão apresentados os programas, para cada caso, que tenham influência direta sobre a fauna.

Quadro 8 - Programas de Mitigação Ambiental por Estudo de Caso

Programas de Mitigação		BR 040	BR 101	BR 158	BR 230	BR 376	BR 392
Programa de Gestão e Supervisão Ambiental (PGSA)		-	●	●	●	-	●
Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)		●	●	●	● ²	-	●
Programa de Proteção à Fauna (PPFau)	Subprograma de Monitoramento de Fauna	○	○			-	○ ³
	Subprograma de Mitigação dos Atropelamentos de Fauna	○	○	● ^{1,2}	● ¹	○ ³	○ ³
	Subprograma de Afugentamento e Resgate de Fauna	○	○			○ ³	-
Programa de Prevenção e Controle de Incêndios		● ²	● ²	● ²	●	-	-
Programa de Comunicação Social (PCS)		●	●	●	●	●	●
Programa de Educação Ambiental (PEA)		●	●	●	●	●	●
Observações	¹ É apresentado apenas o “Programa de Proteção à Fauna”						
	² É apresentado como subprograma						
	³ É apresentado como programa						
Legenda	● Refere-se aos Programas ○ Refere-se aos Subprogramas						

Fonte: Baseado nos Estudos de Caso

Além dos programas apresentados no quadro 8, os EIAs também indicam outros dois programas, mas que possuem uma relação indireta com a fauna: o Plano Ambiental de Construção (PAC) e o Programa de Proteção à Flora (PPFlo). O PAC é responsável pelo controle ambiental de todas as atividades da obra, implantando ações preventivas à degradação ambiental e “apresentando os critérios e as técnicas básicas a serem empregadas durante a construção do empreendimento” (EIA BR-230, 2002). O PPFlo é responsável tanto por monitorar a vegetação (por meio de espécies endêmicas, restritas ou indicadoras de qualidade ambiental) quanto por dimensionar e apresentar as medidas (de controle e de manejo) sugeridas para a conservação e recuperação da flora. Por mais que ambos os programas, PAC e PPFlo,

sejam importantes na fase de construção da rodovia, apenas o PPFlo é permanente, devido ao monitoramento da vegetação que continua mesmo após a finalização das obras.

Por mais que o PAC auxilie na amenização dos impactos causados sobre a fauna (terrestre e aquática), ele não se apresenta no quadro 8 por estar relacionado principalmente ao meio físico. Como casos de subprogramas, o PAC envolve gerenciamento de resíduos sólidos, controle e tratamento de efluentes, controle de processos erosivos, monitoramento da qualidade da água, controle da emissão de gases e ruídos, entre outros. Como por exemplo, ter um controle sobre a liberação de efluentes garante uma melhor qualidade de água nos recursos hídricos, amenizando os impactos gerados sobre a fauna aquática. Outro exemplo é a importância da gestão dos resíduos sólidos, já que a presença de lixo no entorno da rodovia atrai os animais para mais perto da via, aumentando os riscos de acidentes, além de ter a possibilidade do animal se asfixiar caso ingira alguma embalagem.

Embora o PPFlo pertença ao meio biótico, seus objetivos são direcionados à flora local, podendo ou não ter relação com a fauna. Alguns de seus subprogramas são o Controle da Supressão de Vegetação, o Monitoramento da Flora Remanescente, o Resgate e Transplante de Germoplasma Vegetal e o Plantio Compensatório. Porém, como os impactos causados por incêndios atingem ambos, o Programa de Prevenção e Controle de Incêndios se apresenta como subprograma do PPFlo nos EIAs da BR-040 e da BR-101.

Como os programas de mitigação possuem uma grande variabilidade, sendo desenvolvidos exclusivamente para cada caso, os EIAs selecionados também apresentaram alguns programas específicos relacionados direta ou indiretamente com a fauna. Esses programas, que não estão no quadro 8, são:

- Programa de Recuperação de Passivos Ambientais Existentes (EIA da BR-101/BA)
- Programa de Gestão Ambiental (EIAs da BR-158/MT e da BR-230/PA)
- Programa de Desenvolvimento Sustentável (EIAs da BR-158/MT e da BR-230/PA)
- Programa de Apoio às Unidades de Conservação (EIA da BR-230/PA)
- Programa de Monitoramento Populacional da Lontra *Lontra longicaudis* (EIA da BR-376/PR)

7.1.1 Programa de Gestão e Supervisão Ambiental (PGSA)

Para evitar a ocorrência de maiores impactos ambientais durante as obras da rodovia, é importante ter um supervisor e sua equipe ambiental acompanhando a execução das obras. Assim, é indicado que haja um núcleo instalado próximo ou no próprio canteiro de obras para

se ter maior proximidade com os operários e demais profissionais, estabelecendo uma cooperação estreita com eles e facilitando o desenvolvimento dos programas e das atividades ambientais previstas.

Além de supervisionar, monitorar e estabelecer essa organização estrutural, o PGSA também recomenda uma comunicação direta e constante com o órgão ambiental licenciador, a fim de realizar registros frequentes sobre a evolução do empreendimento e do controle ambiental previsto. Assim, seriam realizadas fiscalizações sobre o cumprimento das medidas mitigadoras, sintetizando também os resultados esperados para essas medidas.

Portanto, como essa parte do PGSA tem relação direta com as obras, a implantação dessa parte é temporária, sendo finalizada juntamente com o encerramento das atividades construtivas. A outra parte do PGSA é permanente e atua sobre a fase de operação da rodovia, sendo responsável pela “fiscalização e controle da supressão, da roçada, da poda e das espécies exóticas de vegetação, pela sinalização, pelas obras de reparação do pavimento e do sistema de drenagem e pela ocorrência de processos erosivos ou áreas degradadas” (EIA BR-392, 2022). Assim, para garantir essa supervisão constante, o PGSA é de responsabilidade do empreendedor, “sendo geralmente executado pela empresa contratada para atuar como gestora ambiental da obra” (EIA BR-101, 2014).

7.1.2 Programa de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)

O PRAD possui como objetivo a elaboração de projetos para recuperação ambiental de áreas degradadas, utilizando técnicas e práticas de manejo que melhorem ou retornem às condições ambientais originais. “As áreas degradadas a serem reabilitadas incluem: as áreas de bota-fora; de exploração de materiais de construção (jazidas); os canteiros-de-obra e alojamentos provisórios; e as vias de acesso que não terão aproveitamento posterior às obras” (EIA BR-101, 2014).

A recuperação de áreas degradadas, regulamentada pelo Decreto nº 97.632 de 1989, é um dos objetivos da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei Federal nº 6.938 de 1981), juntamente com o objetivo de proteção de áreas ameaçadas de degradação. Por isso, o desenvolvimento de projetos para restaurar o equilíbrio natural tem sido uma medida adotada naturalmente nos empreendimentos.

Algumas medidas propostas pelos estudos de caso são:

- Utilizar vias existentes e áreas já degradadas, evitando sempre que possível a abertura de novos acessos e áreas de apoio (baseado no EIA da BR-392, 2022);
- “Monitoramento visando verificar e inspecionar o cumprimento das atividades previstas e do cronograma;” (EIA BR-230, 2002)
- “Detalhamento de medidas, visando a preservação do meio ambiente ou a minimização da sua degradação, relacionadas com trabalhos de limpeza e drenagem, terraplanagem, escavações, disposição de resíduos sólidos e esgotamento sanitário;” (EIA BR-230, 2002)
- “Utilizar técnicas que aumentem a conectividade do ecossistema em recuperação com os fragmentos adjacentes;” (EIA BR-101, 2014)
- “Recuperar as áreas degradadas e estabilizar os taludes com uso de espécies nativas da flora.” (EIA BR-392, 2022)

7.1.3 Programa de Proteção à Fauna (PPFau)

O PPFau possui como objetivo levantar medidas para solucionar os desafios gerados com os impactos da rodovia sobre a fauna silvestre. Para isso, recomenda-se que sejam realizados subprogramas com enfoques diferentes para tratar da situação-problema com maior efetividade.

7.1.3.1 Subprograma de Monitoramento de Fauna

Como base para o PPFau, esse subprograma possui o objetivo de monitorar todos os grupos faunísticos presentes nas regiões de influência do empreendimento, “com especial destaque para as espécies raras, bioindicadoras, endêmicas e ameaçadas de extinção, assim como seus ambientes e sítios reprodutivos” (EIA BR-040, 2014). Para complementar esses dados, também são analisadas as interações entre as medidas mitigadoras propostas para que essas garantam uma melhor preservação da fauna.

A justificativa principal para esse subprograma é a “constante perda da diversidade biológica frente a pressões antrópicas”, sendo necessário o inventário biológico para desenvolver as estratégias de manejo (EIA BR-101, 2014). Assim sendo, recomenda-se “propor e programar medidas mitigadoras adequadas à redução, à eliminação ou à compensação dos impactos sobre a fauna” (EIA BR-392, 2022).

7.1.3.2 Subprograma de Mitigação dos Atropelamentos de Fauna

O mais famoso impacto das rodovias sobre a fauna é o atropelamento dos animais e, concomitantemente, a mais famosa medida é a implantação de passagens de fauna. Por causa disso, esse subprograma recebe variações conforme o empreendimento, podendo também estar sendo denominado como “Subprograma de Implantação de Passagens de Fauna” (ou outros nomes similares) ou até mesmo sendo apresentado separadamente (ou seja, um subprograma focado nos atropelamentos e outro focado nas passagens de fauna). Independentemente da ocasião, todos possuem os mesmos objetivos: realizar o monitoramento dos indivíduos atropelados e instalar as passagens de fauna nos melhores locais de travessia, garantindo a mobilidade e a dispersão dos animais silvestres.

Após a instalação das passagens de fauna, atrela-se ao subprograma o monitoramento, a análise e a manutenção periódica dessas estruturas. “Através desse estudo será possível inferir quais espécies estão se beneficiando das passagens e se existem espécies que, mesmo com a implantação da medida mitigadora, sofrem impactos com atropelamentos” (EIA BR-376, 2013). Além do atropelamento, as passagens de fauna também amenizam os impactos de aumento do efeito-barreira, de interrupção de corredores ecológicos e de perda e fragmentação do habitat, uma vez que esses três impactos estão diretamente relacionados com a falta de conectividade entre regiões. A escolha do tipo das passagens depende principalmente do grupo faunístico alvo, já a escolha do local de implantação depende mais das taxas de atropelamento desse grupo, assim há uma maior probabilidade de garantir uma travessia segura e recorrente.

7.1.3.3 Subprograma de Afugentamento e Resgate de Fauna

Esse subprograma contempla estratégias diferentes para salvar os animais das atividades de supressão vegetal causadas pelo empreendimento, envolvendo o afugentamento de animais de maior mobilidade (como aves e mamíferos) e o resgate dos mais debilitados (como pequenos mamíferos ou animais feridos). O seu objetivo principal é “reduzir ao máximo a perda de diversidade e obter informações biológicas concernentes às espécies a serem impactadas” (EIA BR-101, 2014), documentando essas informações por meio de registros e podendo destinar esse material para grupos de pesquisa parceiros.

Durante as atividades de supressão da vegetação todas as espécies de vertebrados deverão ser afugentadas com os ruídos da limpeza prévia do sub-bosque através de foices e facão. [...] Animais capturados com necessidades médicas deverão ser

encaminhados para o Centro de Recepção de Fauna Resgatada (CPFR) para receberem cuidados médicos básicos. Após a recuperação, o animal deverá ser solto em área da mesma formação vegetal e próximo ao local capturado. Animais muito debilitados que não poderão ser soltos na natureza ou que venham entrar em óbito, deverão ser encaminhados para Zoológico e Criadouros científicos ou para coleções científicas. [...] Deverão ser realizadas, também, uma busca por abrigos e ninhos. Ao ser encontrada a presença de ninhos ativos, com filhotes ou ovos, deverá ser isolada uma pequena mancha de vegetação no seu entorno solicitando o desvio da supressão até o nascimento dos filhotes e o abandono do ninho. Ninhos vazios deverão ser removidos para evitar que as aves voltem a utilizá-los. Em último caso, os ninhos poderão ser realocados para áreas adjacentes e devidamente monitorados (EIA BR-376, 2013)

7.1.4 Programa de Prevenção e Controle de Incêndios

O programa é composto por atividades de monitoramento e de controle de incêndios, tendo como objetivo identificar as ocorrências, analisar suas causas e situações de risco, atenuar seus efeitos nocivos e prevenir situações que comprometam a rodovia. Os casos de incêndios em regiões naturais ocorrem devido a práticas agropastoris, à limpeza da vegetação na faixa de domínio da rodovia e ao ateamento acidental causado pelos trabalhadores e pelos usuários da estrada. Segundo o EIA da BR-230, “as queimadas são decorrentes dos seguintes aspectos:”

- Queima de restos de cultura, palhas e gravetos para o preparo dos solos;
- Queima de vegetação cortada em atividades de limpeza de terreno;
- Limpeza de pastagens, com fogo não controlado;
- Queima provocada por fogueiras não apagadas devidamente, por pontas de cigarros e outras formas de descuido;
- Garrafas, cacos de vidro, latas, sobre a vegetação seca, funcionando como lentes e concentradores de calor e provocando a combustão.

Uma das maneiras para implementar o programa é sensibilizando a população (inclusive os trabalhadores) a respeito do tema, o que traz uma conexão com o Programa de Educação Ambiental (PEA). As atividades envolvem: treinamentos sobre técnicas de combate ao fogo; “divulgação de mapas com as áreas propícias às queimadas” (EIA BR-158, 2007); “apoios nos projetos de prevenção de incêndios em parceria com entidades públicas; implantação de placas educativas; e construção e manutenção de aceiros ao longo da rodovia” (EIA BR-101, 2014).

7.1.5 Programa de Comunicação Social (PCS)

O PCS visa obter um canal de comunicação contínuo entre o empreendedor e a sociedade, a fim de informar a população diretamente afetada sobre as ações de cada etapa da obra, sobre instruções preventivas (para garantir a segurança e a integridade desses povos) e

sobre as medidas mitigadoras e compensatórias a serem implantadas. Esse canal também possibilita o retorno das comunidades, seja para sugestões, reclamações, indicações ou dúvidas.

A partir disso, são previstas algumas ações, como o desenvolvimento de palestras (principalmente sobre prevenção e mitigação de impactos), a divulgação das etapas da obra por diferentes tipos de mídia (rádio, televisão, redes sociais etc) e a disponibilidade da participação popular na prevenção dos riscos da rodovia. Além disso, o programa também é utilizado para divulgar futuras vantagens à população local, como a valorização imobiliária, o aumento das vagas de trabalho e a multiplicação das práticas de turismo.

Enquanto na etapa de implantação/construção da rodovia, o foco do PCS é o panorama da obra (incluindo suas influências e consequências), na fase de operação o programa busca garantir a qualidade ambiental. Assim, as ações passam a ser sobre: a conscientização dos perigos e prejuízos causados pelas queimadas; a preservação dos recursos hídricos; o controle e a redução dos resíduos sólidos; e a conscientização sobre os atropelamentos de fauna e seus efeitos. Além disso, após a conclusão da obra, o PCS é um dos principais meios de realizar campanhas sobre as vantagens da nova rodovia, abordando temas como: redução do consumo de combustível, redução de acidentes e do tempo de viagem, maior conforto para viajar e benefícios para a economia local e regional.

7.1.6 Programa de Educação Ambiental (PEA)

A educação ambiental é uma medida ampla de extrema importância, tendo sido referida em diferentes contextos políticos e legislativos. A Constituição de 1988, pelos capítulo VI (do Meio Ambiente), artigo 225 e parágrafo 1º, busca “promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente”. Já a lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, “dispõe sobre a educação ambiental e institui a Política Nacional de Educação Ambiental”. E, por fim, o Ministério do Meio Ambiente, juntamente com o IBAMA, estabeleceram as bases técnicas para o PEA por meio da Instrução Normativa nº 2, de 27 de março de 2012.

O objetivo do PEA é trazer uma maior conscientização ambiental para os diferentes setores envolvidos na obra da rodovia, principalmente para os moradores da região (a fim de minimizar os impactos gerados) e para os trabalhadores da obra (a fim de desenvolver suas qualificações em assuntos socioambientais). As ações com a população local envolvem: desenvolver atividades com a comunidade escolar; “capacitar técnicos e professores da rede pública como agentes multiplicadores de educação ambiental” (EIA BR-158, 2007); “aumentar

o nível de conscientização quanto à proteção ambiental de ecossistemas regionais” (EIA BR-392, 2022); potencializar o turismo sustentável; “prevenir e coibir a depredação dos bens materiais e naturais; promover ações para minimizar o impacto da população sobre a fauna; incentivar a pesquisa científica, promovendo parcerias com instituições de ensino e pesquisa; desenvolver projetos de conscientização sobre caça e pesca predatória e sobre a retirada de recursos naturais” (EIA BR-376, 2013); entre outras medidas.

Já as ações do PEA com os trabalhadores se baseiam na “realização de reuniões e palestras, envolvendo as especificidades do ambiente de trabalho, de modo a promover a sensibilização e conscientização dos trabalhadores frente às diversas tarefas que realizam diariamente, enfatizando a preservação ambiental” (EIA BR-101, 2014). Para ambos casos, é importante tanto a utilização de materiais e métodos didáticos quanto o acompanhamento e a avaliação periódica das ações efetuadas, principalmente para garantir que as metas sejam atingidas e para realizar mudanças e melhorias na estratégia estabelecida (caso seja necessário).

Assim como o PCS, na fase de operação da rodovia, o PEA também busca “conscientizar quanto a disposição de resíduos, prevenção de queimadas, segurança no trânsito, consumo de combustível e emissão de poluentes” (EIA BR-392, 2022).

7.2 MEDIDAS MITIGADORAS

Junto aos programas de mitigação, é necessária a instalação de medidas mitigadoras em diferentes partes da rodovia. As medidas levantadas a partir dos EIAs foram agrupadas em quatro temas: Passagens de Fauna; Medidas de Trânsito; Medidas de Paisagem; e Medidas para Obras.

As Passagens de Fauna correspondem às estruturas que possibilitam a travessia do animal (ou por baixo ou por cima da rodovia), conectando novamente os fragmentos vegetais e garantindo uma maior permeabilidade na matriz. Existem três principais tipos de passagens, podendo ser túneis (figura 21), pontes suspensas (figura 22) ou viadutos (figura 23). Por exemplo, Boyle et al (2021) realizaram um estudo sobre a herpetofauna utilizando túneis como travessia e registraram 54 tartarugas, 72 cobras, 615 sapos e 271 salamandras.

Figura 21 - Túneis como passagens de fauna

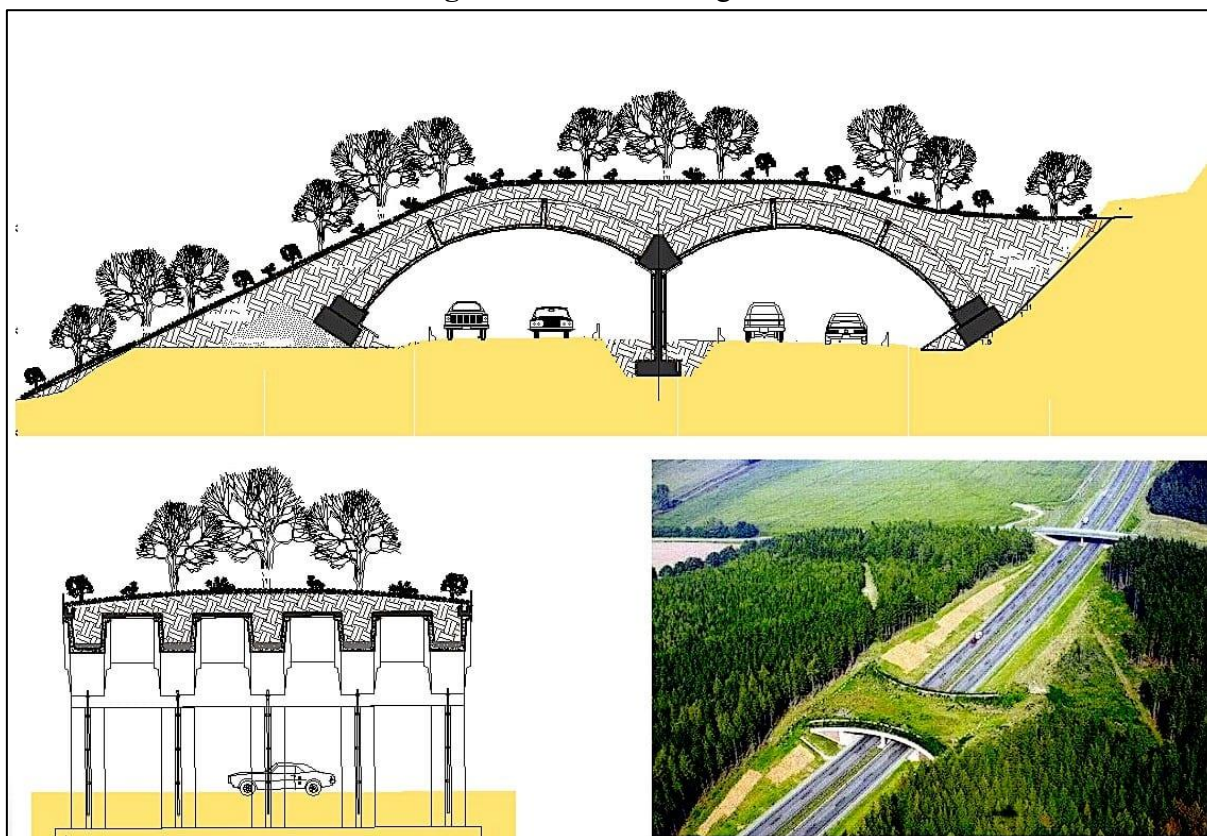


Fonte: Jovem Sul News (2023)

Figura 22 - Pontes suspensas para passagens de fauna arborícolas



Fonte: Montagem de Autoria Própria (2023)

Figura 23 - Viaduto Vegetado

Fonte: Alex Bager (2023)

As Medidas de Trânsito são voltadas aos motoristas ou às condições da via para garantir uma maior segurança e diminuir as probabilidades de colisões. Dentre as estratégias possíveis, essas medidas incluem redutores de velocidade, sonorizadores, sinalizações, manutenção da pista (conservação e limpeza), entre outros. Ressalta-se que a troca por novos materiais pode ser uma medida mitigadora também, como no caso da adoção de “escudos direcionadores nos postes para que a luz se mantenha apenas na rodovia” (EIA BR-392, 2022)

As Medidas de Paisagem se referem àquelas que seriam implantadas no meio ambiente ao redor da rodovia. Essas medidas envolvem: reflorestamentos (com o intuito de aumentar a conectividade entre fragmentos vegetais, possivelmente criando novos corredores ecológicos), limitações ao uso e ocupação do solo (a fim de diminuir as porções de descobertura do solo), “construção de aceiros e sistemas de proteção contra fogo” (EIA BR-230, 2002), instalação de barreiras físicas, instalação de barreiras sonoras elevadas, entre outras medidas. Boyle et al (2021) provou que as barreiras físicas, por exemplo, reduziram o número de tartarugas e de anfíbios nas estradas, porém essa medida já não foi eficaz para as cobras por conseguirem atravessar essas barreiras.

Embora a etapa de construção da rodovia seja temporária, as Medidas para Obras podem ser permanentes. Para evitar maiores impactos sobre a fauna, algumas medidas sugeridas são: usar maquinários apenas em locais liberados, ter um controle sobre o horário de funcionamento de equipamentos pesados, optar por utilizar a motosserra ao invés de tratores durante a supressão da vegetação, realizar a manutenção periódica dos equipamentos, entre outros.

Além das medidas apresentadas, Brehme et al (2023) apresentaram uma possível nova estratégia: um segmento de rua elevado, o ERS (*Elevated Road Segment*). Essa estrutura, apresentada na figura 24, foi desenvolvida para garantir uma travessia eficaz e segura para pequenos animais, especialmente anfíbios. Geralmente, esses animais dependem de bueiros e microtúneis para conseguir atravessar uma via, mas muitos possuem dificuldade em achar e usar essas passagens já conhecidas. Assim, o ERS garante uma maior área segura para locomoção.

Figura 24 - Nova medida de mitigação, o ERS



Fonte: Brehme et al (2023)

Para comprovar a eficácia do ERS, o exemplo da figura 24 foi instalado na Floresta Nacional Sierra, Califórnia, EUA e foi monitorado entre 2018 e 2021. Como resultado, foram registrados 8.815 usos, distribuídos entre 3 espécies de anfíbios, 4 espécies de répteis e 15 espécies de mamíferos. Mesmo com o resultado positivo, as taxas de travessia podem melhorar se forem inseridos alguns galhos ou vegetais para atrair mais espécies.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos foram alcançados: os impactos ambientais foram apresentados na Rede de Interações entre Causas e Efeitos (Apêndice III), sendo representados pela lista de Efeitos. A expansão da malha rodoviária junto com o aumento do tráfego de veículos causam pressões sobre o meio ambiente, especialmente para a fauna silvestre. No Brasil, essas pressões são discutidas principalmente nos Estudos de Impactos Ambientais (EIAs). Assim, foram selecionados 6 EIAs como estudos de caso.

Os EIAs selecionados foram analisados de diferentes formas e, infelizmente, possuíram resultados negativos. O quadro 9 traz esse resumo. O caso da BR-376 foi quem apresentou os piores resultados, estando incompleto em todas as categorias. O segundo pior resultado foi da BR-230, já que, dentre as categorias analisadas, apenas o diagnóstico ambiental apresentou resultados razoáveis, ainda assim faltando alguns dados (como a estimativa numérica de espécies de mamíferos e quaisquer dados sobre os peixes). Outro EIA que apresentou resultados ruins foi o da BR-158, pois não apresentou estudos sobre os índices de atropelamentos, não realizou estimativas das quantidades de espécies esperadas para a região e não apresentou todos os impactos devidamente. Enquanto a BR-158 está numa zona de transição entre Cerrado e Amazônia, a BR-230 se apresenta no meio da Amazônia. Ambos os empreendimentos terem apresentado os impactos ambientais com baixa qualidade é muito preocupante, pois essa floresta vem enfrentando cada vez mais problemas relacionados às atividades antrópicas e, se a caracterização ambiental não for boa ou eficaz, os impactos podem não ser resolvidos, com o risco de se agravarem. Os demais EIAs apresentaram todas as categorias e possuíram resultados regulares, faltando quantificar alguns impactos ou apresentar suas características de forma mais aprofundada.

Ressalta-se que todos os EIAs apresentaram um mesmo tipo de problema: utilizar outros trabalhos científicos como base para as discussões no documento em vez dos dados obtidos pelo diagnóstico ambiental. Por exemplo, em um dos EIAs, os dados sobre a fauna foram baseados em estimativas realizadas para o bioma como um todo, não sendo discutido se realmente todas as espécies citadas estariam presentes no local do empreendimento. Essa comparação (local-regional) deve ser efetuada principalmente em zonas de transição, onde espécies mais sensíveis podem não estar presentes. Caso não sejam encontrados dados secundários sobre o local em questão, recomenda-se aumentar o tempo e a frequência do

levantamento de dados presenciais (dados primários), a fim de tentar obter mais informações para identificar as espécies presentes ali.

Quadro 9 - Resumo das Análises Qualitativas dos EIAs

	BR-040		BR-101		BR-158		BR-230		BR-376		BR-392	
Score de Impactos	62,50%		45,80%		41,70%		29,20%		16,70%		58,30%	
Score de Mortalidade	66,70%		55,60%		0,00%		11,10%		11,10%		50,00%	
Índices de Atropelamento	Ind	Esp	Ind	Esp	Ind	Esp	Ind	Esp	Ind	Esp	Ind	Esp
	116	36	571	127	-	-	-	53	-	-	357	67
Riqueza	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec	Pri	Sec
Aves	270	512	233	415	371	-	210	415	157	-	152	385
Anfíbios	33	96	68	115	32	-	20	61	14	-	-	43
Répteis	25	110	41	121	33	-	44	149	21	-	-	58
Mamíferos	55	120	40	94	47	-	37	-	8	176	43	86
Peixes	39	345	-	345	115	-	-	-	-	100+	4	3

Fonte: Autoria Própria (2023)

Ao relacionar as palavras “rodovia” e “animais silvestres”, é comum já pensar em atropelamentos de animais e, só depois, o pensamento induz a pensar nas mortes geradas. Por isso, essa causa é comumente escrita como impacto ambiental em diversos documentos, conforme ocorreu nos EIAs da BR-040, BR-101, BR-158 e BR-376. Em relação aos impactos ambientais, deve-se tomar cuidado. Além de nenhum dos EIAs separar causas de efeitos, não foram encontrados artigos que definissem ou realizassem essa análise. Para que isso fosse possível, o método encontrado foi representar reações em cadeia a partir de um ponto, seja para frente ou para trás da cadeia. Por exemplo, o atropelamento gera a morte de animais, mas para que o atropelamento exista, é necessário que o carro esteja passando naquele local (o que corresponde ao início ou aumento do tráfego de veículos); assim a cadeia seria “Tráfego de Veículos → Atropelamento → Morte de Animais”.

Assim como os Impactos, os Meios de Mitigação (Programas e Medidas) também representam um tópico pouco desenvolvido nos EIAs. Esses documentos costumam apresentar e caracterizar apenas os Programas de Mitigação, deixando de dissertar sobre as Medidas Mitigadoras. Por exemplo, há a descrição dos Programas de Proteção à Fauna (quem é responsável, como colocar em prática e quais resultados esperar), mas não há uma sugestão

aplicada de passagem de fauna (qual tipo de passagem, onde instalar e quem seria o grupo-alvo). Assim, os meios de mitigação são apresentados de forma genérica e pouco aplicável.

Como consequência dessas situações, há um excesso de EIAs de baixa qualidade disponíveis e provavelmente sem uso. O Brasil é um país com porte de continente e rico em áreas naturais, mas com baixa eficiência na identificação e solução dos impactos gerados. Como primeiro passo para mudar esse quadro, recomenda-se reestruturar as estratégias no combate contra a degradação ambiental, utilizando um maior embasamento científico junto com o fundamento político na elaboração dos documentos de política ambiental.

REFERÊNCIAS⁶

ABDALA, Vitor. **Primeira rodovia pavimentada no Brasil comemora hoje 150 anos.** Empresa Brasil de Comunicação, 2011. Disponível em: <https://memoria.ebc.com.br/agenciabrasil/noticia/2011-06-23/primeira-rodovia-pavimentada-no-brasil-comemora-hoje-150-anos>. Acesso em: 01 out. 2023.

ALBERGARIA, Danilo. **As Primeiras Estradas de Rodagem do Brasil.** Pesquisa FAPESP, 2023. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/as-primeiras-estradas-de-rodagem-do-brasil/>. Acesso em: 01 out. 2023.

AMADOR, João Carlos. **A Primeira Estrada Brasileira.** On Truck, 2021. Disponível em: <https://www.ontruck.com.br/noticia/3190/a-primeira-estrada-brasileira>. Acesso em: 01 out. 2023.

ASSIS, Jasmine De Resende; CARVALHO-ROEL, Carine Firmino; IANNINI-CUSTÓDIO, Ana Elizabeth ; PEREIRA, Wanessa Gomes; VELOSO, Aline Carneiro. Snakes roadkill on highways in the Cerrado biome: an intentional conduct? **Studies on Neotropical Fauna and Environment**, Uberlândia, MG, 2020, v. 57, p. 198 - 205

BELLIA, Vitor; BIDONE, Edison D.. **Rodovias, Recursos Naturais e Meio Ambiente.** Rio de Janeiro: Universidade Federal Fluminense, 1993.

BOSTON, Kevin. The Potential Effects of Forest Roads on the Environment and Mitigating their Impacts. **Current Forestry Reports**, Estados Unidos, 2016, v. 2, p. 215 - 222

BOYLE, Sean P. *et al.* Road-effect mitigation promotes connectivity and reduces mortality at the population-level. **Biological Conservation**, Canadá, 2021, v. 261.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **As Primeiras Estradas Brasileiras.** 2005. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/radio/programas/260157-especial-rodovias-as-primeiras-estradas-brasileiras-05-49/>. Acesso em: 01 out. 2023.

BRASIL. Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas - CBEE. **Ecologia de Estradas.** 2014. Disponível em: <https://estatico.cnpq.br/portal/premios/2018/pjc/assets/pdf/webaulas/web-05/sistema-urubu.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023.

BRASIL. Confederação Nacional do Transporte – CNT. **Pesquisa CNT de Rodovias 2023.** 2023. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/>. Acesso em: 02 dez. 2023

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Guia SNV - Sistema Nacional de Viação: Mapa do Brasil.** CGPLAN, 2021.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT. **Nomenclatura das Rodovias Federais.** DNIT, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/rodovias-federais/nomenclatura-das-rodovias-federais>. Acesso em: 04 out. 2023.

⁶ De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 6023).

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. **Biomás Brasileiros**. 2023. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 28 nov. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **EIA/RIMA da Duplicação da BR-040/DF/GO/MG**. EPL, 2015. Disponível em: https://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/BR%20040_DF%20GO%20MG/. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **EIA/RIMA da Duplicação da BR-101/BA**. EPL, 2014. Disponível em: <http://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/BR%20101%20BA%20-%20Regularizacao%20e%20Duplicacao%20-%20EPL/EIA-RIMA%20101BA/>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **EIA/RIMA da Implantação da BR-392/RS**. DNIT, 2022. Disponível em: https://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/RODOVIA__BR-392-RS-____Entr.%20RS-149%20%20Formigueiro-%20Entr.%20RS-344%20%20SantaRosa/. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **EIA/RIMA da Pavimentação da BR-158/MT**. DNIT, 2007. Disponível em: https://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/BR%20158%20MT%20-%20Subtrecho%20Divisa%20MTPA%20-%20Entroncamento%20BR%20242%20MT/EIA_RIMA_BR_158_MT/. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **EIA/RIMA da Pavimentação da BR-230/PA**. DNIT, 2015. Disponível em: <http://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/BR%20230%20-%20Rur%c3%b3polis%20-%20Maraba/>. Acesso em: 15 out. 2023.

BRASIL. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA. **Portal de Licenciamento Ambiental de Rodovias**. 2023. Disponível em: <https://licenciamento.ibama.gov.br/Rodovias/>. Acesso em: 08 out. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.379, de 06 de janeiro de 2011. Dispõe sobre o **Sistema Nacional de Viação** e dá outras providências. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2011.

BRASIL. Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira – SiBBr. **Atlas Ciência Cidadã**. 2023. Disponível em: <https://sibbr.gov.br/cienciacidade/oquee.html#:~:text=A%20ci%C3%Aancia%20cidad%C3%A3%20consiste%20na,ambiental%2C%20onde%20qualquer%20pessoa%20em>. Acesso em: 05 dez. 2023

BRASÍLIA. Brasília Ambiental - IBRAM. **Diagnóstico e Proposição de Medidas Mitigadoras para o Atropelamento de Fauna na BR-020 - Projeto RODOFAUNA**. 2012. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/images/Rodofauna/Diagn%C3%B3stico.pdf>. Acesso em: 29 nov. 2023

BREHME, Cheryl S. *et al.* Elevated Road Segment (ERS) Passage Design May Provide Enhance Connectivity for Amphibians, Reptiles and Small Mammals. **Frontiers in Ecology and Evolution**, Califórnia, EUA, 2023, v. 11.

BUENO, Cecília *et al.* A 10-year collection of roadkilled avifauna in a stretch of the BR-040 highway in southeastern Brazil. **Neotropical Biodiversity**, Rio de Janeiro, 2023, v. 9, p. 38 – 44

DIAS, Amanda M.S. *et al.* Are Environmental Impact Assessments effectively addressing the biodiversity issues in Brazil?. **Environmental Impact Assessment Review**, Belo Horizonte, MG, 2022, v. 95.

ECYCLE. **Atropelamento de fauna no Brasil**: um problema crônico. 2022. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/atropelamento-de-fauna-no-brasil/>. Acesso em: 30 nov. 2023

FERREIRA, Erly De Lima *et al.* Wild fauna as roadkill on a highway in the semiarid region of northeastern Brazil. **Ethnobiology and Conservation**, 2023. Disponível em: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85163282034&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=2353e945c569545dd970972329324f57&sot=b&sdt=b&s=TITLE-ABS-KEY%28roadkill+brazil%29&sl=27&sessionSearchId=2353e945c569545dd970972329324f57>. Acesso em: 26 nov. 2023.

FIGUEIRA, Liara Beatriz Vítório. **Passagens de Fauna como Forma de Mitigação de Atropelamento de Fauna em Rodovias do Estado de São Paulo**. Universidade de Taubaté, Taubaté, 2020. Disponível em: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/5096/1/Liara%20Beatriz%20Vitorio%20Figueira%20274932.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2023

FISCHER, Wagner; GODOI, Raquel Faria; FILHO, Antônio Conceição Paranhos. Roadkill records of reptiles and birds in Cerrado and Pantanal landscapes. **Check List**, Campo Grande, MS, 2017, v. 14, p. 845 - 876

FREITAS, Karoline Pachêco Abilhôa; GONÇALVES, Larissa Oliveira; KINDEL, Andreas; TEIXEIRA, Fernanda Zimmermann. ROAD EFFECTS ON WILDLIFE IN BRAZILIAN ENVIRONMENTAL LICENSING. 59. ed. **Oecologia Australis**, Porto Alegre, RS, 2017, v. 21, p. 280 - 291

GATTO-ALMEIDA, Fernanda; FERREGUETTI, Átilla Colombo; PONTES, Jaqueline Dos Santos; TIEPOLO, Liliani Marília; HASS, Iris. The atlantic forest as a barrier to invasive rodents: Study of a seaport in Southern Brazil. 2. ed. **Hystrix, the Italian Journal of Mammalogy**, Curitiba, PR, 2020, v. 31, p. 87 - 93

GOMES, Daniel Faustino *et al.* March or Die: road-killed herpetofauna along BR-040 highway, an ancient road on the Atlantic Forest from Southeastern Brazil. **Biota Neotropica**, Rio de Janeiro, 2023, v. 23.

JAARSMA, Catharinus F.; LANGEVELDE, Frank Van; BOTMA, Hein. Flattened fauna and mitigation: Traffic victims related to road, traffic, vehicle, and species characteristics. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, Holanda, 2006, v. 11, p. 264 - 276

LACET, Cláudio; OLIFIERS, Natalie; BUENO, Cecília. Immediate impact of fires on roadkilling of wild vertebrates on a highway in southeast Brazil. **Perspectives in Ecology and Conservation**, Rio de Janeiro, RJ, 2023, v. 21, p. 231 - 236

LAUXEN, Mozart da Silva. **A mitigação dos impactos de rodovias sobre a fauna: um guia de procedimentos para tomada de decisão**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/72378/000877896.pdf?sequence=1>. Acesso em: 30 nov. 2023

MALANCONI, Maurício. **Um Breve Histórico das Comunicações Terrestres do Brasil desde o Século XVI**. Suporte Solos, 2019. Disponível em: <https://www.suportesolos.com.br/blog/um-breve-historico-das-comunicacoes-terrestres-do-brasil-desde-o-seculo-xvi/116/>. Acesso em: 01 out. 2023.

MITCHELL, Briony et al. Mitigating the effect of linear infrastructure on arboreal mammals in dense forest: a canopy bridge trial. **Ecological Management and Restoration**, Austrália, 2022, v. 23, p. 228 – 236.

MORSELLO, Carla. **Perda de Habitat, Fragmentação e Conectividade**. CONBIO, 2015. Disponível em: <https://docs.google.com/presentation/d/1W70dwRvEyAzGG61aIDZys0KTY1h-79e9/edit#slide=id.p1>. Acesso em: 24 nov. 2023.

NÉTO, Fernando *et al.* **Planos e Programas Ambientais**. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba - CODEVASF, 2019. Disponível em: <https://www.codevasf.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/acoes-ambientais/regularidade-ambiental/planos-e-programas-ambientais> Acesso em: 30 nov. 2023.

OLIVEIRA, Silvio Lacerda et al. Ecologia de Estradas: estado da arte no Brasil e no mundo. **Brazilian Journal of Development**, Goiás, 2020. DOI:10.34117/bjdv6n12-371

OLIVEIRA, Anna Luiza Ferrari et al. Análise da qualidade dos relatórios de impacto ambiental (RIMA) das obras de duplicação de rodovias brasileiras. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, SC, 2019, v. 8, p. 115 - 140

ORLAND, Chloé *et al.* **O que é diversidade genética e por que ela é importante**. UNESP, 2022. Disponível em: <https://parajovens.unesp.br/o-que-e-diversidade-genetica-e-por-que-ela-tem-importancia/>. Acesso em: 25 nov. 2023.

PARANÁ. Instituto Água e Terra - IAT. **EIA/RIMA da Implantação da BR-376/PR: Contorno Sul Metropolitano de Maringá**. Engemin, 2013. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Estudos-Ambientais-0>. Acesso em: 15 out. 2023.

RIBEIRO, Débora. **CAUSA**. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/causa/>. Acesso em 01 dez. 2023

RIBEIRO, Débora. **EFEITO**. In: DICIO, Dicionário Online de Português. Porto: 7Graus, 2023. Disponível em: <https://www.dicio.com.br/efeito/>. Acesso em 01 dez. 2023

RITTER, Camila D. Environmental impact assessment in Brazilian Amazonia: Challenges and prospects to assess biodiversity. **Biological Conservation**, Suécia, 2017, v. 206, p. 161 - 168

SANTOS, Raul *et al.* Mammalian Roadkill in a Semi-Arid Region of Brazil: Species, Landscape Patterns, Seasonality, and Hotspots. **Diversity**, São Paulo, 2023, v. 15.

SÃO PAULO (Estado). Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Plano de Mitigação de Atropelamento de Fauna – PMAF**. 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/camaras-ambientais/wp-content/uploads/sites/21/2023/10/Minuta-da-Decisao-de-Diretoria-Consulta-Publica-Plano-de-Mitigacao-de-Atropelamento-de-Fauna-PMAF-out-2023.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

SISTEMA URUBU. **Dados**. 2023. Disponível em: <https://sistемаurubu.com.br/dados/>. Acesso em: 30 nov. 2023

TERNER, Eleanor R. Mammal use of underpasses to cross Route 606 in Guacimal, Costa Rica. **Neotropical Biology and Conservation**, Monteverde, Costa Rica, 2023, v. 18, p. 107 - 117

TG Poli. **História e Evolução da Indústria Automotiva Brasileira**. 2022. Disponível em: <https://www.tgpoli.com.br/noticias/historia-e-evolucao-da-industria-automotiva-brasileira/>. Acesso em: 01 out. 2023.

THOMAZINI, Marcílio José; THOMAZINI, Ariane P. B. W.. **A FRAGMENTAÇÃO FLORESTAL E A DIVERSIDADE DE INSETOS NAS FLORESTAS TROPICAIS ÚMIDAS**. Rio Branco, AC: Embrapa, 2000.

GLOSSÁRIO

A

Áreas de Empréstimo: Áreas onde há a retirada do substrato do solo para a realização das obras de construção da rodovia

Áreas de Interesse Ambiental: Espaços potenciais para a preservação da natureza, podendo ou não ser definidos por meio de leis e decretos, englobando Áreas Protegidas, Corredores Ecológicos, Remanescentes Vegetais, entre outros

Áreas Protegidas: Espaços voltados à preservação da natureza que são definidos por meio de leis e decretos, englobando Áreas de Preservação Permanente (APP), Reservas Legais, Terras Indígenas e Unidades de Conservação

Avifauna: Conjunto de aves de uma região

C

Carnívoro: Aquele que mata a própria presa e se alimenta com o sangue quente

Carniceiro: Aquele que não tem capacidade ou coragem de matar a própria presa

Cinegético: Aquilo que é interessante para caça, pesca e/ou captura de animais

Classe animal: Categoria utilizada na classificação científica dos seres vivos, normalmente aplicada aos animais vertebrados, referindo-se a aves, mamíferos, répteis, anfíbios e peixes.

Corredor Ecológico: Faixa de vegetação que conecta fragmentos vegetais ou áreas protegidas, *com o objetivo de proporcionar o deslocamento de animais, a dispersão de sementes e/ou o aumento da cobertura vegetal* (Ministério do Meio Ambiente; 2023)

D

Dado Primário: Dado registrado presencialmente por meio de visitas de campo

Dado Secundário: Dado obtido por referência bibliográfica, baseado em outros autores

Dossel: Cobertura superior da floresta formada pelas copas das árvores

E

Endêmico: Aquilo que é restrito a um único local ou região

Espécie: Grupos de indivíduos que se reproduzem entre si e que estão isolados reprodutivamente de outros grupos semelhantes

Espécime: Qualquer indivíduo de uma espécie

Extrativismo: Atividade caracterizada em retirar bens da natureza, como frutos, folhas, sementes, peixes (pela pesca), animais (pela caça ou captura), minérios, entre outros

F

Fauna: Conjunto de animais

Flora: Conjunto de plantas

Fragmento Vegetal: Área de vegetação natural interrompida por barreiras antrópicas ou naturais, capazes de diminuir, significativamente, o fluxo de animais, pólen ou sementes (Thomazini; 2000)

H

Habitat: Conjunto de circunstâncias físicas e geográficas que oferece condições favoráveis à vida e ao desenvolvimento de determinada espécie animal ou vegetal

Herpetofauna: Conjunto de répteis e anfíbios de uma região

I

Ictiofauna: Conjunto de peixes de uma região

M

Mastofauna: Conjunto de mamíferos de uma região

Matriz Paisagística: Área heterogênea, contendo uma variedade de unidades de não-habitat que apresentam condições mais ou menos favoráveis às espécies do habitat estudado

Metapopulação: Conjunto de populações diferentes de uma mesma espécie que estão isoladas parcialmente no espaço, mas que são unidas por fluxos biológicos, de matéria ou de energia

P

Passagem de Fauna: Estrutura construída a fim de conectar duas áreas antes isoladas por alguma espécie, geralmente sendo construída sobre rodovias e ferrovias

Peçonha: Substância tóxica produzida por uma glândula animal capaz de alterar o metabolismo de outro animal, sendo inoculada por espinhos, dentes ou outros aparatos

Poluição: Degradação das características físicas e químicas do meio ambiente

Q

Quiropteroфаuna: Conjunto de morcegos (ou mamíferos voadores) de uma região

U

Unidade de Conservação: Espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público (Lei nº 9.985/2000)

V

Vegetação Nativa: Conjunto de plantas que nasceram e se desenvolveram espontaneamente na região

Vegetação Remanescente: Área com vegetação nativa primária ou em regeneração, normalmente relacionada a fragmentos vegetais

APÊNDICES

O documento apresenta quatro apêndices:

Apêndice I – Quadro de EIAs/RIMAs Encontrados de Rodovias Estaduais e Federais;

Apêndice II – Quadro de Comparação e Agrupamento dos “Impactos” advindos dos EIAs;

Apêndice III – Rede de Interações entre Causas e Efeitos;

Apêndice IV – Rede Circular de Interações entre Impactos.

APÊNDICE I - Quadro de EIAs/RIMAs Encontrados de Rodovias Estaduais e Federais

Rodovia	Tipo	Ano	UFs	Região	Extensão (km)	Categoria	Rodovia	Tipo	Ano	UFs	Região	Extensão (km)	Categoria
BR 080	Federal	2016	MT, GO	CO	170	Pavimentação	BR 101	-	2016	RJ	SE	31,5	Implantação
BR 135	Federal	2020	BA	NE	5	Pavimentação	BR 376	Federal	2013	PR	S	32,5	Implantação
BR 135	Federal	2013	MG	SE	48,7	Pavimentação	BR 392	Federal	2022	RS	S	309,5	Implantação
BR 158	Federal	2007	MT, PA	CO - N	514,8	Pavimentação	CE 251	Estadual	2012	CE	NE	13,138	Implantação
BR 163	Federal	2002	MT	CO	784	Pavimentação	ES 120	Estadual	2016	ES	SE	18,26	Implantação
BR 230	Federal	2002	PA	N	32,2	Pavimentação	PR 340	Estadual	2016	PR	S	10,3	Implantação
BR 230	Federal	2002	PA	N	984	Pavimentação	SP 021	Estadual	2010	SP	SE	42,8	Implantação
BR 242	Federal	2021	MT	CO	218,92	Pavimentação	SP 021	Estadual	2009	SP	SE	43,5	Implantação
BR 285	Federal	2010	RS, SC	S	30,3	Pavimentação	SP 070	Estadual	2011	SP	SE	7,8	Implantação
BR 317	Federal	2008	AM	N	110,7	Pavimentação	SP 083	Estadual	2016	SP	SE	8,5	Implantação
BR 422	Federal	2002	PA	N	63	Pavimentação	SP 083	Estadual	2012	SP	SE	42	Implantação
CE 182	Estadual	2015	CE	NE	12,9	Pavimentação	?	Estadual	2013	SC	S	49,8	Implantação
ES 320	Estadual	2022	ES	SE	52,05	Pavimentação	?	Estadual	?	SP	SE	31,7	Implantação
BR 040	Federal	2010	RJ	SE	ATÉ 20	Duplicação	BR 365	Federal	2016	MG	SE	356,4	Duplicação
BR 040	Federal	2014	DF, GO, MG	CO - SE	941,2	Duplicação	BR 386	Federal	2009	RS	S	35,2	Duplicação
BR 101	Federal	2017	ES, BA	NE - SE	262,4	Duplicação	BR 386	Federal	2018	RS	S	232,11	Duplicação
BR 101	Federal	2014	BA	NE	551,3	Duplicação	BR 423	Federal	2023	PE	NE	67,92	Duplicação
BR 101	Federal	2010	SC	S	3,3	Duplicação	BR 476	Federal	2021	PR	S	163,7	Duplicação
BR 101	Federal	2007	AL, SE, BA	NE	487	Duplicação	AL 101	Estadual	2015	AL	NE	5,7	Duplicação
BR 101	Federal	2008	AL/PE	NE	166	Duplicação	AL 220	Estadual	2017	AL	NE	63,4	Duplicação
BR 104	Federal	2016	PB	NE	76,77	Duplicação	CE 025	Estadual	2018	CE	NE	7,1	Duplicação
BR 116	Federal	2017	MG	SE	818,1	Duplicação	CE 090	Estadual	2021	CE	NE	6,57	Duplicação
BR 116	Federal	2008	RS, SC	S	219,52	Duplicação	SP 099	Estadual	2011	SP	SE	21,5	Duplicação
BR 153	Federal	2017	PR, SC	S	198,6	Duplicação	SP 099	Estadual	2007	SP	SE	48,98	Duplicação
BR 163	Federal	2014	MS	CO	847	Duplicação	SP 255	Estadual	2018	SP	SE	87,93	Duplicação
BR 262	Federal	2015	MG	SE	196,4	Duplicação	SP 270	Estadual	2018	SP	SE	39	Duplicação
BR 262	Federal	2015	ES	SE	124,58	Duplicação	SP 270	Estadual	2008	SP	SE	42,9	Duplicação
BR 280	Federal	2009	SC	S	71,5	Duplicação	SP 284	Estadual	2022	SP	SE	104	Duplicação
BR 290	Federal	2010	RS	S	115,7	Duplicação	SP 294	Estadual	2022	SP	SE	191,65	Duplicação
BR 364	Federal	2019	MT, RO	CO - N	793,2	Duplicação	SP 333	Estadual	2018	SP	SE	64,15	Duplicação

Fonte: Autoria própria (2023)

APÊNDICE II - Quadro de Comparação e Agrupamento dos "Impactos" advindos dos EIAs

IMPACTO	BR 040	BR 101	BR 158	BR 230	BR 376	BR 392	
Perda e Fragmentação de Habitats de Fauna	Perda de Habitat	Perda e fragmentação de habitats	<u>Supressão de vegetação e habitats da fauna</u>	Perda de habitats da fauna terrestre	Perda de Habitat	Perda de habitat para a fauna florestal	Perda de habitat para a fauna de áreas úmidas/banhados
						Perda de habitat para a fauna campestre	
						Perda de habitat para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos	Redução da qualidade de habitat para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos por contaminação com efluentes
						Perda de qualidade de habitat para a fauna	
						Perda de qualidade de habitat para a fauna por ruído	Perda de qualidade de habitat para a fauna por luminosidade
Atropelamento de Fauna Silvestre	Atropelamento de Animais Silvestres	Atropelamento de fauna silvestre	Atropelamento de animais silvestres	-	Atropelamento de fauna	Atração de fauna para a rodovia pela disponibilização de novos recursos	
Perda de Espécimes da Fauna	Perda de Espécies de Fauna	Interferência na fauna terrestre	-	Perda de espécimes da fauna	-	Aumento das fatalidades de fauna	
Afugentamento da Fauna	Afugentamento da Fauna	Afugentamento de fauna silvestre	Afugentamento da fauna	-	-	-	-
Interferência na biota aquática	-	Interferência na biota aquática	-	-	-	Alteração na composição da comunidade de macroinvertebrados bentônicos pela perda da heterogeneidade do substrato do ambiente aquático	
Perda e Fragmentação de Vegetação Nativa	Fragmentação de Vegetação Nativa	-	<u>Supressão de vegetação e habitats da fauna</u>	Perda e fragmentação de áreas de vegetação nativa	-	<u>Aumento da fragmentação da paisagem e incidência de efeito de borda</u>	
Redução dos Remanescentes Florestais	Redução das Áreas Totais dos Remanescentes de Vegetação Nativa	-	Intensificação da perda de cobertura florestal	-	Ampliação da Fragmentação dos Remanescentes Florestais	Redução de ambientes campestres	Redução de ambientes florestais
Perda de Diversidade Florística	Redução de Número de Indivíduos de Espécies da Flora	Perda de diversidade florística	-	Perda de biodiversidade	-	Redução de espécimes da flora com interesse econômico, medicinal e ambiental	
Aumento dos Riscos de Incêndios	Aumento dos Riscos de Incêndios	-	-	Aumento do risco de incêndio de matas	-	Aumento de incêndios em vegetação nativa	
Aumento do Efeito-Barreira	Aumento do Efeito-Barreira	-	Aumento do efeito de barreira da estrada	-	-	<u>Aumento da fragmentação da paisagem e incidência de efeito de borda</u>	
Interferência em Áreas Protegidas	Fortalecimento das Unidades de Conservação	Interferência em Unidades de Conservação	-	Pressão sobre as reservas existentes ou potenciais	Redução das Áreas de Preservação Permanente	Interferência em Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade	Interferência em Áreas de Preservação Permanente
Interrupção de Corredores Ecológicos	-	-	Interrupção de corredores e gradientes biogeográficos	-	-	Interrupção de Corredores Ecológicos	Perda de conectividade de habitat para a fauna
						Perda de conectividade de habitat para a fauna de cursos d'água	
Aumento de Atividades Extrativistas	Aumento de Atividades de Caça e Pesca	Favorecimento da caça, pesca e/ou captura e coletas ilegais	Incremento da caça, pesca e comércio de animais silvestres	Aumento das atividades extrativistas	-	Aumento da caça e pesca	
Propagação de Espécies Exóticas/Invasoras	-	-	-	-	Propagação de Espécies Exóticas/Invasoras	Aumento da dispersão de espécies exóticas/invasoras da flora	
						Aumento da dispersão de espécies invasoras da fauna	Atração de fauna sinantrópica
Outros Impactos	Alteração do Ecossistema das Cavidades Naturais Subterrâneas	Correção de passivos ambientais	-	-	-	-	-

Fonte: Autoria Própria (2023)

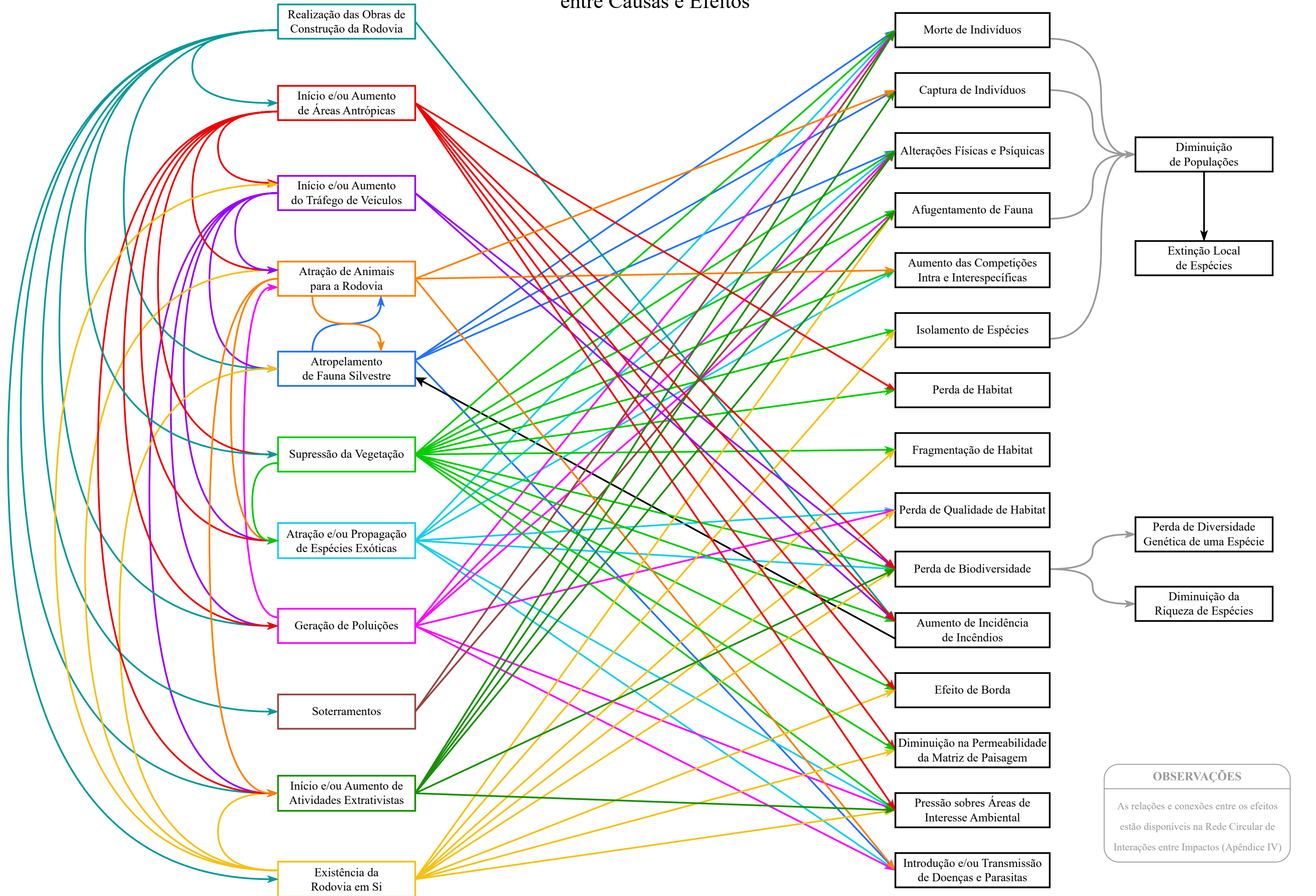


Apêndice III

Rede de Interações entre Causas e Efeitos

CAUSAS

EFEITOS



Apêndice IV

Rede Circular de Interações entre Impactos

